

**Digitale Medien und interdisziplinäre
Unterrichtskonzepte in Geographie und
Biologie.**

**Entwicklung und Erprobung eines digital
geführten Lernzirkels am außerschulischen
Lernort Botanischer Garten.**

vom Fachbereich Raum- und Umweltplanung der
Technischen Universität Kaiserslautern zur Verleihung des
akademischen Grades Doctor rerum politicarum
(Dr. rer. pol.) genehmigte Dissertation von

Dipl.-Geogr. Tanja Kaiser

Mündliche Prüfung am: **25. April 2019**

Dekan: **Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Sascha Henninger**

Vorsitzender der
Prüfungskommission: **Jun.-Prof. Dr. Martin Berchtold**

1. Berichterstatter: **Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Sascha Henninger**

2. Berichterstatter: **Univ.-Prof. Dr. phil. habil. Jochen Kuhn**

Technische Universität Kaiserslautern

D386

Kurzfassung

Im Rahmen der vorliegenden Dissertation wurde ein Lernzirkel entwickelt, der die Schulfächer Biologie und Erdkunde miteinander verknüpft. Er thematisiert die Angepasstheit von Pflanzen an klimatische Faktoren und stützt sich somit auf die Geobotanik als integrative Wissenschaft. Der Lernzirkel mit seinen 16 Stationen nutzt den außerschulischen Lernort „Botanischer Garten“ und ist in den Gewächshäusern des Fachbereichsgarten der Biologie der Technischen Universität Kaiserslautern verortet. Zielgruppe sind Schülerinnen und Schüler der gymnasialen Oberstufe der Biologie- und Erdkunde-Kurse. Eine Lehrplanpassung in beiden Fächern fundiert den fächerverbindenden Ansatz.

An den handlungsorientierten Stationen werden spezifische Fragestellungen anhand des Originals sowie mittels experimenteller Lernformen unter Anwendung fachwissenschaftlicher Arbeitsweisen in Partnerarbeit gelöst. Dabei erarbeiten sich die Schülerinnen und Schüler die Stationen mittels einer Applikation auf einem Tablet-PC, die Informationen (Text-, Bild- und Videomaterial) bietet, sowie die interaktive Arbeit der Schülerinnen und Schüler an den Stationen sichert und dokumentiert. Neben dieser digitalen Umsetzung sorgen weitere methodische Unterrichtsprinzipien wie Realbezug und Primärerfahrung sowie ein Aufbau der Stationen vom Einfachen zum Komplexen für einen effektiven Wissenstransfer.

Durch die digitale Umsetzung kommt dem Instruktionsdesign und mediendidaktischen Entscheidungen bei der Entwicklung der Web-Applikation zum Lernzirkel entscheidende Bedeutung zu. Nach der Konzeption der Web-App auf Basis lerntheoretischer Grundlagen wurde im Rahmen der Erprobung des Lernzirkels ein schülerorientierter Ansatz zur Optimierung verfolgt. Unterstützt durch Videographie konnte der Lernzirkel weiterentwickelt werden und hat gezeigt, dass die Schülerinnen und Schüler die Inhalte motiviert und zielführend eigenständig erarbeiten.

Inhalt

Kurzfassung.....	III
1. Motivation und Zielsetzung.....	1
2. Forschungsleitende Fragestellungen und Forschungsstrategie: Entwicklung des Lernarrangements nach dem Design-Based Research Ansatz	5
2.1. Lerntheoretischen Ansätze und deren Implikationen für das Konzept des Lernzirkels	10
2.1.1. Behaviorismus	11
2.1.2. Kognitivismus	11
2.1.3. Konstruktivismus	14
2.1.4. Emotions- und motivationspsychologische lerntheoretische Ansätze.....	20
2.2. Lernen an außerschulischen Lernorten.....	23
2.2.1. Lernorte mit Bezug zum Themenfeld Natur / Umwelt: von der Freilandexkursion zu künstlichen Lernumgebungen	28
2.2.2. Zoo versus Botanischer Garten – eine Frage des individuellen Interesses oder der Interessantheit des Lebewesens?	29
2.2.3. Wandel der Ausrichtung Botanischer Gärten im Laufe der Zeit: Vom Hortus Medicus zum Grünen Klassenzimmer.....	30
2.2.4. Rezeption vs. Konstruktion:	32
2.2.4.1. Führungen, Informationstafeln, Ausstellungen	33
2.2.4.2. Lernprogramme und Grüne Klassenzimmer.....	34
2.2.5. Mobiles, ortsbezogenes Lernen	35
2.2.6. Aus lerntheoretischen Ansätzen abgeleitete didaktische Prinzipien für die Steuerung von Lernprozessen im Lernzirkel.....	38
2.3. Lernen mit (digitalen) Medien	42
3. Entwicklung des Grundkonzeptes	49
3.1. Analyse der Planungsvoraussetzungen	49
3.1.1. Praktische Möglichkeiten und Grenzen des Fachbereichsgartens der Biologie als außerschulischer Lernort.....	49
3.1.2. Technische Herausforderungen	52
3.1.3. Marktanalyse: Bildungsangebote Botanischer Gärten in der Umgebung.....	53
3.2. Didaktische und methodische Überlegungen	55
3.2.1. Interdisziplinarität: Lehrplanbezug, Unterrichtsprinzipien und Arbeitsweisen	56

3.2.2.	Gemeinsame Unterrichtskonzepte und –prinzipien der Fächer Biologie und Erdkunde	59
3.3.	Fachlicher Schwerpunkt der Biologie: Anpassungsstrategien von Pflanzen an die abiotischen Faktoren Klima und Boden.....	63
3.4.	Fachlicher Schwerpunkt Geographie: Ökozonen.....	74
4.	Digitale Umsetzung in einer Web-Applikation	96
4.1.	Strukturierung – eine Aufgabe des Instruktionsdesigns im digitalen Lernsetting	97
4.2.	Funktionen der Web-App.....	97
4.2.1.	Orientierung und Navigation.....	97
4.2.2.	Inszenierung der Originale und Problemstellungen	99
4.2.3.	Bereitstellung der Lernmaterialien, Aufgabenstellung, und Erfassung der Schülerantworten.....	101
4.3.	Aufbau der datenbankbasierten Web-App	105
4.4.	Design der Lernmaterialien: Chunking, Sprachgestaltung und mediale Repräsentation	117
5.	Der Lernzirkel im Detail - Kompetenzbereiche, Lernziele und Aufbau der einzelnen Stationen	120
5.1.	Tropische Zone: Lernziele und Aufbau der Stationen T1 bis T4.....	127
5.2.	Subtropische Zone: Lernziele und Aufbau der Stationen S1 bis S4.....	149
5.3.	Gemäßigte Zone: Lernziele und Aufbau der Stationen G1 bis G4.....	171
5.4.	Kalte Zone: Lernziele und Aufbau der Stationen K1 bis K4.....	194
6.	Erprobung des Lernzirkels und Evaluation einer ausgewählten Station mittels Videographie	236
6.1.	Erprobungsphase Januar 2017-Juni 2018.....	236
6.2.	Zielsetzung der Videographie im Rahmen der Evaluation des Lernzirkels.....	242
6.3.	Exkurs: Entwicklung der Videographie im Kontext der Bildungsforschung	244
6.4.	Konzeption des Auswertungsdesigns in Anlehnung an die Mensch-Computer-Interaktionsforschung	245
6.4.1.	Komponenten der Usability und deren Messmöglichkeiten in der HCI-Forschung: Effektivität – Effizienz – Zufriedenheit.....	246
6.4.2.	Adaption des Usability-Konstruktes zur Evaluation des Lernangebotes	247
6.4.3.	Erkenntnisse für weitere Forschungen.....	251
6.5.	Planung der Videoaufzeichnung und Kameraskript	251
6.5.1.	Datenschutzrechtliche Genehmigungen	252

6.5.2. Stationenauswahl.....	252
6.5.3. Kamertechnik und Aufnahmepositionen.....	252
6.6. Sampling und Datenaufbereitung.....	256
6.7. Vorgehensweise zur Datenauswertung.....	257
6.8. Usability-Test der Station K1: Schwachstellenanalyse der Station nach dem Prinzip der Schülerorientierung und Auswirkungen der Optimierungsentscheidungen auf die Qualität der Schülerantworten	270
7. Diskussion und Ausblick	308
7.1. Diskussion der Videographie und weitere Forschungsmöglichkeiten.....	308
7.2. Entwicklungs- und Transfermöglichkeiten für den Lernzirkel.....	311
7.2.1. Entwicklungsmöglichkeiten des bestehenden Lernzirkels.....	311
7.2.2. Transfermöglichkeiten des Lernzirkels.....	320
8. Fazit	321
Videoverzeichnis der beiliegenden CD.....	324
Abbildungen.....	325
Tabellen.....	328
Literatur	329
Internetquellen.....	347
Lebenslauf	350

1. Motivation und Zielsetzung

Laut der 17. Shell Jugendstudie, die die Wahrnehmung und Interessen der Jugendlichen erhob, machen sich fast ein Drittel der Befragten (27 %) Gedanken um gesellschaftliche Belange. Diese Gruppe der "Gesellschaftsbesorgten", wie sie in der Studie klassifiziert werden, sorgt sich insbesondere um Umweltverschmutzung (96 %) und Klimawandel (94 %) (ALBERT et al. 2015). Die Auseinandersetzung mit solchen komplexen, geographisch relevanten Entwicklungen, die unsere Gesellschaft in vielen Bereichen prägen und auch in aktuellen Ereignissen lokal präsent werden, wie Hochwasser und Stürme, aber auch längerfristige Prozesse wie Disparitäten und Migration erfordert eine Anpassung unserer bisherigen Verhaltensweisen. Die Entwicklung geeigneter Handlungsstrategien braucht Sachwissen und Urteilsfähigkeit u.a. in den Bereichen Umweltschutz, Risikovorsorge, Wasserver- und -entsorgung sowie Raumplanung. Qualifikationen hierfür können durch die Verknüpfung von natur- und gesellschaftswissenschaftlicher Bildung, wie es das Fach Geographie ermöglicht, aufgebaut werden (DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOGRAPHIE (DGfG) E.V. 2014, 5). Die künftige Gesellschaft wird sich auch zunehmend mit Fragen der Ernährungs- und Rohstoffsicherung beschäftigen müssen, sodass Kenntnisse zu Auswirkungen des Klimawandels auf die Vegetationsbedingungen essentiell sind (RICKER 2014, 34). Wissen über die Verbreitung von Pflanzen und Vegetationseinheiten, sowie ein umfassendes Verständnis ihrer Wechselbeziehungen u.a. zu Klima und Boden ermöglichen es, die Komplexität der Ökosysteme besser zu begreifen und somit anstehende gesellschaftliche Entscheidungen qualifiziert mitzutragen. Ein interdisziplinäres Vorgehen ist hierzu von Nöten (ESCHENHAGEN et al. 1996, 121). Insbesondere durch die Verzahnung von Biologie und Geographie kann ein Ökosystemverständnis vermittelt werden.

Umweltbildung bzw. eine Erziehung zur Nachhaltigkeit braucht neben Sachkenntnis vor allem ein ökologisches und ethisches Bewusstsein. Nur so können sich Personen wirksam in gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen für eine nachhaltige Entwicklung in Umweltfragen einsetzen. Umweltbildung zielt daher insbesondere darauf ab, Bewusstsein und Sensibilität gegenüber der Umwelt zu generieren. Für das Etablieren einer Sensibilität gegenüber Umweltproblematiken sind Erfahrungen in der Teenager-Zeit entscheidend (DRISSNER et al. 2008, 212; SIVEK 2002). Der Besuch außerschulischer Lernorte hat im Rahmen der Umweltbildung eine herausragende Bedeutung, da ein "bloßes verbales Vermitteln und Analysieren von Fakten nicht ausreicht, um eine Bereitschaft und Erkenntnis zum aktiven problemorientierten Handeln zu erwirken" (SAUERBORN & BRÜHNE 2014, 80). Außerschulisches Lernen ist nicht nur

eine Unterrichtsmethode des Unterrichts in der Biologiedidaktik. Die Geographiedidaktik postuliert ebenfalls eine stärkere Nutzung dieser methodischen Großform, um die Wechselwirkungen von Mensch und Umwelt erlebbar zu machen.

Die vorliegende Dissertation ist in der Geographiedidaktik angesiedelt und möchte zur Verbesserung des Ökosystemverständnisses einen Beitrag leisten. Gegenstand ist die Entwicklung eines Lernzirkels, der es SuS (im Folgenden SuS) der Sekundarstufe II ermöglicht, im Gruppenpuzzle die Angepasstheit von Pflanzen an geoklimatische Bedingungen in den polaren, gemäßigten, subtropischen und tropischen Klimazonen am außerschulischen Lernort des Fachbereichsgartens der Biologie der Technischen Universität Kaiserslautern (nachfolgend der besseren Lesbarkeit geschuldet als Botanischer Garten bezeichnet) eigenständig zu erforschen. Die Arbeit entstand im Laufe des Projektes „In 80 Minuten um die Welt“, ein Teilprojekt des Gesamtprojektes „Unified Education: Medienbildung entlang der Lehrerbildungskette“ (U.EDU, Laufzeit 01.01.2016 bis 30.06.2019) im Rahmen der „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern, die aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert wurde.

Der Projekttitel ist abgeleitet aus Jules Vernes Roman „In 80 Tagen um die Welt“. Darin wettet die Hauptfigur Phileas Fogg, in eben diesen 80 Tagen die Welt zu umrunden. Davon inspiriert möchte der Lernzirkel im „Zeitraffer“ ermöglichen, in 80 Minuten die vier großen Klimazonen in den entsprechend temperierten Gewächshäusern des Botanischen Gartens zu bereisen. Zu diesen vier Klimazonen wurden jeweils vier handlungsorientierte Lernstationen konzipiert. Diese beinhalten entweder Schülerversuche, die direkt am Original in den Beeten angeboten werden oder Beobachtungsaufgaben, die anhand der Arbeit mit den Originalen im Garten gelöst werden können. Der Lernzirkel wird digital umgesetzt: SuS werden von einem Tablet-PC auf ihrer Forschungsreise begleitet.

Die Einführung von Tablet-PCs in der Schule ist ein langwieriges Unterfangen. So müssen z. B. für die Bewilligung der Finanzierung zumindest ansatzweise medienpädagogische Zielsetzungen und Konzepte benannt werden, um den Tablet-Einsatz zu begründen. Auch nach der Bewilligung wird in etwa von einem Jahr Vorlaufzeit ausgegangen, in der technische und organisatorische Belange umgesetzt werden müssen. Diese Zeit wiederum kann von den Lehrpersonen genutzt werden, um sich mit der mobilen Technologie vertraut zu machen (BRESGES 2018, 622). Hier kann die Umsetzung des Lernzirkels mit digitalen Medien eine erste Erfahrung sowohl für SuS als auch für die begleitenden Lehrpersonen bieten.

Mobile Medien, insbesondere Smartphones und Tablet-PCs, sind längst zu persönlichen Alltagsbegleitern in nahezu allen Lebensbereichen geworden. Laut der JIM-Studie verfügten 2017 97 % der 12 bis 19-Jährigen über ein eigenes Smartphone, einen Tablet-PC besaßen dagegen 29 % (MEDIENPÄDAGOGISCHER FORSCHUNGSVERBUND SÜDWEST 2017, 8). Solche mobilen Endgeräte bieten eine enorme Ressource für die Gestaltung komplexer mediendidaktischer Szenarien im Sinne eines konstruktivistisch orientierten Lehrens und Lernens. In dem zu entwickelnden Lernzirkel sollen Tablet-PCs entdeckendes und aktives Lernen an Originalen im authentischen Kontext im Fachbereichsgarten ermöglichen. Die Geographie ist eines der medienintensivsten Schulfächer (DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOGRAPHIE (DGfG) e.V. 2014, 6). Gerade deshalb sind Auswahl, Gestaltung und Einsatz unterschiedlicher Medien für den Lernprozess zentrale Fragestellungen der Geographiedidaktik. Eine gezielte, didaktische Integration mobiler Medien in Lehr-Lernsituationen muss daher auf die Erkenntnisse der Mediendidaktik zurückgreifen, die sich als eine gestaltungsorientierte Disziplin mit den Funktionen und der Bedeutung von Medien in Lehr- und Lernprozessen beschäftigt (KERRES 2000, 113).

Die Lernsequenz wurde in einer eigens für das Projekt programmierten Applikation (App) umgesetzt, die den SuS auf Tablet-PCs zur Verfügung gestellt wird. In Zweier-Teams, je nach Klassenstärke auch in Kleingruppen (3 bis 4 SuS), durchlaufen die SuS die Lernstationen im Gruppenpuzzle, d. h. jede Kleingruppe erarbeitet acht der 16 Stationen. Die digitale Umsetzung führt die Lernenden von Station zu Station und bietet Arbeitsaufträge sowie multimediales Informationsmaterial (z. B. Karten und Videos). Zudem speichert die App die Schülerantworten in Form von Textantworten, Foto- und Videodokumentationen sowie Multiple Choice Auswahlmöglichkeiten. Die basalen Inhalte der Stationen waren durch studentische Vorarbeiten zunächst in einer papierbasierten Version und zuletzt auch als erste Webseiten-Version bereits entworfen, doch wäre eine direkte 1:1-Übertragung den Anforderungen einer inhaltlich validen, (medien-)didaktisch angemessenen und gebrauchstauglichen Version nicht gerecht geworden, zumal davon auszugehen ist, dass nicht alle SuS bereits mit Tablet-PCs gearbeitet haben. Die vorliegende Arbeit hat zum Ziel, aufbauend auf diesen Vorarbeiten den Lernzirkel in angemessener mediendidaktischer Aufbereitung in einer Web-App umzusetzen, zu erproben und schülerorientiert zu entwickeln. Dabei soll das Lernarrangement möglichst so gestaltet sein, dass die Computerkompetenz der Nutzer wenig Einfluss auf den Lernprozess hat. Instruktionen und Aufgabeninhalte müssen leicht erschließbar und ohne Erläuterungen durch Lehrpersonen oder Betreuer des Projektes verständlich sein. Daher spielt die

Gebrauchstauglichkeit (engl. Usability) eine entscheidende Rolle. Sie bezeichnet „das Ausmaß, in dem ein Produkt durch bestimmte Benutzer in einem bestimmten Nutzungskontext genutzt werden kann, um bestimmte Ziele effektiv, effizient und mit Zufriedenheit zu erreichen“ (DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG 2011, 38). Nach Konzeptentwicklung, Implementierung und Erprobung ist es Ziel der Analyse des Lernarrangements, die Lernangebote an den Stationen sowie die dafür erforderlichen Instruktionen in der Web-App und Materialien so zu optimieren, dass die SuS eigenständig in kooperativen Kleingruppen den Lernzirkel durchlaufen können. Hierzu wurde anhand einer ausgewählten Station die Tauglichkeit eines nutzerzentrierten Evaluationskonzeptes mittels Videoanalyse erprobt.

2. Forschungsleitende Fragestellungen und Forschungsstrategie: Entwicklung des Lernarrangements nach dem Design-Based Research Ansatz

Zentrale forschungsleitende Fragestellung ist, inwiefern ein kooperativer Lernprozess mit digitalen Medien, welcher von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst wird, so gestaltet werden kann, dass er eigenständiges, entdeckendes Lernen am außerschulischen Lernort des Botanischen Gartens ermöglicht. Die Schritte von

- Konzeptentwicklung in Anlehnung an lerntheoretische Ansätze
- Umsetzung mit digitalen Medien
- Erprobungsphase in Verlauf eines Jahres
- qualitative Evaluation mittels Videoanalyse und Re-Design einer ausgewählten Station
- Empfehlungen für die weitere Entwicklung ausgewählter Stationen

sowie das Auftreten von Schülerfehlvorstellungen sollen im Rahmen dieser Arbeit dargelegt werden. Damit folgt sie dem methodologischen Forschungsrahmen des Design-Based-Research Ansatzes (DBR).

Die Entwicklung des Design-Based Research Ansatzes ergänzt die Lehr-Lernforschung seit den 1990er Jahren maßgeblich, in dem er methodisch elaboriert die Weiterentwicklung von Lehr-Lernarrangements zum Ziel hat (LEHMANN-WERMSE & KONRAD 2016, 268). Ähnlich den technischen Entwicklungsprozessen im Ingenieurwesen, zielt DBR darauf ab, vorhandene Probleme im Lehr-Lern-Kontext zu lösen, indem Lernumgebungen schrittweise in authentischen Lernsettings entwickelt werden (JEN et al. 2015, 191). DBR-Forschung fokussiert dabei darauf, wissenschaftliche und praktische Maßnahmen miteinander zu verknüpfen. Sie zielt darauf ab, innovative Lösungen für praktische Bildungsprobleme zu entwickeln und zugleich mit der Gewinnung wissenschaftlicher Erkenntnisse zu verzahnen (EULER & SLOANE 2014, 7; SHAVELSON et al. 2003; BROWN 1992), z. B. in dem Lernumgebungen entwickelt werden und gleichzeitig einen Beitrag zur Theoriebildung geleistet wird. *Design* beschreibt dabei die Entwicklung eines „mediengestütztes Angebot für Lehrkräfte und Schulen, das im Unterricht eingesetzt und dort auch erprobt wird“ (GENZ et al. 2017, 63).

Für DBR-Studien lassen sich aktuell noch keine einheitlichen Regelungen formulieren, vielmehr handelt es sich hierbei um ein "Paradigma in Entwicklung", wie es Euler & Sloane (2014, 8) in ihren einleitenden Worten zum DBR nennen. Zudem tauchen im Zusammenhang mit DBR in Bildungskontexten auch weitere

ähnliche Bezeichnungen auf. So sprechen etwa McKenney & Reeves (2012) sowie van den Akker et al. (2011) von "Educational Design Research", Reinmann & Vohle (2012) verwenden dagegen den deutschsprachigen Ausdruck "entwicklungsorientierte Bildungsforschung". Trotz unterschiedlicher Begrifflichkeiten kennzeichnen diese Ansätze einige Kerncharakteristika, die Euler und Sloane wie folgt beschreiben (2014, 8):

- Die beiden Ziele „Gestaltung des Lernarrangements“ und „Beitrag zur Theorie-Entwicklung“ sind eng miteinander verknüpft; die Entwicklung erfolgt theoriebasiert.
- Forschung und Entwicklung gestalten sich als zirkulärer, iterative Prozess, wobei Bildungsforschung und Entwicklungspraxis klar getrennte Ziele verfolgen. Die Designentwicklung erfolgt in einem kontinuierlichen Kreislauf von Gestaltung, Umsetzung/Durchführung, Überprüfung und Überarbeitung.
- Ziel ist es, nicht nur situationsspezifische Erkenntnisse zu gewinnen, sondern auch generalisierbare Befunde, d. h. DBR ergänzt Theorien, die Praktikern relevante Folgerungen ermöglichen. Die Ergebnisse der Forschung sollen daran gemessen werden, inwieweit sie für die Praxis von Interesse sind und inwieweit sie die Praxis verbessern können.
- DBR darf nicht nur Erfolg/Misserfolg einer Maßnahme dokumentieren. Sie muss auch klären, wie ein Design in der Praxis wirkt und dabei Interaktionen zwischen Elementen der Maßnahme und des Kontexts berücksichtigen.
- Die Forschungsmethoden berücksichtigen die entsprechenden Gütekriterien
- Sammlung von Erkenntnissen zur Konstruktion von Gestaltungsprinzipien.

Das Design-Based Research Collective (2003, 8) nennt u.a. folgende Bereiche, für die sich DBR besonders eignet.

- Erkundung von Möglichkeiten für neuartige Lern-/Lehrarrangements, sowie
- Entwicklung kontextualisierter Theorien über Lehren und Lernen.

Insbesondere in der Mathematikdidaktik wurde der Ansatz forciert (vgl. VAN DEN AKKER et al. 2011; PREDIGER et al. 2012). Dieser Forschungsrahmen etabliert sich zunehmend auch in der geographiedidaktischen Forschung (vgl. FEULNER et al. 2015), erste Forschungsprojekte (vgl. HILLER 2017) sind abgeschlossen.

Nachfolgende Abb. 1 zeigt den Ablauf einer Design-Studie. Entwicklung, Umsetzung und Erprobung, Analyse und Re-Design sind iterative Prozesse, die darauf abzielen, das Lernarrangement zu optimieren, sowie Erkenntnisse für die Theoriebildung zu generieren.

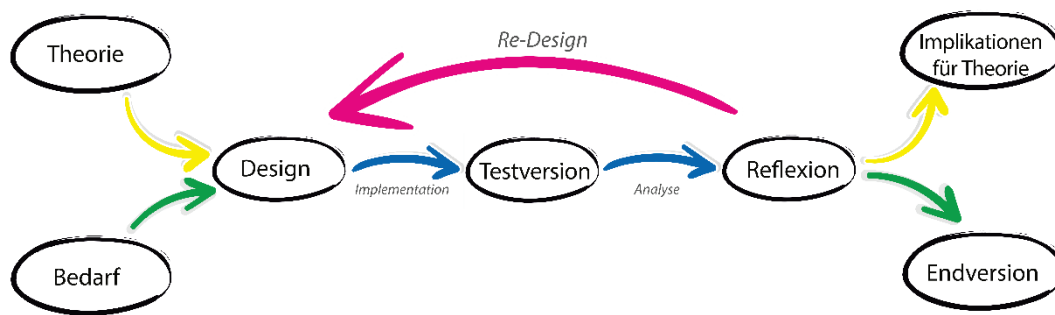


Abb. 1: Ablauf einer DBR-Studie (eigene Darstellung)

Die vorliegende Arbeit legt das aus Lerntheorien abgeleitete Grunddesign, Inhalte sowie didaktisch-methodischen Entscheidungen bei der Konzeption der einzelnen Stationen, die Implementierung als Web-App und die Erprobung der ersten Testversion im Jahresverlauf dar. Bei der Analyse sollen insbesondere Faktoren wie Störungen, Eignung der Arbeitsmaterialien, Medienauswahl und -gestaltung, Verständlichkeit der Instruktionen sowie der Zeitbedarf nach dem Prinzip der Schülerorientierung optimiert werden. Forschungsgegenstand sind somit die durch die App angeleiteten Handlungsaktivitäten der SuS an handlungsorientierten Stationen im Tablet-geführten Lernzirkel am außerschulischen Lernort eines Botanischen Gartens. Im konzipierten und erprobten Lernsetting spannt sich das didaktische Dreieck zwischen den Eckpunkten *Lernende-Original-Medium* auf (vgl. Abb. 2). Personelle Lernbegleiter wie Lehrkräfte oder Fachkräfte des Botanischen Gartens bleiben außen vor, da der Lernprozess alleine über die mobile Web-App gesteuert wird.

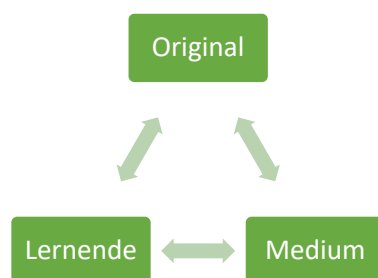


Abb. 2: Didaktisches Dreieck im Lernsetting (eigene Darstellung)

Eine Analyse ausgewählter Interaktionsprozesse soll hier Hinweise zu folgenden Unterdimensionen bezüglich der Auseinandersetzung mit Original / Lernmaterialien und Tablet-PC / Instruktionen liefern. Demnach lassen sich zu den Schenkeln des Didaktischen Dreiecks spezifische Fragen stellen:

Lernende – Original / reale Arbeitsmaterialien:

- Gelingt die Inszenierung bzw. reicht die Kontextualisierung an der Station?
- Sind die Materialien geeignet, um die intendierten Handlungsaktivitäten zu ermöglichen?
- Lassen sich Fehlvorstellungen identifizieren?
- Wird an Vorwissen angeknüpft?
- Ist die Durchführung von Versuchen so konzipiert, dass sie gelingt?

Lernende – Instruktionen der Web-App (Software) bzw. Tablet-PC als Hardware:

- Ist die Nutzerführung verständlich?
- Bleibt der rote Faden im problemlösenden Lernarrangement erkennbar?
- Lassen sich Lernschwierigkeiten identifizieren? Sind diese eher auf Seiten des Lehr-Lernkonzeptes einzuordnen oder auf Seiten der Schülerschaft?
- Gelingt die Bedienung der Tablet-PCs?

Lernende im Tandem:

- Interaktion der Lernenden: Inwiefern tauschen sie sich mit ihrem Partner aus? Gelingt die Rollenverteilung?
- Nutzen die SuS die Tablet-PCs bzw. ihre Smartphones für andere Zwecke?

Lernende und reale Umgebung:

- Wodurch werden SuS abgelenkt bzw. in ihrer Konzentration gestört?
- Welche Umstände wirken belastend?

Im Gegensatz zum Unterricht mit Tablet-PCs in Klassenräumen oder auch tabletgestützten Museumsbesuchen wird das Lernsetting in den Gewächshäusern zudem durch Einflussfaktoren von außen mitbestimmt, wie Abb. 3 zeigt. So kann zum einen der Lichteinfall durch die Glasdächer die Lesbarkeit der Appinhalte erschweren.

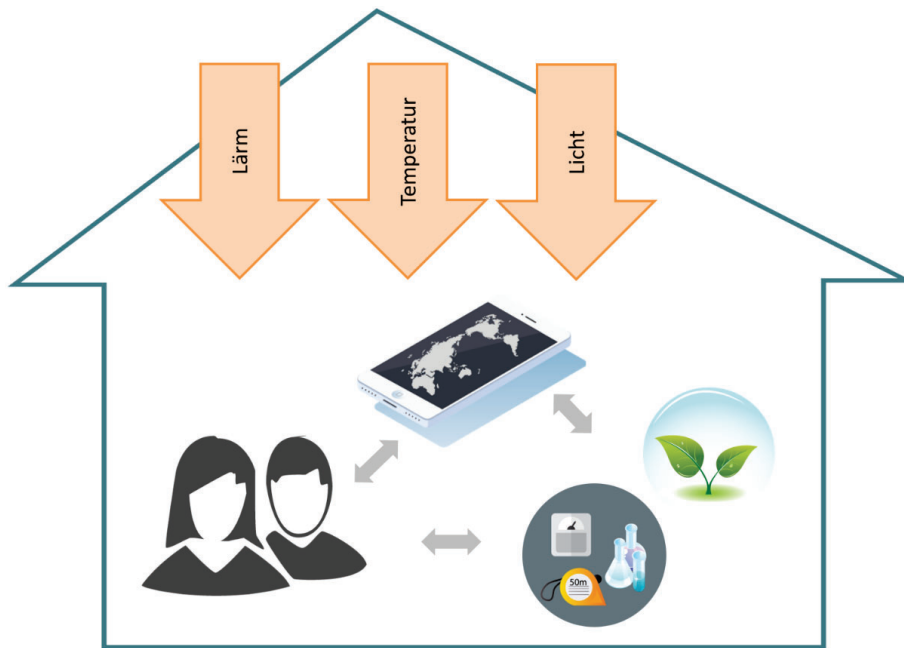


Abb. 3: Einflussfaktoren auf das Lernsetting aus der Umgebung (eigene Darstellung)

Weiterhin unterliegen die Arbeitstemperaturen in den jeweiligen Häusern, aber auch im Jahresgang, starken Schwankungen. Zusätzlich kann Lärm durch Motoren der Dachluken, Pumpen, Pflegegeräte im Außenbereich und Überfliegungen stören.

2.1. Lerntheoretischen Ansätze und deren Implikationen für das Konzept des Lernzirkels

Grundlage jeder Gestaltung von Lehr-Lern-Angeboten ist mindestens eine Theorie von Unterricht. Mittels dieser theoretischen Fundierung können Zielsetzungen definiert werden, Kriterien für die Beobachtung des Lernprozesses benannt sowie Kriterien für den erfolgreichen Einsatz im Unterricht abgeleitet werden.

Die Vielschichtigkeit des mobilen Lernens sollte sinnvollerweise nicht durch eine Theorie eingengt werden; vielmehr sollte eine Vielzahl an Lerntheorien zum Tragen kommen, wenn es um Planung und Analyse von mobilem Lernen geht (MACCALLUM & PARSONS 2016; SEIPOLD 2018).

Zunächst ist zwischen den Lerngelegenheiten zu unterscheiden: Informelles Lernen wird häufig subjektbezogen als Prozess betrachtet, der vornehmlich außerhalb formaler Bildungsinstitutionen und individuell selbst gesteuert stattfindet und sich an subjektiven Interessen orientiert (DOHMEN 2002; GRUNERT, 2015, 168). Diese Art des Lernens macht einen Großteil menschlicher Lernprozesse aus. Konträr dazu steht der Begriff des formalen Lernens, der vornehmlich auf Bildungseinrichtungen bezogen ist. Hier wird Lernen geplant, strukturiert und meist ergebnisorientiert ausgerichtet. Als non-formales Lernen werden des weiteren Lernprozesse bezeichnet, die zwar formalisiert und zielgerichtet sind, jedoch auf Freiwilligkeit basieren und nicht auf Leistungsnachweisen beruhen (EBDA.; OVERWIEN 2010). Dies kann auch auf den Bereich „Lernen mit Medien“ übertragen werden, denn die Trennung von Mediennutzung innerhalb und „außerhalb von Bildungsinstitutionen und planmäßig organisierten Lehr-/Lernveranstaltungen“ hat die Einteilung von Lerngelegenheiten in eher persönlich-instruierendes formales Lernen und selbstorganisiertes, informelles Lernen unterstützt (DOHMEN 2002, 18). Die Entwicklung des vorliegenden Lernzirkels ist im Bereich des formalen Lernens anzusehen, denn es ist ein strukturiertes, instruierendes Lehr-Lern-Angebot für SuS der gymnasialen Oberstufe an einem außerschulischen Lernort.

Bei der Entwicklung von Lernumgebungen fundieren fach- und mediendidaktische sowie methodische Überlegungen auf Vorstellungen darüber, wie menschliches Lernen funktioniert. Diese Vorstellungen sind Gegenstand von Lerntheorien und -modellen. Dabei haben die lerntheoretischen Ansätze des Behaviorismus, Kognitivismus und Konstruktivismus die Entwicklung digitaler Medien für Lehr- und Lernszenarien am meisten beeinflusst (ARNOLD 2005, 1). Sie unterscheiden sich in ihren

Annahmen zum Lernprozess selbst, in ihrer Auffassung zur Rolle von Lernenden und Lehrenden, sowie in der Vorstellung, wie Wissen vermittelt wird (ebd., 2). Nachfolgende Ausführungen stellen die unterschiedlichen Grundannahmen zum Lernen gegenüber und zeigen aus ihnen abgeleitete didaktischen Prinzipien, die bei der Konzeption des Lernzirkels Anwendung finden.

2.1.1. Behaviorismus

Das in den ersten 60 Jahren des 20. Jahrhunderts gültige Paradigma des Behaviorismus erforschte, wie sich das Verhalten von Menschen durch Lernprozesse verändert. Dabei standen die Beobachtungen von Reiz-Reaktions-Prozessen im Vordergrund. Zentral für die Lerntheorien des Behaviorismus ist das „Konditionieren“, insbesondere das operante Konditionieren. Dieses Theorem beschreibt den Zusammenhang zwischen gezeigtem Verhalten (z. B. das Anfertigen von Hausaufgaben) mit darauffolgender positiver Konsequenz (z. B. Lob) und steigender Wahrscheinlichkeit, dass das gezeigte Verhalten künftig wiederholt wird bzw. sinkender Wahrscheinlichkeit, sofern die Konsequenz auf das gezeigte Verhalten negativ war (z. B. Bestrafung). Lernen gilt somit in diesem Ansatz als beobachtbare Verhaltensänderung. Als "gelernt" wird das neu zu beobachtende gewünschte Verhalten deklariert. Der Lernprozess kann unter behavioristischen Annahmen vollständig von außen gesteuert werden (ebd., 1–3).

Interne Abläufe wie Veränderungen im Gedächtnis, im Erleben oder im Fühlen wurden im Behaviorismus nicht beachtet. Ebenso wenig kann der Erwerb von Wissen und Kompetenzen mit dieser Theorie erklärt werden (GRÄSEL & GNIWOSZ, 19–20; NIEDING et al. 2015, 39).

Implikationen für das Konzept des vorliegenden Lernzirkels aus behavioristischer Sicht

Heute findet dieser Ansatz kaum noch Zustimmung in der Pädagogik; dennoch spiegelt er sich in der mediendidaktischen Praxis wider (z. B. Gamification) (ARNOLD 2005, 1–3). Diesen Lernzirkel beeinflusst der Behaviorismus insofern, dass er von einer Steuerbarkeit des Lernprozesses ausgeht. Auch der Einsatz von automatisiertem Feedback auf Multiple-Choice-Fragen lässt sich diesem Paradigma zuordnen.

2.1.2. Kognitivismus

Die kognitivistische Lerntheorien, die den Behaviorismus in den 1970er Jahren ergänzten, stellen die Bedeutung interner Prozesse beim Lernen, insbesondere Strukturen und Prozesse des Verstandes in den Vordergrund. Das Gedächtnis als Ort der Informationsverarbeitung, abstrakte Vorgänge wie Denken und

Problemlösen sowie die Interaktion mit dem Außen (Wahrnehmung, Sprechen) werden als zentrale Elemente beim Wissenserwerb erachtet (ebd., 3–4). Die Ansätze beschreiben die Veränderung von Wissensstrukturen durch Instruktion, in dem sie die Prozesse der Informationsverarbeitung (IV) und –speicherung im menschlichen Gehirn (Kurzzeit- und Langzeitgedächtnis) analog zu IV-Prozessen in Computern betrachten. Neben der Kapazität des Arbeitsgedächtnisses sind auch Repräsentationsformen des Wissens, d. h. ob Wissen in Form von Sprache oder Bildern gespeichert wird, Gegenstand der Forschungen (GRÄSEL & GNIEWOSZ, 19–20).

Kognitivistische Theorieansätze erklären Wissen als Menge von Fakten (deklaratives Wissen) und Regeln (prozedurales Wissen), das unabhängig von der Person existiert (LEFRANÇOIS 2015). Menschliches Verhalten wird als Ergebnis von Denkprozessen angesehen, wobei sich kognitive Strukturen entwickeln, die sich immer wieder verändern.

Demzufolge werden Lernenden Abstraktionsvermögen und die Fähigkeit zur Problemanalyse zugeschrieben (MANDL & SPADA 1988). Im konstruktivistischen Ansatz gilt somit das Lernen als nicht-beobachtbar, da das Wissen von den Nutzern selbst konstruiert wird und kognitive Fähigkeiten durch Erfahrungen erlangt werden.

Die Lehr-Lern-Forschungen zum Verständnis von Lernen als kognitiver Prozess der Informationsaufnahme und -verarbeitung untersucht meist spezifische Lernprozesse bei bestimmten Lernarten und deren Einflussfaktoren. Forschungsgegenstände können nach Art der Lernvorlage (z. B. Text, Grafik, Beispiele), nach Art der Lernaktivität (z. B. problemlösendes bzw. entdeckendes Lernen) oder nach der Sozialform (z. B. Gruppenarbeit, Einzelarbeit) unterschieden werden (RENKL 2010, 741). Erkenntnisse aus der kognitivistischen Lernforschung lieferten erstmals Ansatzpunkte um Instruktionen zu optimieren und um Lernprozesse erfolgreicher zu gestalten. Zudem berücksichtigen kognitivistische Ansätze relevante einzelne Aspekte wie z. B. Aufmerksamkeit und Entscheidungsfindung, da sie neben Denk- und Gedächtnisvorgängen auch Wahrnehmungsprozesse berücksichtigt (LEFRANÇOIS 2015).

Daher sollte die Gestaltung der Lernumgebung den Fokus verstärkt Möglichkeiten bieten, Lerninhalte eigenständig zu erarbeiten und nicht primär der Präsentation vollständiger Informationen dienen (ISSING & KLIMSA 2009, 30–31).

Implikationen für das Konzept des Lernzirkels aus kognitivistischer Sicht

Wie die meisten digital umgesetzten Lernumgebungen beruht auch der multimediale Teil des vorliegenden Konzeptes auf kognitivistischen Ansätzen. Mit der Frage, wie Lernmaterial in multimedialen Lernumgebungen am sinnvollsten präsentiert werden soll, haben insbesondere John Sweller (1999) in seiner *Cognitive Load Theory* und Beat Mayer (2001) in der *Kognitiven Theorie des multimedialen Lernens* eine Reihe empirisch erprobter Designprinzipien zusammengestellt (NIEDING et al. 2015, 42). Diese sollen einen effektiven Lernprozess ermöglichen, indem eine Überlastung des Arbeitsgedächtnisses vermieden wird. Dadurch sind Kapazitäten für kognitive Prozesse frei (FUCHS et al. 2014, 59).

Cognitive Load Theory (CLT)

Die Cognitive Load Theory verbindet die Grundannahme einer begrenzten Kapazität des Arbeitsgedächtnisses mit der Frage, wie sich diese Limitationen auf das Lernen mit Medien auswirkt. Dabei wird zwischen drei Arten kognitiver Belastung differenziert:

Mit der *Intrinsic Load* wird die Belastung bezeichnet, die durch die Verarbeitung der Lerninhalte selbst entsteht. Im Gegensatz dazu werden alle Parameter der Lernumgebung, die nicht zur Darstellung des Lerninhaltes notwendig sind, zur *Extraneous Load* gezählt. Als dritte Komponente, die zur Auslastung des Arbeitsgedächtnisses führt, wird die *Germane Load* aufgeführt. Sie resultiert aus dem Abrufen für die Aufgaben erforderlichen Schemata oder Lernstrategien (SWELLER et al. 1998; LEAHY & SWELLER 2011; LEAHY & SWELLER 2016; HORZ & ULRICH). Damit kommt der angemessenen Darbietung von Lernhilfen eine entscheidende Bedeutung zu, denn Lernhilfen sind erforderlich, sollten aber keine zusätzliche kognitive Belastung sein (HORZ & ULRICH, 31–32).

Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML)

In der CTML wird von einer getrennten Verarbeitung der auditiv-verbale und der visuell-piktoralen Informationen ausgegangen. Wie Abb. 4 zeigt, gelangen diese über zwei getrennte Kanäle ins Arbeitsgedächtnis, wo sie zusammen mit Informationen aus dem Langzeitgedächtnis integriert werden (MAYER 2012). Treffen auf beiden Kanälen zu viele Informationen gleichzeitig ein, z. B. wenn beschriftete Grafiken gleichzeitig verbal erläutert werden, ist das Arbeitsgedächtnis schnell überlastet (NIEGEMANN 2008, 72).

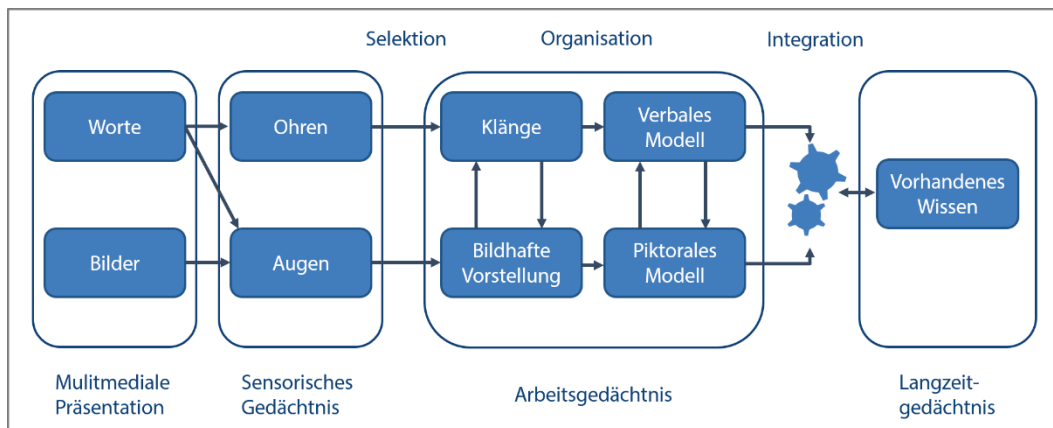


Abb. 4: Das CTML-Modell trennt auditiv-verbale und visuell-piktorale Informationsaufnahme (Darstellung nach MAYER 2001 zitiert in NIEGEMANN 2008).

Zwar stützen zahlreiche empirische Forschungsbefunde die CTML, allerdings geht sie davon aus, dass die angebotenen multimedialen Informationen auch immer tatsächlich genutzt werden und dass Bilder den Wissenserwerb grundsätzlich positiv beeinflussen. Beides muss jedoch nicht immer und nicht notwendigerweise eintreten (HORZ & ULRICH, 32).

Bei der Konzeption des Lernzirkels sowie der Gestaltung der Lernmaterialien wie Grafiken und Videos fand insbesondere Erkenntnisse aus der CTML Berücksichtigung, so wurde auf die gleichzeitige verbale Erklärung von Texten oder beschrifteter Grafiken in den erstellten Videos verzichtet. Die allgemeinere CLT diente insbesondere der Ableitung von Analyse Kriterien für die Evaluation der Lernumgebung. Dabei wurde der Begriff Lernumgebung jedoch nicht allein auf die digitale Umsetzung beschränkt, sondern umfasst - möglichst ganzheitlich - auch die Eignung der real angebotenen Lernmaterialien (Originale, Versuchsgegenstände) und Einflussfaktoren am außerschulischen Lernort in den Gewächshäusern.

Für weitere Ausführungen zum Lernen mit digitalen Medien wird auf Kapitel 2.3 verwiesen.

2.1.3. Konstruktivismus

Einen Schritt weiter gehen die Ansätze konstruktivistischer Lerntheorien. Wissenserwerb wird zunehmend nicht mehr als bloße passive Datenverarbeitung gesehen; die Individualität innerhalb von Lernprozessen gewinnt seit Ende der 1980er Jahre zunehmend an Bedeutung. Gerstenmaier und Mandl beschreiben den Wissenserwerb wie folgt: „Lernende konstruieren ihr Wissen aktiv, indem sie wahrnehmungsbedingte Erfahrungen interpretieren und zwar in Abhängigkeit von ihrem Vorwissen, von gegenwärtigen mentalen Strukturen und bestehenden Überzeugungen“ (GERSTENMAIER 1995, 874–875).

Wissen wird nach dieser Auffassung von den Lernenden aktiv und selbstgesteuert konstruiert, wobei Vorwissen und die konkrete Lernsituation die Art und Weise des Wissenserwerb sowie die Art des erworbenen Wissens stark beeinflussen (GRÄSEL & GNIEWOSZ, 20–21).

Konstruktivistische Theorien heben sich von den kognitiven Ansätzen weniger in Bezug auf das grundsätzliche Verständnis von Erkenntnisgewinnung, Lernen oder menschlicher Informationsverarbeitung ab, sondern in den Konsequenzen für das Lehren und Lernen (EULER 1994, 297–298). Insbesondere in den Möglichkeiten der Lernerfolgskontrollen wird als eine mögliche Konsequenz des konstruktivistischen Lernverständnisses darauf hingewiesen, dass aufgrund der subjektiven Verarbeitung von Informationen die Überprüfung von operationalisierten Lehr-Lernzielen in Frage gestellt werden sollte. Lernerfolg könne nicht als die möglichst weitgehende Erreichung von eingangs vorgegebenen Zielen konzeptioniert werden. Dies entspräche eher einer Wissensreproduktion. Es sei eher das Ziel, problemlösungsfähige kognitive Strukturen aufzubauen. Somit sei der Fortschritt im Lernprozess zu berücksichtigen (DUBS 1993, 452).

Konstruktivistische Theorien vereinen eine große Bandbreite an unterschiedlichen Ansätzen, die viele Varianten der Theoriebildung beschreiben, sich jedoch auch zum Teil in ihren Grundaussagen widersprechen. Daher existiert bislang keine einheitliche und finite Theorie (ARNOLD 2005, 4).

Implikationen für das Konzept des vorliegenden Lernzirkels aus konstruktivistischer Sicht

Nachfolgend sind ausgewählte konstruktivistische Ansätze näher erläutert, die insbesondere in der Geographiedidaktik als didaktische Prinzipien von Belang sind und der Konzeption des Lernzirkels zu Grunde liegen.

Situiertes Lernen, Realbegegnung und Anschauung

Ansätze situierten Lernens, die ebenfalls dem konstruktiven Paradigma zugeordnet werden, wird Lernen als Teilhabe an einer „Community of Practice“ angesehen, untrennbar vom Handeln im sozialen Kontext, kooperativen Bezügen und Persönlichkeitsentwicklung (WENGER 1998). Situietheit fordert eine Kontextbezogenheit von Lernen und Wissen (RENKL 2010, 737). Im Rahmen des Postulats nach authentischen Lernsettings kommt der Begegnung mit dem Original eine hohe Bedeutung zu. Unter dem Begriff "Originale Gegenstände" bzw. "Original" versteht die Geographiedidaktik Informationsträger, die beim Lernenden Interesse wecken können. Sie regen die Sinne an und bleiben bei der Erinnerung an die Begegnung präsent (KRAUTTER 2015, 270). In diesem

Zusammenhang ist auch eines der ältesten Unterrichtsprinzipien zu nennen, das Prinzip der Anschauung. Bereits Comenius stellte heraus, dass "nicht im Verstand sein [könnte], was nicht vorher in den Sinnen gewesen ist". Da das sinnlich Wahrgenommene besser behalten werden kann, sei die Anschauung essentiell für den Erkenntnisprozess (COMENIUS 1657, 1970, 135).

Diesen Prinzipien folgend ist der Einsatz von originalen Gegenständen als Medium im Lernprozess eine Grundlage des vorliegenden Lernzirkels. Originale lassen sich u.a. nach den angesprochenen Sinnen klassifizieren: Gegenstände, die der direkten Beobachtung dienen (visueller Sinn), Gegenstände, die befühlt und betastet (haptischer Sinn) werden können, Gegenstände, die die Geruchswahrnehmung ansprechen (olfaktorischer Sinn) und schließlich Objekte, die mit dem Geschmackssinn geprüft werden können. Damit sprechen Originale Sinne an, die trotz des intensiven Einsatzes von Medien im Erdkundeunterricht - welche sich überwiegend auf die audiovisuelle Wahrnehmung beschränken - ausgeklammert werden (RINSCHÉDE 2009, 318). So wirkt sich eine sinnhafte Wahrnehmung positiv auf die Lerneffektivität und die Gedächtnisleistung aus (RINSCHÉDE 1999, 10; STEIN 1986, 433). Das Prinzip der Anschauung steht damit in engem Zusammenhang mit der Realbegegnung, welche als Lernen an konkreten Gegenständen und realen Gegebenheiten verstanden wird. Diese kann sowohl im schulischen Unterricht im und außerhalb des Klassenzimmers (vgl. Kap. 2.2) stattfinden (PETERSEN 1999, 251). „Bieten Schulumgebung und Lebenswirklichkeit der Schüler Themen, die direkt erfahrbar und konkret erlebbar sind, so sind diese der medialen Aufbereitung vorzuziehen“ (BULLINGER et al. 2005, 69). Lernende und Lerngegenstand gelangen in einen möglichst ursprünglichen, fesselnden Kontakt, sodass aus der Begegnung heraus Betroffenheit bzw. Problembewusstsein möglich wird. Dabei ist nicht das abschließende Lernprodukt essentiell, sondern die Vorgänge, die dazu führen (RINSCHÉDE 2009, 179).

Der vorliegende Lernzirkel greift das Prinzip Anschauung sowie der Realbegegnung auf, denn die Lernsequenz findet am außerschulischen Lernort des Botanischen Gartens statt, an dem die SuS zum sich zum einen visuell aber gelegentlich auch haptisch mit den Pflanzen der entsprechenden Klimazonen auseinandersetzen können. Zudem lassen die entsprechenden Temperaturen in den Gewächshäusern auch die Umgebungstemperatur weitgehend sinnhaft erfahren. Für weitere Ausführungen zum außerschulischen Lernen wird auf Kapitel 2.2 verwiesen.

Handlungsorientierung, problemorientiertes und entdeckendes Lernen

„Man kann sich Vorstellungen und Begriffe nicht in fertiger Form einverleiben. Man muss sie nachschaffen, konstruieren“ (AEBLI 2011, 182). Das so beschriebene Prinzip der Handlungsorientierung hat demzufolge zum Ziel, SuS zu aktiven und möglichst ganzheitlichen Tun im Unterricht anzuleiten (BIRKENHAUER 1999, 65–66), „sodass Kopf- und Handarbeit der Schüler in ein ausgewogenes Verhältnis zueinander gebracht werden können“ (RINSCHÉDE 2009, 184). Handlungsorientierung als didaktisches Prinzip umfasst unterschiedliche methodische Praktiken mit dem gemeinsamen Kern, eine eigentätige Auseinandersetzung und aktive Aneignung des Lerngegenstandes zu ermöglichen, wobei bestenfalls möglichst viele Sinne angesprochen werden (GUDJONS 2014, 8). Dazu gehören insbesondere die für das vorliegende Konzept ausgewählten methodischen (Groß-)formen des Stationenlernens/Lernzirkels sowie der Einsatz von Schülerversuchen (RINSCHÉDE 2009, 184).

Problemorientierung in einer didaktischen Situation erhebt den Anspruch, sich mit einer lohnenden geographischen Frage auseinanderzusetzen (SCHNEIDER 2013, 34). Ein geographisches Problem kann insbesondere unter humangeographischen Aspekten ein Zeitgeistthema aufgreifen, welches aktuell gesellschaftlich relevant ist und ggf. auch kontrovers diskutiert wird. Im naturwissenschaftlichen, eher physisch-geographische Kontext sind problemorientierte Lerngelegenheiten eher als Rätsel zu gestalten, deren Ausgangspunkt oft eine Beobachtung ist (ebd., 41). Wenn Lernende beobachten und vergleichen, Hypothesen formulieren, Experimente durchführen, interpretieren und Argumente austauschen, so erlernen sie nicht nur die Konzepte, um die es gerade geht. Vielmehr lernen sie auch, an dieser Art der sozialen Praxis teilzuhaben. Problemlösendes Lernen an komplexen, realitätsnahen Ausgangsproblemen adressieren also nicht nur die fachlichen Inhalte, sondern insbesondere auch die sozial-kulturellen Aspekte der Lernaktivität (RENKL 2010, 746). Die Umsetzung dieses didaktischen Prinzips bei der Konzeption des Lernzirkels zeigt sich in der Intention, die SuS zu Beginn einer Station durch Beobachtungen am Original oder medialer Informationen zur Hypothesenbildung anzuregen oder kognitive Konflikte aufzuwerfen. Ähnlich der Entwicklung der lohnenden Fragestellung in der Einstiegsphase im Unterricht kommt auch der Einstiegsphase an den einzelnen Stationen eine für die weitere kognitive Aktiviertheit der SuS entscheidende Bedeutung zu. Während jedoch die Lehrperson entsprechend die Wahrnehmung bzw. Kontextualisierung des Ausgangsproblems im Unterrichtsgespräch steuern kann, muss der Einstieg an den Stationen in diesem apersonalen Setting sowohl verständlich sein, als auch ansprechend genug, um Neugierde zu wecken.

Das konstruktivistische Modell des entdeckenden Lernens geht auf Bruner & Hartung (1974) zurück. Dieser Ansatz verfolgt weniger die Vermittlung wissenschaftlicher Ergebnisse, sondern eher die Anwendung wissenschaftlicher Arbeitsmethoden zur Erforschung eigener Fragestellungen. Entdeckendes Lernen möchte das Interesse der Lernenden an der Sache fördern. Durch selbständiges Erarbeiten schafft der Lernende einen individuellen Zugang zum Lerngegenstand, sodass individuell Interesse generiert werden kann. Daneben entwickeln die SuS Problemlösestrategien, die auf andere Kontexte übertragen werden können (REINFRIED 2015, 60). Anknüpfend an die Einstiegsphase an den Stationen, die eine Hypothese, ein interessantes Phänomen oder einen Widerspruch aufwerfen, greift im Lernzirkel das Prinzip des entdeckenden Lernens bei der Gestaltung der Erarbeitungsphase. Hier kommen naturwissenschaftliche Arbeitsweisen, wie beispielsweise Beobachten und Vergleiche mit Originalen sowie das Durchführen von Versuchen, zum Einsatz.

Kooperatives Lernen

Sozialkonstruktivistische Ansätze gehen davon aus, dass Lernen nicht nur individuell geschieht, sondern auch in Interaktion mit anderen Personen. Diesem Ansatz folgend erarbeiten die SuS die Stationen eigenständig in Partnerarbeit (im Folgenden auch gleichbedeutend mit Lerntandem benutzt), je nach Kursstärke auch in Kleingruppen. Verschiedene theoretische Perspektiven begründen die Bedeutung von Lerngruppen unterschiedlich (vgl. SLAVIN 1996; FISCHER 2001; MURPHY, P.K., WILKINSON, I.A.G., SOTER 2011 zitiert in PETKO 2014, 34):

- *Soziogenetische Perspektive:* Das Lernen geschieht, weil in der Gruppe unterschiedliche Ansichten vertreten sein können, welche einen individuellen kognitiven Konflikt auslösen können. Somit wird die eigene Perspektive in Frage gestellt und Lernen kann ausgelöst werden.
- *Perspektive der kognitiven Elaboration:* Das Lernen kann stattfinden, weil die Gruppenmitglieder über unterschiedliches Wissen verfügen und somit potenziell mehr Wissen zum Austausch bereitsteht.
- *Situierte Perspektive:* Diese soziokulturelle Perspektive geht davon aus, das Lernen durch Zuschauen und Mitmachen geschieht; so werden Handlungsmuster und Sprachroutinen weitergegeben.
- *Perspektive des argumentativen Diskurses:* Das Lernen findet dann statt, wenn in der Gruppe unterschiedliche Meinungen argumentativ begründet werden müssen. Damit wird die eigene Perspektive klarer und ggf. auch verändert. Auch gemeinsame Lösungen werden so entwickelt.
- *Perspektive der kollektiven Informationsverarbeitung:* Sie betrachtet Lernen als Prozess der Selbstorganisation von Gruppen. Es gilt zu eruieren, wer welche

Fähigkeiten besitzt und wie die Arbeit in der Gruppe bestmöglich aufgeteilt werden kann.

Reinmann und Mandel (2006, 640) sind der Ansicht, dass zum Erwerb einer ausreichenden Wissensbasis auch beim konstruktivistischen Lernen instruktionale Unterstützung unerlässlich ist. Sie plädieren für einen gemäßigten, wissensbasierten Konstruktivismus, welcher instruktionale und konstruktivistische Unterrichtselemente integriert. Somit lässt sich die lerntheoretische Grundorientierung des entwickelten Lernarrangement dem gemäßigten Konstruktivismus zuordnen. Für die Intention des Lernzirkels, dass die SuS die Stationen eigenständig in Lerntandems erarbeiten, ohne dass die begleitende Lehrperson oder eine Projektmitarbeiterin bzw. -mitarbeiter die Gruppen begleitet, ist die Steuerung der Arbeitsprozesse im Lernzirkel bedeutsam. So ist beispielsweise die Arbeitszeit an den Stationen auf rund zehn Minuten pro Station ausgelegt. Das Einhalten dieser zeitlichen Passung verhindert Staus an den Stationen im Verlauf der Lernsequenz. Eine Herausforderung liegt darin, die Stationen zeitlich so zu konzipieren, dass das Erarbeiten im vorgegebenen Zeitrahmen in etwa passt, zugleich aber Raum für Diskussionen und eigene Entdeckungen ermöglicht. Letztere intrinsisch motivierte Interaktionen sollten möglichst nicht unterbunden werden, denn instruktionspsychologische Erkenntnisse betonen gerade die Bedeutung von Lernemotionen im individuellen Lernprozess. Die Instruktionspsychologie konzentriert sich darauf, wie angeleitet und Wissen erworben wird, weniger auf den Output des Lehrens und Lernens (ZIMBARDO & GERRIG 1999, 686). Sie hat somit die Auswirkungen der Art des Lehrens oder des Unterrichtens auf den Lernprozess der Schüler zum Forschungsgegenstand. Synonym werden auch die Begriffe Unterrichtspsychologie i.e.S. sowie Lehr-Lernforschung verwendet (RINSCHDE 2009, 75). Aktuelle Lernforschung versteht Lernen als Prozess, „bei dem es zu überdauernden Änderungen im Verhaltenspotenzial als Folge von Erfahrungen kommt“ (HASSELHORN & GOLD 2006, 35). Lernen kann also immer auftreten, wenn sich ein Individuum mit seiner Umwelt und ihren Gegebenheiten auseinandersetzt und dadurch das eigene Wissen, das eigene Verhaltensrepertoire, die eigenen Einstellungen, die eigenen Emotionen oder die eigene Motivation verändert werden (GRÄSEL & GNIEWOSZ, 19).

Somit sind bei der Konzeption von Lernarrangements nicht nur theoretisch begründete didaktisch-methodische Entscheidungen zu beachten. Auch affektive Komponenten sollten bedacht werden, um positive Lernemotionen zu ermöglichen.

2.1.4. Emotions- und motivationspsychologische lerntheoretische Ansätze

Wie oben bereits angesprochen, stehen Lernerfolge in engem Zusammenhang, mit Lernbereitschaft und Motivation (EDLINGER & HASCHER 2008). Demnach sind nicht nur Lerntheorien relevant für die Konzeption der Lernumgebung, auch Motivationstheorien sollten Berücksichtigung finden. Diese gehen der Frage nach, unter welchen Umständen Menschen die Absicht entwickeln, etwas zu tun und welche Bedingungen für das Umsetzen dieser Handlungsabsicht nötig sind. Motivationstheoretische Ansätze unterscheiden sich in den Ausprägungen der Handlungsentscheide, d. h. ob sie beispielsweise eher unbewusst oder bewusst getroffen wurden oder ob sie eher langfristig oder kurzfristig dimensioniert sind (PETKO 2014, 36). Die Selbstbestimmungstheorie nach Deci und Ryan (1993) beschreibt die motivationalen Aspekte menschlichen Verhaltens. Basierend auf dem Konzept der Intentionalität geht sie davon aus, dass Menschen dann als motiviert gelten, wenn sie etwas erreichen möchten. Dabei gibt es unterschiedliche qualitative Ausprägungen des motivierten Handelns, welche sich zwischen den Polen "selbstbestimmt/frei gewählt/autonom" und "kontrolliert/aufgezwungen" bewegen. Deci und Ryan unterscheiden zwischen intrinsisch und extrinsisch motivierten Verhaltensweisen. Die intrinsische Motivation beinhaltet die Emotionen Neugier und Interesse, die dadurch ausgelösten Handlungen treten meist spontan auf; der innere Antrieb basiert auf Freude an der Sache oder auch Identifikation mit den Handlungszielen. Dagegen kommen extrinsisch motivierte Verhaltensweisen erst nach Aufforderung in Gang, z. B. wegen der Aussicht auf Belohnung oder Vermeidung von Bestrafung. In Bezug auf Lernen wird intrinsische Lernmotivation als lernförderlich erachtet; auch das Interesse wirkt sich durch eine längerfristige Motivation positiv aus. Diese Lernmotivation ist eng verknüpft mit dem Kompetenz- und Autonomieerleben und der sozialen Eingebundenheit (DECI & RYAN 1993, 225–226; PETKO 2014). Die Selbstbestimmungstheorie bezieht sich nur auf intrapersonelle Emotionen. Sie ist inhaltsunspezifisch und kann daher nicht erklären, warum Menschen sich mit bestimmten Inhalten lieber auseinandersetzen als mit anderen (PETKO 2014, 37). Das ACRS-Modell von (KELLER 1987) bezieht auch die Inhalte mit ein. Danach beeinflussen insbesondere die Aufmerksamkeit (A), die Relevanz (R), die Confidence (C, Erfolgszuversicht) und Satisfaction (S, Zufriedenheit mit dem Resultat) die Lernmotivation.

In Bezug auf die Gestaltung von Lernumgebungen lässt sich festhalten, dass Freiheitsgrade und positive Rückmeldung wesentliche Erfolgsfaktoren für die Etablierung bzw. Aufrechterhaltung der Lernmotivation angesehen werden (PETKO 2014, 37). Die Rolle und spezifische Wirkungsweise von Emotionen im Lernprozess ist gegenwärtig erst ansatzweise erforscht (FRENZEL et al. 2015, 217).

Es konnte lediglich gezeigt werden, dass positive Emotionen das Lernen unterstützen, während negative Emotionen (z. B. Prüfungsangst) sich negativ auf den Lernerfolg auswirken. Zudem scheint es einen Zusammenhang zu der Erinnerungsleistung zu geben: Erlebnisse, die bei der Person mit starken Emotionen verbunden sind, werden besser erinnert als solche, die mit einem geringen Grad der Emotionalität verknüpft sind (PETKO 2014, 36). Beim Design von Lehr-Lern-Angeboten wird das Augenmerk auf die Induktion positiver Gefühle gelegt. Eine wichtige Rolle spielen dabei real erlebte Emotionen im Rahmen von handlungsorientierten Erlebnissen wie dem Experimentieren oder der Realbegegnung (WEGNER et al. 2013, 45).

Interesse

In der pädagogischen Interessentheorie, einer Teildisziplin der Motivationsforschung, wird Interesse als "bedeutungsmäßig herausgehobene Person-Gegenstandrelation" definiert. In Abgrenzung zur Motivation oder Neugierde ist Interesse demnach immer auf einen Gegenstand gerichtet. Dieser kann sowohl ein reales Objekt oder Lebewesen sein, aber auch Zustände, Veränderungen oder Ereignisse (HEMMER & HEMMER 2008, 124).

Während im umgangssprachlichen Gebrauch eine gleichgültige Haltung eher negativ assoziiert ist, da daraus keine Handlungsaktivität folgt, ist eine indifferente Haltung im Bildungsbereich eine wertvolle Ausgangssituation: es haben bislang weder positive noch negative Begegnungen mit dem Lerngegenstand stattgefunden. Aus diesem "Null-Zustand" an Interesse durch positive Erfahrungen einen Startpunkt für die Entwicklung eines Interesses zu schaffen ist sicher einfacher, als vom Gegenpol, dem Nicht-Interesse, ausgehen zu müssen (vgl. Abb. 5) (VOGT 2007, 21).

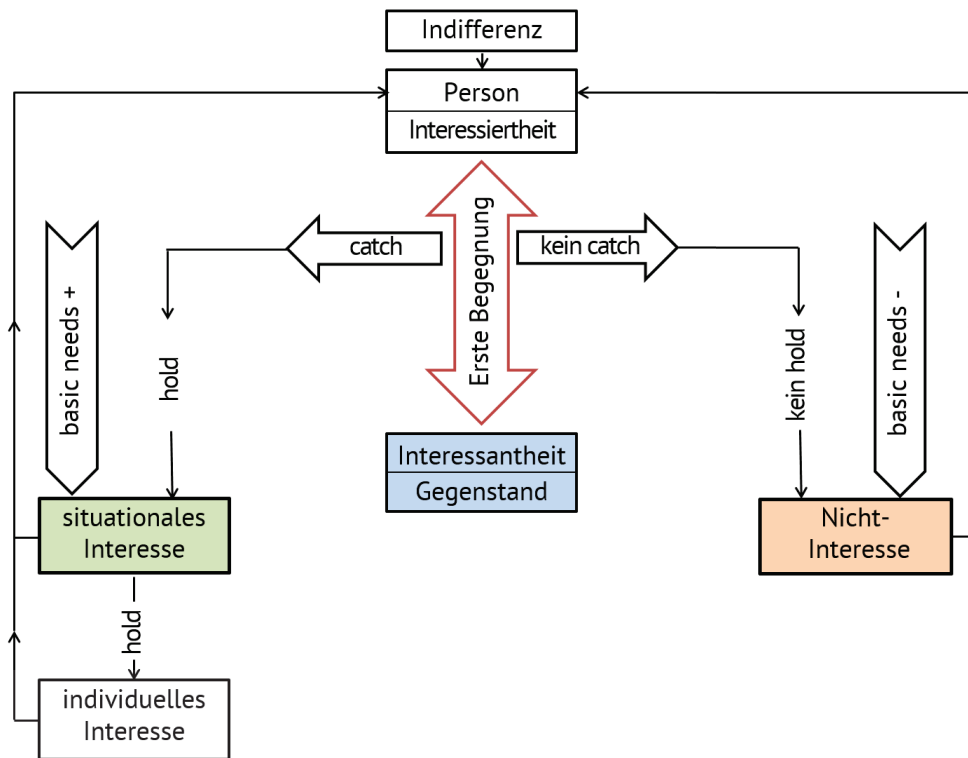


Abb. 5: Relationales Modell des Interesse- / Nicht-Interesse-Konstruktes (VOGT 2007, 11)

Demnach kommt dem Design von Lernumgebungen nicht nur die Art und Weise des kognitiven Anspruches zum Tragen. Auch das Setting in Bezug auf die Lernemotionen sollte Berücksichtigung finden. So kann eine entsprechende Inszenierung des Lerngegenstandes zunächst das kurzfristige, situationale Interesse erwecken (catch), woraus sich eine Bereitschaft zur Auseinandersetzung mit dem Gegenstand (hold) ergibt, die schließlich die Entwicklung von individuellem Interesse positiv beeinflussen kann.

Motivation

Die Motivation einer Person, ein bestimmtes Ziel zu verfolgen, ist abhängig von den situativen Anreizen, den individuellen Präferenzen und deren Wechselwirkung (HECKHAUSEN & HECKHAUSEN 2018, 7). Unter Lernmotivation versteht man, den Wunsch bzw. die Absicht, sich bestimmte Inhalte oder Fertigkeiten anzueignen (RENKL 2010, 741). Motivation an sich hat keinen direkten positiven Einfluss auf den Lernerfolg. Sie wirkt eher indirekt über die Dauer und Qualität der ausgeführten Aktivitäten sowie über das Arbeitspotential der Lernenden, d. h. motivierte Lernenden zeigen eine höhere Konzentration und Anstrengungsbereitschaft (SCHEITER et al. 2014, 283).

Selbstbestimmte bzw. intrinsische Motivation wird im kognitiven Paradigma besondere Bedeutung beim Lernen zugeschrieben. Sie begünstigen eine extensive (quantitativer Aspekt) sowie eine qualitativ hochwertige

Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand und ermöglichen somit ein tieferes Verständnis (RENKL 2010, 741).

Die Interventionsforschung fokussiert in erster Linie auf dem quantitativen Aspekt. So beschränkt sich die Evaluation der Wirkung außerschulischer Angebote zum einen auf den Wissenszuwachs. Zum anderen wird eine Intervention dann als erfolgreich eingestuft, wenn sie das Tempo des Motivationsverfalls bremst, d. h. intrinsische Motivation, Interesse, Lernfreude etc. im Laufe der Instruktion nur langsam abnimmt (ebd., 747). So konnte beispielsweise BRANDT in einem Kontrollgruppenexperiment nachweisen, dass sich die Teilnahme an Experimentierangeboten eines außerschulischen Lernlabors positiv auf die Motivation, sich naturwissenschaftlichen Schulfächern zuzuwenden, auswirkt. Allerdings waren diese positiven Effekte nur im direkten Anschluss nachweisbar, im Follow-up-Test nach vier Monaten waren keine positiven Effekte des Laborbesuchs mehr festzustellen (BRANDT et al. 2008, 5). Eine ähnliche Studie führten Fančovičová und Prokop durch; sie konnten nachweisen, dass sich nach einer Intervention, in der neben der Informationsvermittlung auch Bäume gepflanzt wurden, die Einstellung gegenüber Pflanzen signifikant änderte und dieser Effekt auch im Follow-up nach drei Monaten noch nachweisbar war (FANČOVIČOVÁ & PROKOP 2011, 537).

Das situierte Paradigma postuliert hingegen eine Aneignung eines tieferen Verständnisses, welches ebenfalls durch eine hohe Motivation begünstigt werden kann (RENKL 2010, 746). Solche qualitativen Gewinne sind jedoch nur schwer nachweisbar.

2.2. Lernen an außerschulischen Lernorten

Didaktische Überlegungen zu Lehr-Lern-Angeboten an außerschulischen Lernorten fußen meist auf der (gemäßigt) konstruktivistischen Lerntheorie. Wie bereits in Kapitel 2.1.3 dargelegt, basiert der Lernzirkel auf darauf fundierten den Prinzipien, der Realbegegnung und Anschauung. Zudem findet sich der Konstruktivismus insbesondere in den Prinzipien der Handlungs- und Problemorientierung, auch im Entdeckenden Lernen sowie im kooperativen Lernen Niederschlag (GEYER 2008; REINMANN & MANDL 2006). Dies wird insbesondere in direkter Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand ermöglicht. So bietet der Besuch außerschulischer Lernorte SuS die Gelegenheit Primärerfahrungen zu erleben, die im Klassenraum kaum möglich sind. Solche Primärerfahrungen bilden die Grundlage für anknüpfbares Wissen und zugleich die affektive Basis für die Bildung von Werten sowie Einstellungen, was u.a. im Sinne der Umweltbildung und des Nachhaltigkeitsgedankens eine besondere

Wertigkeit einnimmt (SCHOCKEMÖHLE 2009, 8). Weiterführend wird der Arbeit mit Originalen eine Motivationssteigerung zugeschrieben (ESCHENHAGEN et al. 1996, 188). Der Unterricht kann mit Einbindung außerschulischer Lernerfahrungen lebendiger gestaltet werden. Da am außerschulischen Lernort nicht nur kognitive und affektive Lernziele bedient, sondern auch die Sozial- und Kommunikationskompetenzen gefördert werden, ist von einer hohen Behaltensleistung der SuS auszugehen (LABUDDE 2013, 166).

Besuche außerschulischer Lernorte sind essentiell für den Geographieunterricht. Nur dort können fachmethodische Arbeitsweisen geübt und Realbegegnungen stattfinden, welche den Regelunterricht sinnvoll ergänzen. Diese Erkenntnis findet sich als Forderung in den Lehrplänen sämtlicher Bundesländer als institutionelle Vorgabe für das methodische Arbeiten im Geographie- oder Sachunterricht wieder (SAUERBORN & BRÜHNE 2014, 13).

Auch in der Biologiedidaktik wird die Begegnung mit dem Original postuliert. Als außerschulisches Lernen gelten im Biologieunterricht alle Unternehmungen des biologischen Arbeitsunterrichtes, die gezielt und planmäßig die originale Begegnung mit der biologischen Umwelt suchen (ESSER 1978, 80). Sie differenziert ebenso wie die Geographie (vgl. Abb. 6) zwischen „Lernen im Schulhaus“ und „Lernen außerhalb des Schulgebäudes“, wobei auch hier der schulische Unterricht und nicht das informelle Lernen gemeint ist (KILLERMANN et al. 2013, 93–94). Folgende offene Bausteindefinition kann somit für den Geographie– als auch den Biologieunterricht angewandt werden:

„Außerschulisches Lernen beschreibt die originale Begegnung im Unterricht außerhalb des Klassenzimmers. An außerschulischen Lernorten findet die unmittelbare Auseinandersetzung des Lernenden mit seiner räumlichen Umgebung statt. Die Möglichkeit einer aktiven (Mit-) Gestaltung sowie die Möglichkeit zur Primärerfahrung von mehr perspektivischen Bildungsinhalten durch den Lernenden sind dabei zentrale Merkmale des außerschulischen Lernens“ (SAUERBORN & BRÜHNE 2014, 27).

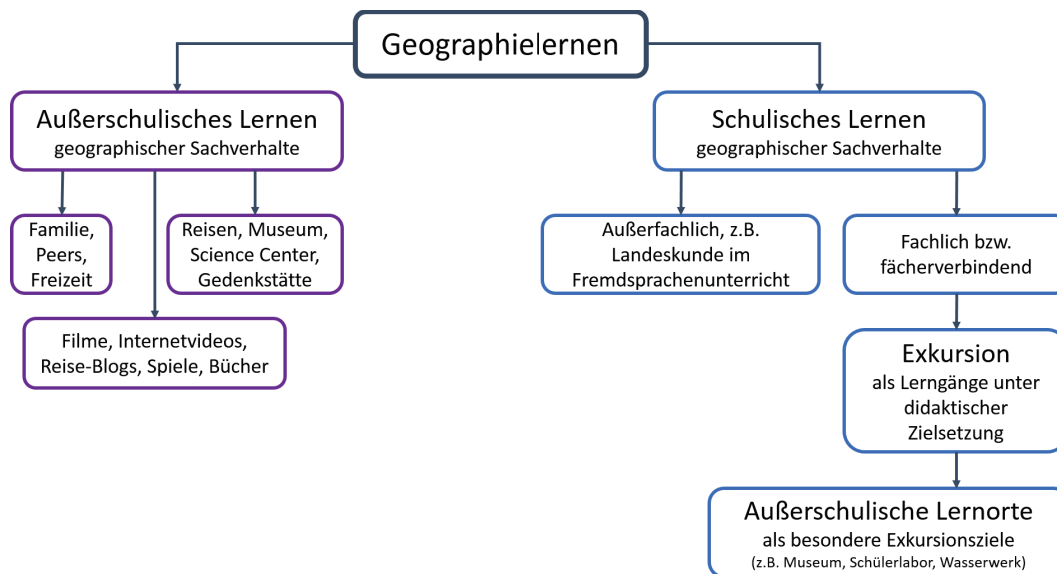


Abb. 6: Außerschulische Lernorte als Teil Geographielernens (nach HELLBER-RODE 2012, KROß 1991, zitiert in MEYER 2015, 148, verändert)

Der Besuch außerschulischer Lernorte wird im Rahmen von Exkursionen möglich. Diese methodische Großform des Unterrichts kann nach verschiedenen Kriterien klassifiziert werden. Nach dem zeitlichen Aspekt lassen sich drei Exkursionstypen differenzieren. Der Unterrichtsgang (auch Beobachtungs- und Informationsgang genannt) umfasst i.d.R. ein bis zwei Stunden und kann somit ohne großen organisatorischen Aufwand in den Unterricht integriert werden. Mehr als zwei Stunden bis zu einem ganzen Tag nimmt die Lehr- bzw. Tageswanderung in Anspruch. Mehrtägige Exkursionen finden als Lehr- oder Studienfahrten statt (RINSCHÉDE 2009, 251). Nach dem didaktischen Ort der Exkursion innerhalb einer Unterrichtseinheit oder -reihe werden vier Typen unterschieden. Die einführende Exkursion zu Beginn einer Unterrichtsreihe führt in das Thema ein und hat eine motivierende Funktion. Die zielgerichtete Exkursion wird zur Erarbeitung des Themas eingesetzt und zur Sammlung von Daten genutzt, während eine festigende Exkursion zur Sicherung und Veranschaulichung abstrakt gewonnener Erkenntnisse beiträgt. In der letzten Phase einer Unterrichtsreihe bietet eine Transferexkursion die Möglichkeit, im Unterricht behandelte Inhalte aus dem Fernraum auf den Nahraum zu übertragen (ebd., 257–258).

Der Lernzirkel im Botanischen Garten kann sowohl einführend als auch erarbeitend oder abschließend eingesetzt werden. Die Verwendung zum Einstieg wird jedoch nur bedingt empfohlen. Die Weiterführung im Unterricht sollte in diesem Fall recht zeitnah erfolgen, da die SuS nach dem Besuch sicher offene Fragen haben, die, wenn sie unbeantwortet bleiben, eher in Frustration statt Neugierde münden. In der Erarbeitungsphase kann die Verknüpfung von

abstrakt Erlerntem aus dem Unterricht in der Begegnung mit dem Original eher zu tieferem Verständnis führen. Als abschließende Sicherung stellen die SuS ihr Vorwissen auf die Probe und erweitern ihre biologischen Fachkenntnisse um die Standortbeschreibungen und Verortung der Originale und umgekehrt, geographische Fachkenntnisse zu Klimazonen um Herausforderungen und Anpassungsformen der Pflanzenwelt.

Nach dem Grad der Lehrer-Schüler-Aktivität lassen sich die Überblicksexkursion, die Arbeitsexkursion und die Spurensuche abgrenzen (ebd., 251). Eine Gegenüberstellung dieser Formen im Spannungsfeld zwischen Kognitivismus und Konstruktivismus zeigt nachfolgende Abb. 7.

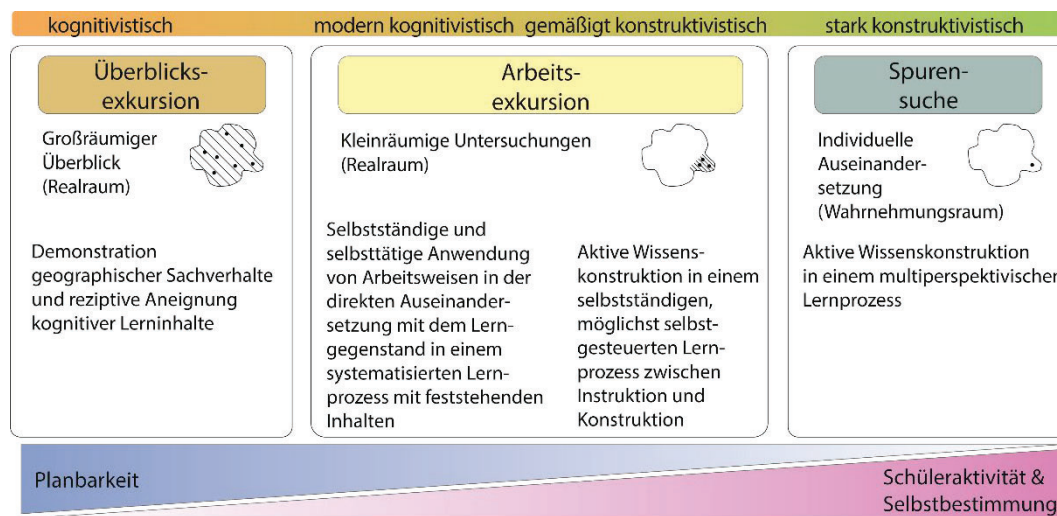


Abb. 7: Klassifikationen von Exkursionen nach dem Grad der Schüleraktivität im Spannungsfeld zwischen Kognitivismus und Konstruktivismus (eigene Darstellung nach OHL & NEEB 2012, 261 und HEMMER & UPHUES 2009, 41).

Bei der kognitivistisch geprägten Überblicksexkursion sind die SuS in der Rolle des Rezipienten. Phänomene im Gelände werden von Exkursionsleitern, Fachreferenten oder durch Schülerreferate erklärt. Die Aktivität der SuS beschränkt sich, abgesehen von den Vortragenden, auf zuhören, Inhalte im Gelände durch eigene Beobachtungen nachvollziehen und protokollieren. Mit fragen-entwickelnden Verfahren können Phänomene am Objekt erklärt werden. Der Grad der Schüleraktivität ist gering. Dem gegenüber steht der Vorteil, dass Überblicksexkursionen einen großen Raum abdecken können, gut planbar sind und inhaltlich-konzeptionell gut vorbereitet werden können (FALK 2015, 153). Die Überblicksexkursionen fördert Fach- und Sachkompetenz. Bei der Arbeitsexkursion steht die Handlungsorientierung im Vordergrund und fördert demnach die Methodenkompetenz. Mit fachwissenschaftlichen Feldmethoden bearbeiten die SuS Aufgaben- und Fragestellungen im Gelände an einem oder mehreren Standorten in einem kleineren Untersuchungsgebiet. Daneben wird

oft auch die räumliche Orientierung mittels Karte, Kompass oder GPS eingeübt. Der inhaltliche Schwerpunkt und die Methodenauswahl werden meist von der Lehrperson gesetzt (ebd.). Bei der Spurensuche sind die SuS schon bei der Konzeption und Gestaltung der Exkursion eingebunden, sie fördert demnach die Sozialkompetenz. Die Lernenden selbst entwickeln Fragen an den Raum und wählen passende Untersuchungsmethoden. Essentiell ist das Aufspüren von subjektiven Wahrnehmungen der Teilnehmenden. Dieser multiperspektivische Ansatz ermöglicht individuelle Erkenntnisprozesse und ist ergebnisoffen. Von Seiten der Lehrkräfte gilt es, entsprechende methodische und inhaltliche Kompetenzen im Vorfeld aufzubauen. Die Spurensuche als Exkursion ist durch ihre Ergebnisoffenheit wenig Output-orientiert und zeitlich schwer planbar (ebd.).

Der vorliegende Lernzirkel entspricht nach dem Grad der Schüleraktivität der gemäßigt-konstruktivistischen Form der Arbeitsexkursion. Bei der eigenständigen Erarbeitung und der Auseinandersetzung mit den Originalen kommen auch individuelle Wahrnehmungen zum Tragen, sodass auch das Charakteristikum einer Spurensuche gegeben ist.

Um diese Auseinandersetzung zu fördern gilt es, die Originale entsprechend zu inszenieren. Außerschulische Lernorte sollten so gestaltet sein, dass sie „Neugierde und Fragenwollen wecken, offenes Sehen bzw. ein Lernen mit allen Sinnen ermöglichen. Bei solcher Lernsituation sind die Behaltenswerte signifikant höher“ (BIRKENHAUER 1995, 9). Gute außerschulische Lernorte fördern demnach das Entdeckende Lernen und sprechen möglichst viele Sinne an, sodass eine tiefere Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand, auch interdisziplinär, stattfindet (MEYER 2015).

Ein außerschulischer Lernort sollte einerseits Vergleiche mit vorhandenem Wissen, eigenen Erfahrungen aber auch Unterschieden zu umgebenden Lerngegenständen ermöglichen. Weiterhin fordert Birkenhauer, dass aus dem "Arrangement von Phänomenen" Antworten ableitbar sind (BIRKENHAUER 1995, 12).

Phänomene, die die Aufmerksamkeit der Besucher wecken, zum Verweilen und zur Auseinandersetzung mit dem Exponat in Museen bzw. dem Lebewesen in Zoo oder Botanischen Gärten anregen, werden auch als "Catch-Faktoren" bezeichnet. Diese sind individuell unterschiedlich. Studien belegen jedoch zwei grundlegende Muster: unerwartete Phänomene, die den Überraschungseffekt nutzen, oder aber Phänomene, die eine Wiedererkennung ermöglichen, d. h. Anknüpfungspunkte, die das Vorwissen bzw. zuvor gemachte Erfahrungen der Besucher aufgreifen (SCHEERSOI 2013, 15).

Neben finanziellen und personellen Bedingungen sind insbesondere die Überlegungen zu übergeordneten didaktischen Konzepten erforderlich (zu den didaktischen Konzepten in Botanische Gärten vgl. Kapitel 2.2.4) (LANDTWING BLASER 2014). Auch aus praktischer Sicht sind einige Kriterien zu beachten. Nach Wüthrich (2013, 195) sollte ein außerschulischer Lernort...

- gut erreichbar sein, d. h. sowohl in Bezug zum Zeit- und Kostenaufwand, aber auch in Bezug auf die Geländegängigkeit vor Ort
- ausreichend Platz für die geplanten Arbeitsweisen bieten
- erforderliche Sicherheitsaspekte berücksichtigen
- eine ruhige Umgebung zum konzentrierten Arbeiten bieten (Vermeidung von Lärmquellen wie z. B. Verkehrslärm).

Ausgehend von den obigen allgemeinen Ausführungen sollen nachfolgend Lernorte mit dem Fokus Natur und Umwelt in den Vordergrund rücken, zu denen auch Botanische Gärten zu zählen sind.

2.2.1. Lernorte mit Bezug zum Themenfeld Natur / Umwelt: von der Freilandexkursion zu künstlichen Lernumgebungen

Der Begriff "Natur" aus naturwissenschaftlicher Perspektive umfasst sowohl Objekte in der Natur - differenziert nach belebten Objekten wie Pflanzen und Tiere und nicht-lebende Objekte wie Wasser, Luft, Steine - als auch natürliche Phänomene wie beispielsweise Wind, Niederschlag oder auch einen Lawinenabgang. Zu den außerschulischen Lernorten in der Natur zählen beispielsweise der Wald, ein Fließ- oder Stillgewässer, Steinbruch, eine Wiese oder innerstädtische Grünfläche (SAUERBORN & BRÜHNE 2014, 85). Anthropogen veränderte Naturräume werden in dieser Klassifikation nicht ausgegrenzt, denn Geographie als Schulfach setzt sich insbesondere mit Mensch-Umwelt-Beziehungen auseinander.

Direkte Beobachtungen im Realraum können im Klassenraum nicht erlebt werden. Um solche Erlebnisse zu ermöglichen, bieten sich Exkursionen als Unterrichtsmethoden an. Dies gilt insbesondere für interdisziplinäre Themen der Umweltbildung. Gerade die strikte Trennung der beteiligten Schulfächer Chemie, Physik, Geographie und Biologie erschweren den Zugang zu fächerübergreifenden, globalen Umweltthemen für SuS (STORKSDIECK 2011, 1).

Freiland-Exkursionen bieten eine unmittelbare Begegnung mit dem Lerngegenstand in seiner natürlichen Situation (NIEDERHÄUSERN et al. 2011, 7). Der Lernort "Natur" ist allerdings noch in keiner Weise didaktisch vorstrukturiert, sodass die Lehrkraft als Exkursionsleitung sich insbesondere mit der didaktischen Schwerpunktsetzung sowie der methodischen Aufbereitung

beschäftigen muss, um einer Überforderung entgegenzuwirken (WIECZOREK 1995, 111; WÜTHRICH 2013).

Zu den außerschulischen Lernorten zählen auch Orte, in denen der Lerngegenstand dekontextualisiert und in künstlicher Umgebung vorliegt. Sie können sogar eigens für das Lernen geschaffen und entsprechend didaktisch vorstrukturiert sein, wie Lehrpfade oder Science-Center und Schülerlabore (NIEDERHÄUSERN et al. 2011).

2.2.2. Zoo versus Botanischer Garten – eine Frage des individuellen Interesses oder der Interessantheit des Lebewesens?

Zoos und Botanische Gärten sind dagegen nicht primär für das Lernen geschaffen, ermöglichen jedoch ebenfalls die Begegnung mit Originalen in einer ihrem natürlichen Habitat nachgebildeten Umgebungen. Ein generelles didaktisches Problem stellt die Interessenlage der SuS dar, denn für einen Besuch im Botanischen Garten fällt die Motivation geringer aus, als für einen Besuch im Zoo, wo neben der Beobachtung auch ggf. interagiert werden kann (RICKER 2014, 34). Hier sei auf den von Wandersee und Schussler (1999, 82) geprägten den Begriff der "plant blindness" verwiesen, den diese wie folgt charakterisieren:

- Die Unfähigkeit, Pflanzen in seiner eigenen Umgebung wahrzunehmen.
- Die Unfähigkeit, die Bedeutung der Pflanzen für die Umwelt und insbesondere den Menschen zu erkennen.
- Die Unfähigkeit, die Ästhetik und einmalige biologischen Funktionen wertzuschätzen.
- Die Tendenz, Pflanzen gegenüber Tieren als minderwertig zu betrachten.

Dies legt nahe, dass insbesondere dem Aufbau von situationalem Interesse in Botanischen Gärten eine besondere Bedeutung zukommt.

Besuche im Zoo ermöglichen Lebendbeobachtungen. Damit ist insbesondere das Verhalten der Tiere, z. B. Paarungsrituale oder Gruppenverhalten zur Festlegung von Rangordnungen gemeint (OCKLITZ 2014, 32). Studien belegen, dass Pflanzen im Vergleich zu Tieren von SuS generell als uninteressanter empfunden werden (vgl. KÖGEL, A., REGEL, M., GEHLHAAR, K.-H. & KLEPEL 2000; HOLSTERMANN & BÖGEHOLZ 2007; LÖWE 1992). Jedoch ist hier zu berücksichtigen, dass bei der Interessensbekundung gegenüber Tieren nach deren *Verhalten* gefragt wurde, d. h. die Lernenden *beobachten* eine *Interaktion*. Bei der Interessensabfrage gegenüber Pflanzen wurde jedoch nach *Pflanzenkunde* gefragt, also nach einer wissenschaftlichen Disziplin, die in der Schule allenthalben im Rahmen von Bestimmungsübungen handlungsorientiert

angeboten werden kann. Sowohl die Tätigkeit der Lernenden als auch der Lerngegenstand sind daher unterschiedlichen Kategorien zuzuordnen. Es ist demnach unklar, ob die Kategorie Tier an sich interessanter erscheint als die Kategorie Pflanzen. Dass das Verhalten der Tiere interessant erscheint, macht jedoch den entscheidenden Vorteil der Tiere gegenüber Pflanzen deutlich: sie sind mobil. Durch das größere Interesse an Verhaltensbeobachtungen liegt der Fokus von Lehrkonzepten für einen Besuch eines außerschulischen Lernortes im Biologieunterricht häufiger auf Zoologischen und weniger auf Botanischen Gärten. Der Zoo als außerschulischer Lernort ist ohne Frage ein aus Sicht der Biologie, aber auch der Geographie, ein äußerst lohnendes Exkursionsziel (HENNINGER & THIEL 2013, 145; HENNINGER & THYSSEN 2015; HENNINGER & THYSSEN 2015). Dennoch bildet die Tierwelt nur einen Teil der Lebewelt ab. Daher gilt es, auch die Pflanzenwelt interessant zu machen, schließlich kommt ihnen als Primärproduzenten eine herausragende Bedeutung zu.

2.2.3. Wandel der Ausrichtung Botanischer Gärten im Laufe der Zeit: Vom Hortus Medicus zum Grünen Klassenzimmer

Heute bieten Botanische Gärten vielfach Lehr-Lern-Angebote für Schulen an, was jedoch keine ursprüngliche Aufgabe der Botanischen Gärten ist. Dies sei nachfolgend in einem kurzen Abriss zur geschichtlichen Entwicklung der Botanischen Gärten erläutert.

Der Verbreitungsschwerpunkt Botanischer Gärten liegt in den gemäßigten Breiten, vor allem in Europa, aber auch in Nordamerika. Die Zahl der Botanischen Gärten im engeren Sinne (mit Anschluss an wissenschaftliche Einrichtungen) weltweit wird auf 700-750 geschätzt (BRANDES 2001, 1). Rauer et al. schreiben Deutschland weltweit die höchste Dichte an botanischen Gärten, bezogen auf die Landesfläche, zu. Dabei sind die Gärten von ihrer Tradition und ihren Aufgaben sehr verschieden (DEUTSCHLAND BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ 2000, 27).

Botanische Gärten dienen in erster Linie dem Studium der Pflanzen. Die ersten Gärten zu diesem Forschungszweck entstanden in Italien: 1543/44 in Pisa und 1545 in Padua. Letzterer ist der älteste noch existierende Botanische Garten. Weitere Errungenschaften der Epoche der Renaissance wie das Anlegen von Herbarien sowie der Buchdruck ermöglichten die rasche Entwicklung der klassischen systematischen Beschreibung der Pflanzenwelt. Insbesondere in Europa wurden in dieser Zeit zahlreiche Botanische Gärten gegründet (BRANDES 2001, 1).

Die im 15. und 16. Jahrhundert entstandenen und als *Hortus medicus* bezeichneten Gärten dienten der Sammlung und dem Anbau medizinisch genutzter Pflanzen für die Ausbildung angehender Ärzte und Apotheker. Die Botanik hatte sich bis zu diesem Zeitpunkt noch nicht als eigenständige Wissenschaft etabliert und stand noch völlig im Dienst der Heilkunde, welche von Medizinern gelehrt wurde (WINKEL 1990, 6; FISCHBECK-EYSHOLDT 2001). Wie aus Abb. 8 ersichtlich wird, hat das sich wandelnde Forschungsinteresse in Bezug auf die Pflanzenwelt die Ausrichtung universitärer botanischer Gärten in Laufe der Jahrhunderte stark beeinflusst.

Insbesondere die Entwicklung einer Pflanzensystematik, welche von Carl von Linné begründet wurde, etablierte das Anlegen pflanzensystematischer Abteilungen als essentielle Aufgabe der Gärten. Einen Zustrom neuer Pflanzentaxa aus fernen Ländern brachte schließlich die Zeit der Entdecker, sodass neben Verwandtschaftsbeziehungen nun auch geographische Verbreitungsmuster in *Horti geographici* kultiviert wurden (FISCHBECK-EYSHOLDT 2001, 6).

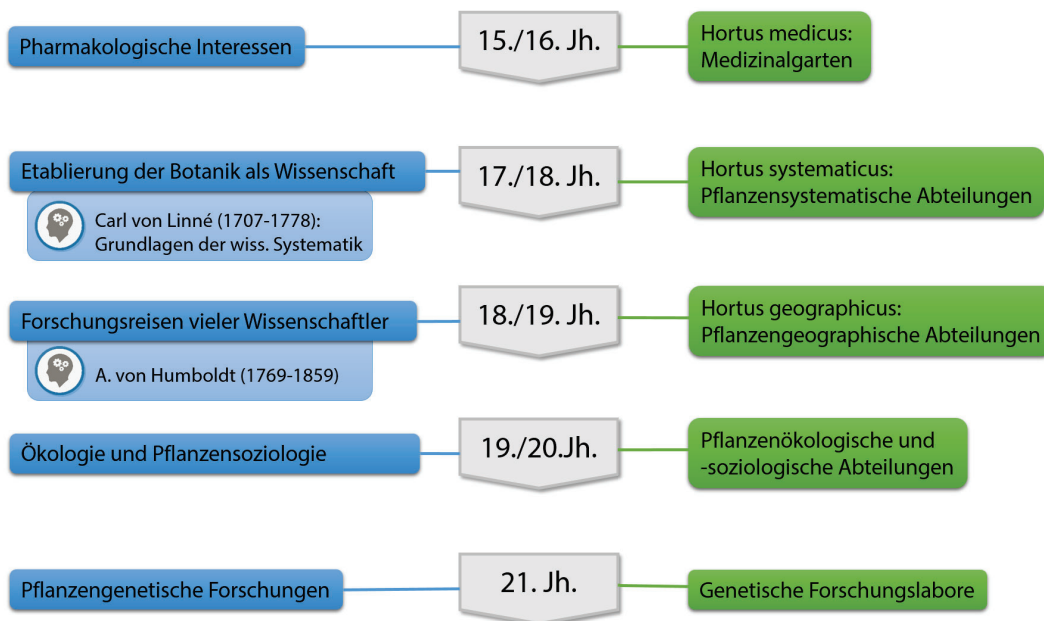


Abb. 8: Einfluss des Wissenschaftsinteresses im Bereich Botanik auf die Entwicklung universitärer botanischer Gärten (eigene Darstellung nach FISCHBECK-EYSHOLDT 2001, 6, verändert)

Im Laufe der Zeit verlagerten sich die Schwerpunkte des Forschungsinteresses in der Biologie. So gerieten die Botanischen Gärten um die Mitte des 20. Jahrhunderts in Vergessenheit und können nach Ansicht vieler der aktuellen Forschung keinen Dienst mehr erweisen (STRANK 1989; BRANDES 2001, 1).

Zwar steht die ursprünglich bedeutende Pflanzensystematik nicht mehr im Fokus aktueller Forschungen, dennoch dienen universitäre Gärten grundlegenden Forschungsaufgaben. So können hier im Rahmen der Freilandforschung z. B. Frostresistenzen, Sukzession und phänologische Aspekte untersucht werden (BRANDES 2001, 2–3). Nicht zuletzt können hier Pflanzen für genetische Forschungen mit Sicherheitsvorkehrungen kultiviert werden.

Für die universitäre Lehre stellen die Gärten Pflanzensammlungen zur Verfügung, anhand derer Studierende taxonomische Übungen durchführen. Auch für Praktika und Mikroskopierkurse liefern die Gärten frisches Pflanzenmaterial. Nicht zuletzt bieten sie auch Studierenden auf Freilandflächen und/oder Gewächshäusern Möglichkeiten für Langzeitexperimente (ebd., 4).

Zwar bieten diese neueren Ausrichtungen der Gärten keine Attraktion für Besucher, dennoch stellen Botanische Gärten ein Bindeglied zwischen Bevölkerung und Universität dar. Sie sind Anlaufstelle für deren gärtnerisch-botanische Fragen und bereichern durch Ausstellungen, Themenführungen, Vorträge und Bildungsangebote für Schulen das kulturelle Angebot einer Stadt.

Zusammenfassend dienen die Aufgaben Botanischer Gärten primär der Lehre und Forschung, Ausbau und Erhalt der Sammlungen und dem Artenschutz. Daneben spielt auch die Öffentlichkeitsarbeit eine Rolle, die *"im Sinne des Erweckens von Freude im Umgang mit Pflanzen"* etabliert werden soll (MELZHEIMER 1997, 120–124).

2.2.4. Rezeption vs. Konstruktion:

Gestaltung von Bildungsangeboten in Botanischen Gärten

Didaktische Feindimensionen beschreiben die Art der Wissensvermittlung. Hierbei wird insbesondere die Rolle des Lernenden herausgestellt, sowie die ästhetische und mediale Aufbereitung beschrieben (FREERICKS et al. 2017, 18). Sie stehen an den einzelnen außerschulischen Lernorten bzw. Bildungsangeboten in einer weiten Spannbreite, wie nachfolgende Abbildung zeigt (vgl. Abb. 9).



Abb. 9: Didaktische Feindimensionen außerschulischer Lernangebote (FREERICKS et al. 2017, 18)

In Botanischen Gärten sind die Pole dieser Feindimensionen insbesondere im Hinblick auf die Aktivität der Lernenden unterschiedlich gewichtet. Im Folgenden soll dies in der Gegenüberstellung von eher rezeptiven Angeboten der Führungen bzw. Informationstafeln und den aktivierenden Angeboten im Rahmen von Lernprogrammen dargestellt werden.

2.2.4.1. Führungen, Informationstafeln, Ausstellungen

Ähnlich wie in Museen bieten Schau- und Informationstafeln, Broschüren und thematische Gartenführern, sowie saisonalen Ausstellungen die Möglichkeit, dass sich Besucherinnen und Besucher nach eigenem Interesse über Pflanzen informieren und so informell weiterbilden können. Solche Besuche zeichnen sich dadurch aus, dass sich Besucher dort freiwillig aufhalten, Zeit, Intensität und Richtung selbst bestimmen; in der Regel bewegen sie sich nicht linear, sondern lassen sich „visuell leiten und werden hauptsächlich durch intrinsische Interessen, durch Neugier weckende oder zur Erkundung und Manipulation einladende Elemente, durch Phantastisches oder durch soziale Interaktion gelenkt“ (GRAF & NOSCHKA-ROOS 2009, 20; SCREVEN 1987, 230). Nach oben genannten Feindimensionen lässt sich dieses informelle Lernen wie folgt charakterisieren:

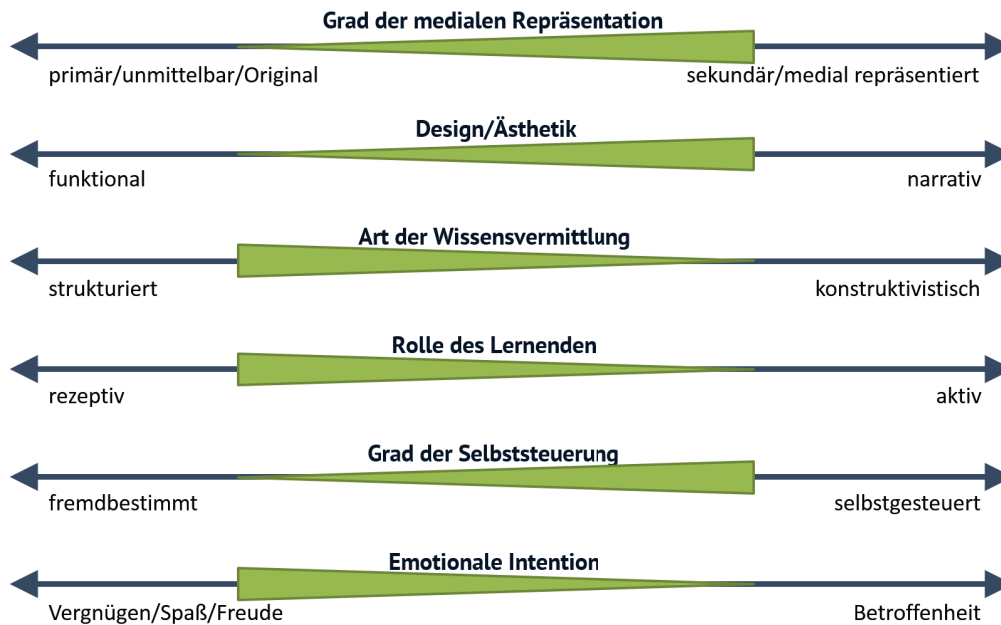


Abb. 10: Didaktische Feindimensionen der Wissensvermittlung über informelle Angebote in Botanischen Gärten (eigene Darstellung in Anlehnung an FREERICKS et al. 2017, 18)

Zwar können die Besucher selbstgesteuert eigenen Interessen folgen, jedoch muss schon ein gewisses Grundinteresse vorhanden sein, um beispielsweise Infotafeln vollständig zu lesen. Vorhandenes Vorwissen wird aufgegriffen und ggf. vertieft oder auch nur bestätigt. Zudem bleibt die Auseinandersetzung mit dem Original an der Oberfläche. Im Gegensatz zu diesen Angeboten für Einzelbesucher stehen folgende Angebote für Gruppen.

2.2.4.2. Lernprogramme und Grüne Klassenzimmer

Für geschlossen Gruppen wie Schulklassen bieten viele Botanische Gärten formale Lernangebote an. Dies reicht von Pflanzenabholprogramme für den Unterricht über geführte thematische Unterrichtsgänge bis hin zu Grünen Klassenzimmern mit didaktisch strukturierten, aufgabenbearbeitenden Lehr-Lern-Angeboten. Von den 75 im Verband Botanischer Gärten e.V. gelisteten Botanischen Gärten in Deutschland bieten 49 Bildungsangebote an; 31 davon steht ein Grünes Klassenzimmer zur Verfügung, wobei die finanzielle und personelle Ausstattung recht unterschiedlich ist (WÖHRMANN 2018, 1).

Grüne Klassenzimmer leisten als außerschulische Lernorte einen konkreten Beitrag zur Bildung für eine nachhaltige Entwicklung. Ihre Angebote stellen das Prinzip der Handlungsorientierung und die Begegnung mit dem Original in seiner direkten Umgebung in den Vordergrund. Die didaktischen Feindimensionen solcher formalen Bildungsangebote können demnach wie folgt beschrieben werden:

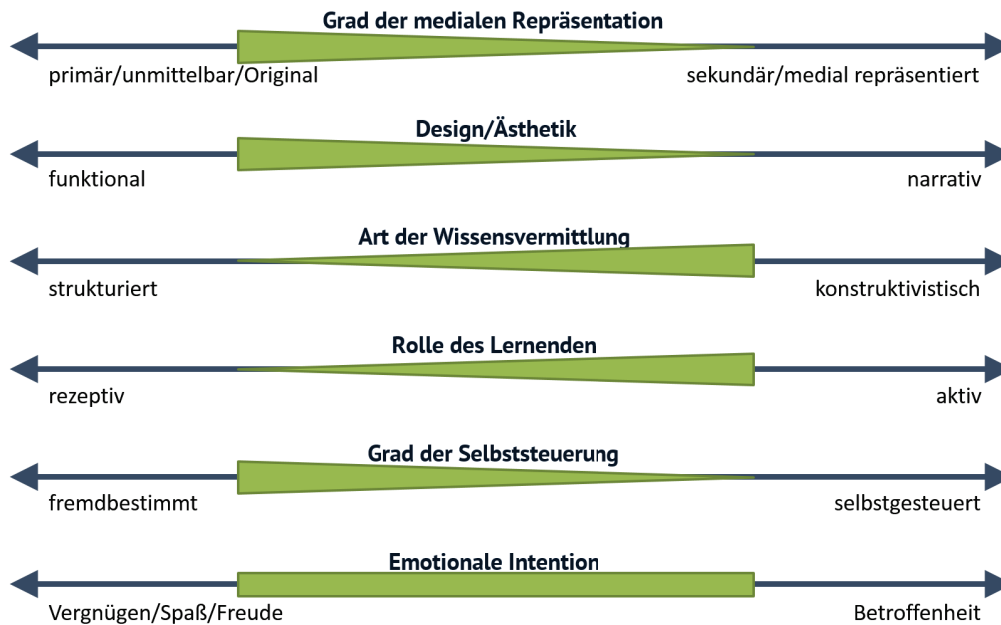


Abb. 11: Didaktische Feindimensionen der Wissensvermittlung über formale Angebote in Botanischen Gärten (eigene Darstellung in Anlehnung an FREERICKS et al. 2017, 18)

Zielsetzung ist neben der kognitiven Wissensvermittlung zur Artenkenntnis und ökologische Zusammenhänge insbesondere auch affektive Lernziele wie respektvoller Umgang mit der Lebewelt, Erreichen von positiven Einstellungen gegenüber Pflanzen und Anbahnung eines Verantwortungsbewusstseins als Grundlage für nachhaltiges Handeln.

Neben dem außerschulischen Lernen als methodische Großform der Geographie- (und Biologie-) didaktik kommt im Lernzirkel eine weitere aktuelle Methode zum Einsatz, die Nutzung digitaler Medien.

2.2.5. Mobiles, ortsbezogenes Lernen

Die Allgegenwärtigkeit mobiler Endgeräte (u. a. Smartphones, Tablet-PCs, E-Reader, Wearables) hat bereits die Art und Weise verändert, wie Menschen sich informieren und miteinander kommunizieren. Auch das Lernen und Arbeiten hat sich verändert, sodass mobile Learning formales mit informellem Lernen verbindet (WITT & GLOERFELD 2018a, 1). Unter mobile Learning werden Lehr-Lernformate aller Bildungskontexte subsumiert, die sich tragbarer digitaler Technologien bedienen (SEIPOLD 2018, 15). Dieser Begriff ist sehr weit gefasst und hat nur die Technologie im Fokus; die besondere Qualität mobilen Lernens ebenso wie die Frage nach Zeit, Raum und Kontext bleiben unberücksichtigt. Froberg (2008, 6) fasst den Begriff enger: „Als Mobile Learning werden pädagogisch motivierte, nachhaltige Handlungen (Lernen, Lehren, Lernunterstützung und Lernlogistik) angesehen, wenn dabei in maßgeblichem

Umfang mobile Computertechnologie in mobilen Kontexten zum Einsatz kommt und diese einen deutlichen Mehrwert beinhaltet oder zumindest eine signifikante Verhaltensänderung bewirkt.“

Das Lernen mit mobilen Endgeräten wurde durch die Entwicklung immer leistungsfähiger Smartphones und Tablet-PCs und dem Ausbau der Netzabdeckung immer selbstverständlicher und ermöglicht zeit- und ortsunabhängig Zugang zu Informationen. Aufgrund der permanenten technologischen Weiterentwicklung fordert mobile Learning insbesondere auch didaktische Innovationen. Somit greifen bildungswissenschaftliche Trends auch Begriffe wie Kontextualisierung und Lernendenorientierung auf (WITT & GLOERFELD 2018a, 1). Das Lernen mit mobilen Endgeräten und Apps ermöglicht differenziertere und abwechslungsreichere Lehr- und Lernformate als bisher, lässt sich jedoch auch mit bestehenden didaktischen Methoden verbinden (WITT & GLOERFELD 2018b, 10). Evaluationsstudien zum Einsatz mobiler digitaler Medien belegen, dass in solchen Lernumgebungen schülerorientierte Unterrichtsmethoden bzw. die aktive Nutzung der Geräte durch die Lernenden im Vordergrund stehen. Zusätzlich wird der Anteil kooperativen Lernens erhöht. Mobile digitale Medien werden häufig in Projektarbeiten oder für problembasierte Lernarrangements genutzt (SCHAUMBURG & PRASSE 2019, 218). Sung, Chang und Liu berichten in ihrer Meta-Studie (2016, 258) von einer signifikante Erhöhung der Lernleistung beim Einsatz mobiler digitaler Medien im Rahmen von problembasierten, forschenden und entdeckenden Lernarrangements im Schulunterricht.

Neben dem Einsatz mobiler Endgeräte im Unterricht im Klassenzimmer, z. B. durch das Erstellen von Erklärvideos durch die SuS, bietet mobiles Lernen gerade im Bereich des außerschulischen Lernens ein enormes Potential, das eine Brücke zwischen Kontext und Lernendem baut. Ein mobiles Lernsetting im Botanischen Garten kann einerseits Originale inszenieren, andererseits können Informationen im direkten Bezug zum Original besser nachvollzogen werden.

Lernen mit mobilen Endgeräten hat sich bereits etabliert, der anfängliche Hype hat sich gelegt: Gartner's Hype-Zyklus (vgl. Abb. 12) beschreibt den Lebenszyklus von Technologien von der Innovation als Auslöser über den „Gipfel der überzogenen Erwartungen“ durch das „Tal der Enttäuschungen“ zum „Plateau der Produktivität“.

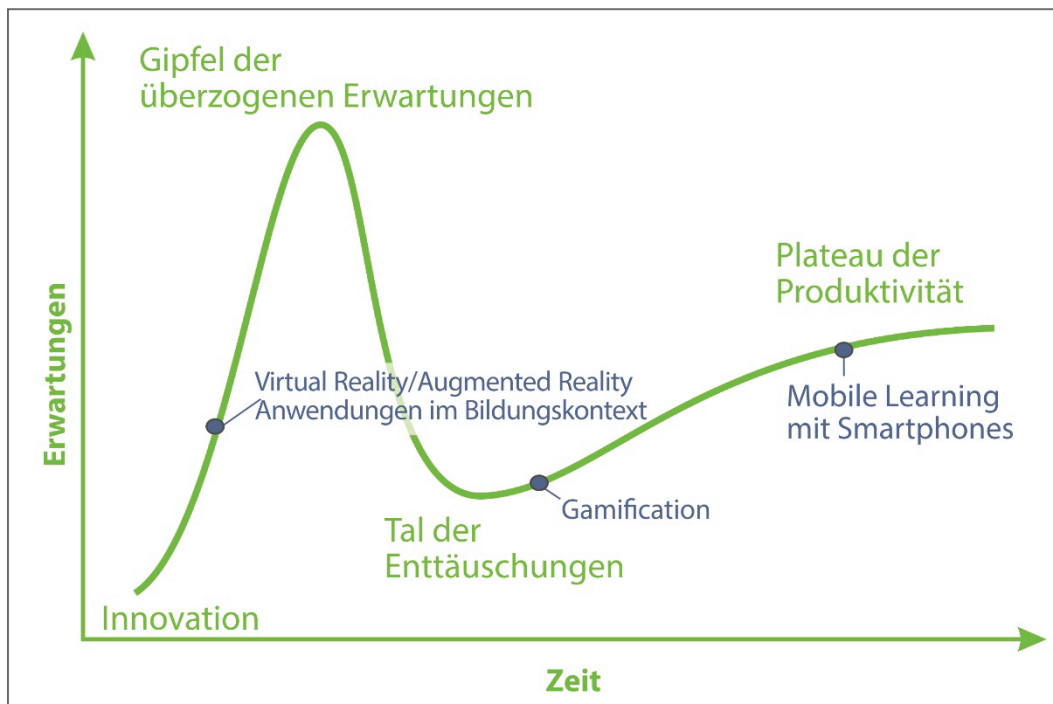


Abb. 12: Etablierung ausgewählter digitaler Elemente im Bildungskontext im Hype Cycle nach Gartner 2016 (eigene Darstellung nach (O'LEARY 2008) und (LOWENDAHL 2016))

In diesen Zyklus werden jährlich Technologien und technologienahe Konzepte für unterschiedliche Bereiche (v. a. Wirtschaft) analysiert und eingeordnet. In Bezug auf Technologien für den Bildungsbereich hat mobiles Lernen mit Smartphones bereits in 2016 das „Plateau der Produktivität“ erreicht (ebd.). Nach dem anfänglichen Hype und der Erkenntnis, dass die mobile Technologien nicht alle Erwartungen erfüllen können, setzt nun der Trend ein, Potenziale mobilen Lernens realistisch einzuschätzen und Lernumgebungen zu schaffen, die sich der Vor- und Nachteile bewusst sind (MAYRBERGER 2018, 69). Somit kann bei der Entwicklung des Lernzirkels auf bereits erprobte Konzepte zur Gestaltung mobiler Lernsettings zurückgegriffen werden und dennoch SuS, die noch nicht mit Tablet-PCs im schulischen Kontext gearbeitet haben, eine erste Erfahrung bieten.

Da sich der Lernzirkel auf die Originale und Experimentierstationen im Botanischen Garten bezieht und situiertes, authentisches Lernen an einem konkreten Orten ermöglicht, zudem die Nutzung des Lernzirkels nicht individuell, sondern im Klassenverband erfolgt, ist hier eine deutliche Abgrenzung zum Allgemeinverständnis von mobilem Lernen zu sehen und ist vielmehr dem ortsbezogenen, situierten mobilen Lernen (fixed location m-learning) zuzuordnen. Hierbei werden die Lernenden mithilfe mobiler Endgeräte an den Lernort geführt, lösen dort Arbeitsaufträge, bereiten ihre Ergebnisse auf und veröffentlichen sie gegebenenfalls (SCHAAL 2013, 33). Insbesondere die GPS-

Funktion der Endgeräte ermöglicht eine Navigation im Realraum, aber auch eine verortete Dokumentation der Befunde vor Ort.

Seamless learning bezieht sich auf die Integration von Lernerfahrungen über verschiedene Dimensionen hinweg. Dabei bezieht es insbesondere die Überwindung von Grenzen zwischen formalen und informellen Lernkontexten, individuellen und sozialen Lernformen sowie physischer und virtueller Welt ein (WONG & LOOI 2011, 2364). Dabei ist seamless Learning kein didaktisches Gestaltungsmodell, sondern zielt darauf ab, Lücken zwischen den Kontexten aufzudecken und auf Übergänge dazwischen hinzuweisen (WONG et al. 2015; GLAHN & GRUBER 2018, 307). Das Konstrukt des mobile seamless learning zielt darauf ab, mobile Endgeräte möglichst nahtlos im Lehr-Lern-Kontext zu integrieren. In Abgrenzung zum Seamless learning-Ansatz, der auf eine Verschmelzung digitaler und realer Welt abzielt, möchte der vorliegende Lernzirkel die digitale Lernumgebung nutzen, um die Auseinandersetzung mit dem Original im Sinne einer geographiedidaktischen Realbegegnung zu stärken.

Heutzutage steht eine Vielzahl an Apps für Smartphones und Tablet-PCs zur Verfügung, die es ermöglichen, ortsbezogenes mobiles Lernen bei Erkundungen im Rahmen von Exkursionen oder auch nur kurzen Unterrichtsgängen in den Unterricht einzubinden, um so raum- und kontextbezogenes, situiertes Lernen zu ermöglichen. Neben Geocaching und QR-Code-Ralleys sei hier die App Actionbound erwähnt, die die Gestaltung und Nutzung einer digitalen Schnitzeljagd, eines digitalen Lehrpfads oder eines multimedialen Guides auf Exkursionen oder außerschulischen Lernorten möglich macht. Im Geographieunterricht eignen sich neben Verkehrszählungsapps auch Kartierungsanwendungen wie Lärmkartierungsapps oder Openstreetmap-basierte Apps, z. B. „Go Map!“, „Wheelmap“ zum Ergänzen bestehender Karten. Der Biologieunterricht kann insbesondere durch Pflanzenbestimmungsapps oder Artenfinder-Portale sinnvoll ergänzt werden.

2.2.6. Aus lerntheoretischen Ansätzen abgeleitete didaktische Prinzipien für die Steuerung von Lernprozessen im Lernzirkel

Aus den in Kapitel 2.1 beschriebenen lerntheoretischen Ansätzen lassen sich folgende didaktische Gestaltungsprinzipien für das Instruktionsdesign medienbasierter Lehrszenarien ableiten:

Behaviorismus

- ein kleinschrittiges Vorgehen, bei dem der Lerninhalt in viele einzelne Lernschritte untergliedert wird,

- ein kontinuierliches Feedback zum Lernfortschritt
- eine stringente Führung durch das Lernprogramm, die wenig Freiräume lässt.

Bei diesen Lernumgebungen stehen üben und trainieren eines vorgegebenen Lernstoffs im Fokus. Nach jeder Übung erfolgt stets unmittelbar eine Rückmeldung. Als Beispiel seien hier Vokabeltrainer genannt (ARNOLD 2005, 7).

Kognitivismus

Zu den Gestaltungsprinzipien des Instruktionsdesigns basierend auf kognitivistischen Ansätzen zählt (EULER 1994, 297) folgende Elemente:

- Fakultative Lernersteuerung:
Lernenden sollten Auswahlmöglichkeiten bezüglich der Bearbeitungstiefe und Chronologie der Arbeitsschritte angeboten werden, um zu ermöglichen, die Inhalte nach den individuellen Bedürfnissen und Interessen erarbeiten zu können.
- Realitätsnahe Umsetzung:
Werden Informationen realitätsnah dargeboten, können diese ggf. an subjektive Erfahrungen angeknüpft werden. So können neue Lerninhalte leichter in bestehende Wissens- und Denkstrukturen eingeordnet werden.
- Gestuften Hilfen:
Den aktuellen Lernstand und Lernfortschritt berücksichtigend, wird dem Lernenden angepasste Hilfen angeboten.

Solche intelligenten tutoriellen Lernumgebungen haben zum Ziel, den Lernprozess individuell an den Lernstand anzupassen. Dafür sind allerdings Kenntnisse zu Vorkenntnissen, Interessen und Tests nach einzelnen Lernabschnitten nötig (ARNOLD 2005, 8–9). Aufgrund dieser hohen Komplexität eignen sie sich eher für Angebote an homogene Gruppen. Zwar sind Wahlmöglichkeiten und Binnendifferenzierung der kognitivistischen Theorie zuzuordnen, doch die Annahme, dass Wissen von außen steuerbar ist, entspricht dem behavioristischen Grundgedanken (ebd.).

Das digitale Medium in kognitivistischen Lernsettings dient der Vermittlung klar definierter Lerninhalte und somit als Transfermedium für deklaratives Wissen. Lernziele werden im Vorfeld formuliert, Methoden vorgegeben, sodass der Lehrende steuernde und kontrollierende Funktion hat (ebd., 10).

Konstruktivismus

In Lernumgebungen nach dem konstruktivistischen Ansatz sollen Lernende sich prinzipiell selbstgesteuert und aktiv mit ihrer Umwelt auseinandersetzen. Die Lehrenden haben hier eine unterstützende und beratende Funktion (ebd.).

Zu den konstruktivistischen Gestaltungsmerkmalen von Lehrszenarien gehören (ARNOLD et al. 2004; BLUMSTENGEL 1998; MANDL et al. 1997; REINMANN et al. 1994; zitiert in ARNOLD 2005, 10–11):

- Design authentischer Lehr-Lern-Szenarien, die komplexe Problemstellungen bieten.
- Bereitstellung einer Auswahl an unterschiedlichen Werkzeugen und Lernressourcen für aktive Konstruktionsprozesse, die der Lernende selbst auswählen kann.
- Perspektivenwechsel: Der Lerngegenstand wird aus verschiedenen Perspektiven und in unterschiedlichen Anwendungskontexten beleuchtet
- Kommunikation und Kooperation der Lernenden untereinander
- Einbindung von Reflexionsmöglichkeiten zu den gewählten Problemlösungsstrategien

Gerade Lernsettings, die auf konstruktivistischen Ansätzen fundieren, wird eine positive Auswirkung auf Formen der interessenbasierten Lernmotivation zugeschrieben (FREERICKS et al. 2017, 12; GEYER 2008).

Auch die Theoriebildung im Bereich Mobile Learning ist durch didaktische Modelle und theoretischer Ansätze geprägt. So integriert das Modell „The Framework for the Rational Analysis of Mobile Education (FRAME)“ von Koole (2009) technische Merkmale mit sozialen und individuellen Aspekten des Lehrens und Lernens mit mobilen Medien. Zentrales Element ist die mobile Lernerfahrung in einem informationellen Kontext. Das mobile Lernen wird in diesem Modell als Prozess betrachtet, in dem sich Lernende zwischen physischen und virtuellen Orten bewegen und dadurch mit verschiedenen Systemen und Informationsquellen interagieren (BUCHEM 2018, 57; KOOLE 2009). Filho & Barbosa (2013) haben folgende Designrichtlinien für mobile Lernanwendungen zusammengestellt:

Richtlinie	Beschreibung
Prägnanz	Kurze Lernmodule bereitstellen (ca. 5 Minuten pro Modul)
Aktion	Direkte und praktische Lernaktivitäten anbieten
Erreichbarkeit	Garantie, auf Lerninhalte und Daten unabhängig vom Standort der Nutzer/ Nutzerinnen und der Tageszeit zugreifen zu können
Unmittelbarkeit	Lerninhalte und Daten nach der Abfrage durch Lernende direkt übermitteln
Dauerhaftigkeit	Lernfortschritte und generierten Inhalt speichern
Intuition	Eine fehlerresistente und selbsterklärende Benutzungsschnittstelle bereitstellen
Multimedia	Verschiedene Medien (Audio, Video, Text, Bild) zur Darstellung von Lerninhalten nutzen
Variabilität	Lerninhalte durch verschiedene Medien präsentieren
Adaption	Präsentation der Lerninhalte an Lernende und deren Umgebung anpassen
Kontext	Lerninhalte mit der natürlichen Umgebung assoziieren
Interaktivität	Kollaborationsmöglichkeiten zwischen mehreren Lernenden bereitstellen
Aktualität	Lerninhalte und Darstellungen kontinuierlich erneuern und verbessern

Tab. 1: Designrichtlinien für die Erstellung von mobilen Lernanwendungen nach (FILHO & BARBOSA 2013, zitiert in KÜHN & LAMPERT 2015)

Nach der Cognitive Load Theory (vgl. Kap. 2.1.2) erzeugt die Darbietungsart, in der die Lerninhalte angeboten werden eine zusätzliche Belastung für das Arbeitsgedächtnis. Diese Extraneous Load gilt es, durch geeignete Art und Weise der Vermittlung zu reduzieren (SCHRÖDER et al. 2003, 65).

Die Darbietung von Inhalten im Videoformat bietet aus kognitionspsychologischer Sicht den Vorteil, dass gleichzeitig Audio- und visuelle Kanäle des Gehirns aktiviert werden, während bei Texten (auch Texte mit Bildern) vor allem auf kleineren mobilen Endgeräten der Cognitive Load größer sein kann (MANIAR et al. 2008; POXLEITNER 2018).

2.3. Lernen mit (digitalen) Medien

Die überwiegend quantitativ ausgerichtete Mediennutzungsforschung erhebt Nutzungsgewohnheiten, -umfang und -muster, sowie Daten zu Medienausstattung, um Entwicklungen und Veränderungen in der Gesellschaft zu belegen. Sie liefert wichtige Datensätze für vergleichende Studien wie beispielsweise die Jugendmedienstudien (KIM- und JIM-Studien) des Medienpädagogischen Forschungsverbunds Südwest (MEDIENPÄDAGOGISCHER FORSCHUNGSVERBUND SÜDWEST 2016; PIETRAß 2010, 503). Sie liefern Belege für den digitalen Wandel in der Gesellschaft.

In Bezug auf die Anpassung der schulischen Bildung auf diese sich verändernden gesellschaftlichen Anforderungen hat die Kultusministerkonferenz (KMK) sich mit der Digitalisierung im Bildungsbereich eingehend beschäftigt. Die Digitalisierung wird hier verstanden als *"als Prozess, in dem digitale Medien und digitale Werkzeuge zunehmend an die Stelle analoger Verfahren treten und diese nicht nur ablösen, sondern neue Perspektiven in allen gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Bereichen erschließen, aber auch neue Fragestellungen z. B. zum Schutz der Privatsphäre mit sich bringen. Sie ist für den gesamten Bildungsbereich Chance und Herausforderung zugleich."* (KULTUSMINISTERKONFERENZ 2016, 8). Als Herausforderungen des digitalen Wandels im schulischen Bereich gelten die kritische Überprüfung und ggf. Erweiterung der Bildungsziele auf der übergeordneten Planungsebene sowie die Anpassung bisher praktizierter Lehr- und Lernformen sowie der Strukturen von Lernumgebungen auf der Anwendungsebene (ebd.). Eine angepasste Unterrichtsgestaltung mit sinnvoller Einbindung digitaler Lernumgebungen verändert die Gestaltungsmöglichkeiten des Unterrichts. Auf Seite der Lernenden muss sich der kompetente Umgang mit digitalen Medien als unverzichtbare neue Kulturtechnik entwickeln, die die traditionellen Kulturtechniken wie Lesen, Schreiben und Rechnen ergänzt (ebd., 13). Diese Vorgaben auf Bundesebene müssen auf Landesebene entsprechend in Lehrplänen und Medienbildungsstrategien umgesetzt werden. Der digitale Wandel kann dabei nur schrittweise erfolgen, denn die Lernprozesse können sich nicht ad hoc ändern. Derzeit belegt die Metastudie des Zentrums für internationale Bildungsvergleichsstudien an der Technischen Universität München „Digitale Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe“, dass es (noch) ungünstig ist, wenn digitale Lernumgebungen den klassischen Unterricht vollständig ersetzen. Der positive Einfluss digitaler Unterrichtsmedien auf die Leistung der Lernenden ist gegenwärtig höher, wenn neben digitalen Medien zusätzlich traditionelle Materialien zum Einsatz kommen (HILLMAYR et al. 2017, 11). Dem geschuldet gilt

es, in dieser Phase des digitalen Wandels sowohl bei der Konzeption als auch in der Evaluation und Re-Design der Lernumgebung, Vor- und Nachteile multimedialer Lernmaterialien gegenüber denen der bereits etablierten Darbietungsformen abzuschätzen.

Um den Einführungsprozess mobilen Lernens in der Schule zu strukturieren, wird von (ROMRELL et al. 2014; BRESGES 2018) das SAMR-Modell von (PUENTEDURA 2013) empfohlen. Dabei erfolgt die Einführung in vier Stufen:

1. *Substitution*: Zunächst werden Arbeitsmaterialien und Aufgabenstellungen nicht mehr papierbasiert, sondern als PDF oder digital auf einem Tablet-PC repräsentiert. Eine funktionale Verbesserung für den Unterricht wird hier noch nicht erreicht, es ist ein erstes Herantasten an das neue Format.

2. *Augmentation*: Auch hier ändert sich die Unterrichtsstruktur kaum, es werden jedoch den SuS mehrere Optionen angeboten, eine Aufgabe zu bearbeiten. Das Portfolio erfährt einen Zuwachs an Präsentationswerkzeugen, aber auch Rechenwerkzeugen oder digitale Karten und anderen Materialien.

3. *Modifikation*: In dieser Stufe zeigen sich die Vorteile digitaler Umsetzung deutlicher, dass Aufgabenformate das Nutzen digitaler Medien erzwingt und nicht wie zuvor eine optionale Erweiterung darstellt. Hier sind beispielsweise Video-Reportagen als Lernprodukte oder Messwerterfassung mit Smartphones zu nennen.

4. *Redefinition*: Unterricht wird auf dieser Ebene hinsichtlich der Möglichkeiten von mobilem Lernen völlig neu durchdacht, was sich in der Auflösung räumlicher und zeitlicher Begrenzungen zeigt (z. B. durch Flipped-Classroom-Aktivitäten).

Innerhalb einer Schule können Lehrpersonen durchaus auf unterschiedlichen Stufen arbeiten, das Modell ist demnach als Kontinuum zu verstehen (BRESGES 2018, 617–618). „Analoge“ Lehr-Lernmaterialien werden sukzessive durch digitale Pendant ergänzt und ersetzt, bis schließlich neue Lehr-Lern-Settings entstehen.

Die Medienwirkungsforschung erforscht die während des Kommunikationsvorganges auftretenden Einstellungsänderungen, Behaltenseffekte sowie Einflussnahme auf Aufmerksamkeit und Verhalten (PIETRAB 2010, 503). In diesem Kontext hebt Weidenmann hervor, dass multimediale Lernumgebungen Interesse und flexibles Denken fördern (WEIDENMANN 2009, 83). Durch die Multifunktionalität neuer Medien kann das Lernangebot zusätzlich affektiv aufgeladen werden und dadurch interessanter

und abwechslungsreicher dargeboten werden (LANG 2003, 34). Die Metastudie „Digitale Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe“ legt weiterhin dar, dass der Einsatz digitaler Medien im Fachunterricht zu einer Steigerung der Motivation führt. SuS, die mit digitalen Medien lernten zeigten gegenüber SuS in Klassen, in denen traditionelle Methoden und Medien zu Einsatz kamen, eine positivere Einstellung gegenüber dem Unterrichtsfach. Angemerkt wird hier jedoch, dass bei gesteigertem Interesse oder höherer Motivation oft der Neuheitseffekt zum Tragen kommt (HILLMAYR et al. 2017, 19).

Die vorliegende Arbeit möchte zwar den motivierenden Effekt der Nutzung eines Tablet-PCs im Gegensatz zu einer Papierversion nutzen, jedoch gilt es zum einen, diese anfängliche Motivation zu erhalten, indem Frustration durch die Tabletnutzung vermieden wird. Zudem soll die Motivation von der Hardware auf die Lerninhalte gelenkt werden, um das Interesse an Pflanzen zu wecken – ein immersives Lernen nicht in Bezug auf virtuelle Welt, sondern auf physische Lernumgebung wird angestrebt.

Den digitalen Wandel in der Schule zu begleiten ist eine komplexe Aufgabe, die verschiedenen Ebenen betrifft (PETKO 2014, 135–154):

- Bildungskontext: Bildungsziele und –vorgaben -> Lehrpläne und Curricula
- Schulleitung: Strategieentwicklung und Etablierung einer digitalen Schulkultur
- Infrastruktur: Hardware, Software, Content, Wartung
- Lehrkräfte: Unterstützung durch Weiterbildung Beratung und Austausch
- Unterricht: Methoden und Medien
- Lernende: Medienwissen und –gewohnheiten

Als ausgeprägte Veränderungen entwickelt sich neben einer stärkeren Eigenaktivität der Lernenden, eine selbstständige Informationsgewinnung, sowie die Kommunikation und Zusammenarbeit der Lernenden (SCHULZ-ZANDER 2005, 126).

Die Kultusministerkonferenz hat in ihrem oben genannten Strategie-Papier sechs Kompetenzbereiche zur "Kompetenzen in der Digitalen Welt" zusammengefasst (KULTUSMINISTERKONFERENZ 2016, 16–18). Davon werden im Rahmen des vorliegenden Konzeptes des Lernzirkels folgende Bereiche aufgegriffen:

1. Suchen, Verarbeiten, Aufbewahren
 - 1.2. Auswerten und Bewerten
 - 1.2.1. Informationen und Daten analysieren, interpretieren und kritisch bewerten
2. Kommunizieren und Kooperieren
 - 2.3 Zusammenarbeiten:
 - 2.3.1 Digitale Werkzeuge für die Zusammenarbeit bei der Zusammenführung von Informationen, Daten und Ressourcen nutzen
 - 2.3.2 Digitale Werkzeuge bei der gemeinsamen Erarbeitung von Dokumenten nutzen
3. Produzieren und Präsentieren
 - 3.2 Weiterverarbeiten und Integrieren
 - 3.2.1. Inhalte in verschiedenen Formaten bearbeiten, zusammenführen, präsentieren und veröffentlichen oder teilen
5. Problemlösen und Handeln
 5. 1 Technische Probleme lösen
 - 5.1.2. Technische Probleme identifizieren
 - 5.1.3. Bedarfe für Lösungen ermitteln und Lösungen finden bzw. Lösungsstrategien entwickeln
 - 5.3. Eigene Defizite ermitteln und nach Lösungen suchen
 - 5.3.1. Eigene Defizite bei der Nutzung digitaler Werkzeuge erkennen und Strategien zur Beseitigung entwickeln
 - 5.4 Digitale Werkzeuge und Medien zum Lernen, Arbeiten und Problemlösen nutzen

Nach Formulierung der Lernziele und Festlegung der didaktischen und methodischen Überlegungen stellt sich bei der Gestaltung von Unterricht - sei es nun im oder außerhalb des Klassenzimmers - die Frage nach angemessenem Medieneinsatz, der abwechslungsreich und dramaturgisch durchdacht sein sollte. Grundsätzlich sollten Medien gewählt werden, mit denen sich die Aufmerksamkeit am ehesten gewinnen lässt. Neben diesen grundlegenden Überlegungen zum Einsatz von Tablet-PCs für den Lernzirkel, sind die Auswahl der Darstellungsform und Gestaltung der multimedialen Arbeitsmaterialien zentrale Elemente der Entwicklungsschritte der Lernumgebung (RINSCHÉDE 2009, 76).

Da die Geographie eines der medienintensivsten Schulfächer ist (vgl. Kap. 1), rücken für fachdidaktische Entscheidungen insbesondere die Klassifizierung von Medien nach den Repräsentationsebenen bzw. dem Abstraktionsgrad in den Vordergrund. Sie werden nach (ebd., 307) wie folgt beschrieben.:

Objektale Medien: Gegenständliche Objekte, die selbst der Veranschaulichung dienen (z. B. Pflanzen, Gesteine, Gebrauchsgegenstände, Modelle)

Ikonische Medien: Medien, die optische und / oder akustische Informationen vermitteln (z. B. Zeichnungen, Grafiken, Fotos, Filme) und spezielle Darstellungen zur Veranschaulichung nutzen

Symbolische Medien: Medien, die eine spezielle Symbolik verwenden (Text, Kartenmaterial, Pläne, Diagramme)

Eine Analyse des geeigneten Medieneinsatzes und Überlegungen zum Re-Design sind Gegenstände der Evaluationsphase. Erkenntnisse aus ausgewählten Forschungsfeldern zum Themenfeld „Bildung mit Medien“ wie beispielsweise Disziplinen der Medienbildungsforschung und der Bildungsmedienforschung sind hierfür heranzuziehen.

Mediendidaktik

Für die Gestaltung von Unterricht - auch an außerschulischen Lernorten - ist es somit essentiell, den adäquaten Einsatz digitaler Medien und Werkzeuge zu planen, durchzuführen und zu reflektieren. Daher muss im Rahmen der Entwicklung dieses Lehr-Lern-Angebotes neben den fachdidaktischen Überlegungen auch mediendidaktische Erkenntnisse einbezogen werden. Der Begriff der Mediendidaktik ist nicht eindeutig definiert; aus medienpädagogischer Perspektive wird sie sehr allgemein als ‚Lernen mit Medien‘ gegenüber der Medienerziehung als ‚Lernen über Medien‘ abgegrenzt (MAYRBERGER & KUMAR 2014, 46; HOFFMANN 2003; PETKO 2014; TULODZIECKI et al. 2010). Da sich die vorliegende Arbeit eher auf didaktisch begründeten Medienentscheidungen bezieht, findet hier folgende Umschreibung Anwendung: „Mediendidaktik befasst sich mit den Funktionen, der Auswahl, dem Einsatz (einschließlich seiner Bedingungen und Bewertung), der Entwicklung, Herstellung und Gestaltung sowie den Wirkungen von Medien in Lehr- und Lernprozessen. Das Ziel der Mediendidaktik ist die Optimierung dieser Prozesse mithilfe von Medien“ (MAYRBERGER & KUMAR 2014, 46; WITT & CZERWIONKA 2013; HÜTHER 2010).

Mediendidaktische Forschungen umfassen zum einen deskriptive Arbeiten, die Strukturen und Prozesse des Lehrens und Lernens beschreiben. Zum anderen

umschreiben präskriptive Ansätze Modelle über das optimale Lehren und Lernen mit digitalen Medien. Diese sollten die „relevanten mediendidaktischen Entscheidungsdimensionen und -alternativen zunächst beschreiben und dabei zurückhaltend sein mit Empfehlungen über die „richtige“ didaktische Methodik. Sie sollten die möglichen Varianten und Konsequenzen darstellen und ggf. auf vorliegende Erfahrungen hinweisen.“(KERRES 2000, 122).

Aus Sicht der Unterrichtsgestaltung ist es naheliegend, die Mediendidaktik als Querschnittsdisziplin zu begreifen, die sowohl in Bezug zur Allgemeinen Didaktik aber auch zu den Fachdidaktiken steht, da sie zur Vermittlung von Inhalten in den verschiedenen Schulfächern einen Beitrag leisten kann (PETKO 2014, 157). In der Geographiedidaktik sehen Budke und Kanwischer (2015, 53) hier ebenfalls Anknüpfungsmöglichkeiten. Insbesondere gesellschaftliche Prozesse und Themen (z. B. Klimawandel, Mediatisierung) erfordern fachwissenschaftliche und bildungswissenschaftliche Erkenntnisse in Bezug auf Lernprozesse, sowohl innerhalb, als auch außerhalb der Schule (außerschulisches Lernen, informelles Lernen). Nicht nur in Bezug auf Gestaltung von Unterrichtsmaterialien mit mobilen Medien gibt es Veränderungen. Auch für die Bewertung von Beiträgen der Lernenden, z. B. in Form von Interaktionen, medialen Produkten und von den Nutzern generierte Daten müssen neue Evaluationsschemata entwickelt werden. Zudem sind auch rechtliche Fragen (z. B. Bildrechte, user generated content) in diese Überlegungen mit einzubeziehen (BUCHEM 2018, 56).

Die Analyse und das Re-Design einzelner Stationen des Lehr-Lernkonzeptes verfolgt auch das Ziel der Optimierung der Interaktionsprozesse mithilfe von Medien. So sollen ggf. unterschiedliche Varianten der Informationsdarbietung erprobt und deren Konsequenzen dargestellt werden.

Medienrezeptionsforschung

Im Kontext der Bildungsforschung widmet sich die Medienrezeptionsforschung der Frage, wie wir Medieninhalte selektieren, verarbeiten und erleben (BILANDZIC et al. 2015, 11). Neben der kognitiven Ebene erforscht sie somit auch die von Medieninhalten evozierten Gefühle und Stimmungen auf der affektiven Ebene. Zudem bezieht die konative Ebene verhaltensbezogene motivationale Prozesse des Wünschens und Wollens, die durch Medienangebote ausgelöst werden, mit ein (BONFADELLI & FRIEMEL 2015, 115). Um diese Erlebnisweisen zu deuten und individuelle Bildungsprozesse sichtbar zu machen, arbeitet die Rezeptionsforschung überwiegend mit innovativen qualitativen Forschungsdesigns (PIETRAß 2010, 503). Eine Besonderheit der Medienrezeption

ist ihr grundsätzliches Potenzial des Erlebens und damit einer ästhetischen Erfahrung (SEEL 1998).

Im Rahmen der Entwicklung der Stationen unter Berücksichtigung positiver Lernemotionen spielt somit auch die Ästhetik eine Rolle. Dem geschuldet wurde ein einheitliches Design für die Darstellungen multimedialen Informationen in der App sowie der zugehörigen Printmaterialien vor Ort entwickelt.

3. Entwicklung des Grundkonzeptes

In den nachfolgenden Ausführungen werden zunächst die Rahmenbedingungen zur Etablierung des Lernangebotes im Botanischen Garten der TU Kaiserslautern dargelegt. Daran schließen sich didaktische und methodische Überlegungen an. Ausgewählte fachliche Inhalte der Biologie und Geographie beleuchten die Anpassungsstrategien der Pflanzen und stellen die Ökozonen vor.

3.1. Analyse der Planungsvoraussetzungen

Zu den Rahmenbedingungen zählen insbesondere die Ausstattung des Botanischen Gartens selbst. Für die digitale Umsetzung mittels einer mobilen Applikation spielen weiterhin technische Herausforderungen eine Rolle. Zudem sollte auch der Bildungsmarkt mit ähnlichen Angeboten im näheren Umfeld betrachtet werden.

3.1.1. Praktische Möglichkeiten und Grenzen des Fachbereichsgartens der Biologie als außerschulischer Lernort

Der Fachbereichsgarten der Biologie der TU Kaiserslautern (TUK) beheimatet auf rund 10.000 m² in etwa 3.000 Pflanzenarten. Zu den Kernaufgaben des Gartens zählt in erster Linie die Unterstützung von Forschung und Lehre durch die Bereitstellung von Einrichtungen und Pflanzen für Wissenschaftler, Dozenten und Studierenden. Darüber hinaus zählt er zu den größten Ausbildungsbetrieben der Westpfalz im Lehrberuf Zierpflanzenbau; derzeit werden neun Auszubildende ausgebildet. Nicht zuletzt dient er der Erholung sowie als Anlaufstelle zu gärtnerischen Fragen für die Bevölkerung (ABTEILUNG PFLANZENÖKOLOGIE UND SYSTEMATIK, FACHBEREICH BIOLOGIE). Thematische Anlagen im Außenbereich stellen beispielsweise den Lebensraum Magerwiese, einen Hexengarten mit Heil- und Giftpflanzen sowie eine Kryptogamenschlucht mit Flechten, Moosen und Farnen anschaulich dar.

Wie viele andere Gärten auch finden sich in den Gewächshäusern thematisch angelegte Beete, die z. B. tropische Nahrungspflanzen, fleischfressende Pflanzen oder epiphytische Lebensformen ausstellen. Von den acht Gewächshäusern des Botanischen Gartens (vgl. Abb. 13) können fünf für den Lernzirkel genutzt werden (Schauhäuser, sowie Kalthaus II und III). Sie beherbergen eine Fülle an Pflanzen, die neben der reinen Beobachtung auch die Arbeit mit Pflanzenmaterial im Rahmen von Versuchen ermöglicht (HENNINGER & KAISER 2018, 147). Der Schwerpunkt in den Schauhäusern liegt hier auf Nutzpflanzen im Sinne von

Nahrungspflanzen, medizinisch genutzten Pflanzen, sowie Pflanzen zu Produktion von Handelsprodukten (z. B. Fasern, Öle).

Für den Lernzirkel sind die unterschiedlich temperierten Schauhäuser interessant. Sie beherbergen Pflanzenarten aus den unterschiedlichen Öko- und Klimazonen, sodass die Tropen, Subtropen und Trockengebiete abgebildet werden.

	Kalthaus I 144 m ² 10-14°C	Kalthaus II 87 m ² 10-14°C	Ausbildung 86 m ²	Forschung 86 m ²
	Warmhaus 98 m ² 22-24°C	Forschung 130 m ²		
Kalthaus III 79 m ² 10-14°C	Temperiertes Haus 146 m ² 16-18°C	Funktion: ■ Forschung ■ Aufzucht & Pflege ■ Schauhäuser		

Abb. 13: Übersicht über die Gewächshäuser des Botanischen Gartens der TUK und deren Funktion (eigene Darstellung).

Ein breites Spektrum an Strategien zur Anpassung an klimatische Faktoren kann am Original erarbeitet werden. Lediglich die polare Zone kann in Bezug auf die Temperatur nicht adäquat nachempfunden werden; dennoch lassen sich auch für Anpassung an Frost Exponate finden (HENNINGER & THYSSEN 2015, 283).

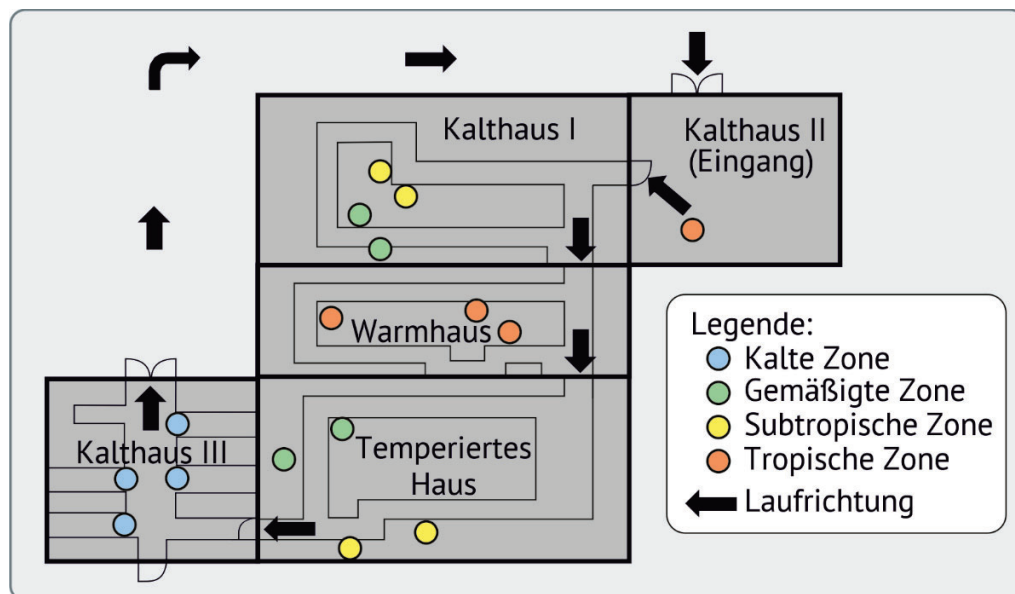


Abb. 14: Lageplan der 16 Stationen des Lernzirkels in den Gewächshäusern (Stand: 01/2018, eigene Darstellung)

Da in Kalthaus III (vgl. Lagepläne in Abb. 13 und Abb. 14) keine Beete fest installiert sind, sondern dort vorwiegend mobile Rolltische für die Aufzucht bzw. Kübelpflanzen untergebracht werden, können dort die Stationen der kalten Zone auf Tischen entsprechend des jeweiligen Platzangebotes flexibel positioniert werden. Das temperierte Haus beherbergte ursprünglich alle vier Stationen der Subtropischen Zone, während alle vier Stationen der Gemäßigten Zone zu Anfang in Kalthaus I zu verortet werden konnten. Massive Umbauarbeiten in Kalthaus I machten jedoch eine Verlagerung zweier Stationen der Gemäßigten Zone ins temperierte Haus notwendig. So waren zuvor im Kalthaus I die im Lernzirkel der Gemäßigten Zone zugeordneten fleischfressenden Pflanzen in einer speziellen Beetanlage mit hoher Luftfeuchte zu finden. Diese hohe Luftfeuchte rief jedoch an anderen Originalen im Kalthaus I Fäulnis hervor. Daher wurden die Karnivoren in das temperierte Haus mit besseren Lichtverhältnissen und Lüftungsmöglichkeiten verlagert. Im Rahmen des Lernzirkels sind die Karnivoren in der Gemäßigten Zone thematisiert, jedoch stehen die morphologischen Besonderheiten dieser Wuchsformen nicht mit klimatischen, sondern edaphischen Faktoren in Zusammenhang. Eine Verortung der Stationen zu den Karnivoren im temperierten Haus ist daher nicht falsch, zumal Karnivoren in allen Klimazonen vorkommen. Um jedoch im temperierten Haus nicht zu viele SuS gleichzeitig arbeiten zu lassen, wurden im Gegenzug zwei mobile Stationen der subtropischen Zone in Kalthaus I verlegt, was aufgrund der ähnlichen Temperaturverhältnisse möglich war. Hier musste ein Kompromiss zwischen korrekter Verortung und praktikabler Umsetzung, insbesondere hinsichtlich der gegenseitigen Lärmbelastung (auch für die Videographie), eingegangen werden. Aufgrund der Mobilität dieser Stationen können diese jedoch auch weiterhin im temperierten Haus aufgebaut werden. Im Warmhaus sind drei Stationen der tropischen Zone verortet, lediglich eine Station, die Strom benötigt wird in Kalthaus II angeboten.

Die Dynamik des Gartens und Saisonalität einiger Pflanzen stellt eine Herausforderung dar. So müssen Pflanzen zurückgeschnitten oder umgesetzt werden, sodass sie an anderer Stelle stehen oder kurzfristig nicht verfügbar sind. Hier zeigt sich ein Vorteil der digitalen Umsetzung, denn der in der App verfügbare Lageplan kann rasch geändert werden, Orientierungsfotos und Originale sind austauschbar, sodass die Lernumgebung der App flexibel aktualisiert werden kann (HENNINGER & KAISER 2018, 149–150).

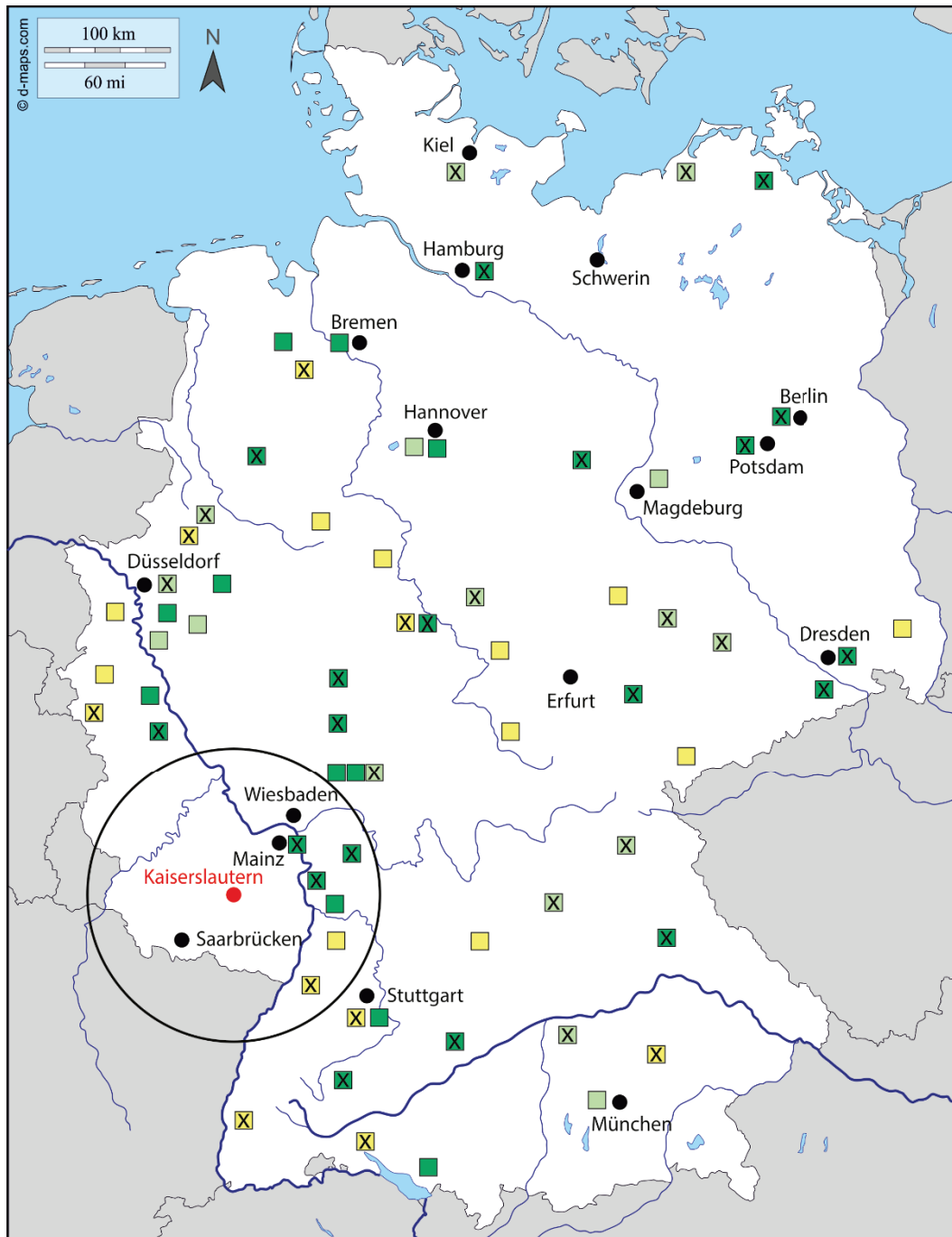
3.1.2. Technische Herausforderungen

Die Umsetzung des Lernzirkels als Web-Applikation erfordert zunächst einen zuverlässigen Server. Im Rahmen des Lernzirkels sind bis zu acht Tablet-PCs gleichzeitig in der Web-Anwendung eingeloggt. Vor allem der Upload von Fotos und das Anschauen von Videos erfordern schnelle Antwort- und kurze Ladezeiten. Hierfür konnte der Server des Lehrgebietes Physische Geographie und Fachdidaktik der TU Kaiserslautern genutzt werden. Daneben ist die Netzabdeckung in den Gewächshäusern zu gewährleisten. Hierzu wurden zwei Access-Points in den Gewächshäusern installiert (Kalthaus II und Kalthaus III).

Zu den technischen Hemmnissen sind ebenfalls die zahlreichen Betriebsgeräte wie Motoren zum Öffnen und Schließen der Dachluken und Verdunkelungsvorrichtungen, Pumpen und Lüftungsanlagen des Gartens zu nennen, denn sie sorgen zeitweise für erhebliche Lärmbelastung, was insbesondere die Verwendung von Audiomaterial einschränkt. Auch motorisierte Pflegegeräte, die im Außenbereich eingesetzt werden, sowie die häufigen Überflüge durch Flugzeuge einer benachbarten Militärstation wirken mitunter störend. In Bezug auf die Nutzung von Tablet-PCs in der realen Lernumgebung in den Gewächshäusern ist insbesondere der Lichteinfall durch die Glasdächer ein Hemmnis, denn dieser erschwert die Lesbarkeit auf den Tablet-PCs. Auch die Umgebungstemperaturen belasten sowohl die Teilnehmenden als auch die Tablet-PCs. In den Wintermonaten sinken die Temperaturen in den Kalthäusern auf 12–15°C, wodurch die Akkulaufzeit verringert wird und ggf. externe Powerbanks mitgegeben werden müssen. In den Sommermonaten übersteigen die Lufttemperaturen in den Gewächshäusern z. T. die Außentemperatur, eine starke Belastung für die SuS. Bei starker Einstrahlung und durch die Prozessorabwärme erhitzt sich die Tabletoberfläche auf bis zu 40°C. Auch Versuche, in denen Proben auf Eis gekühlt werden müssen, sind dann schwieriger umzusetzen (ebd., 150). Weiterhin ist die Einschränkung der Verfügbarkeit von Stromanschlüssen zu erwähnen. Die Stationen sind unmittelbar in den Beeten aufgebaut, um die Authentizität zu erhöhen. Jedoch kann dort nicht überall auf einen Stromanschluss zurückgegriffen werden, sodass überwiegend Versuche ohne elektrische Geräte konzipiert werden. Im Warmhaus mit seiner zeitweise sehr hohen Luftfeuchte (95-100%) sowie in der Nähe von in den Beeten eingebetteten, kleinen Teichanlagen verbietet sich der Einsatz von Strom, um die SuS nicht zu gefährden.

3.1.3. Marktanalyse: Bildungsangebote Botanischer Gärten in der näheren Umgebung

Wie in Kap. 2.2.3 erwähnt, bieten von den 75 im Verband Botanischer Gärten e.V. gelisteten Botanischen Gärten in Deutschland 49 Bildungsangebote an, 31 verfügen sogar über eine institutionelle Bildungseinrichtung (WÖHRMANN 2018, 1). Nachfolgende Karte (vgl. Abb. 15) zeigt jedoch, dass um den Standort Kaiserslautern herum, in einem Radius von 100 km, kaum erreichbare Angebote botanischer Gärten vorzufinden sind. Die nächst gelegenen sind Mannheim und Heidelberg. Im nordwestlichen Teil von Rheinland-Pfalz gibt es keine entsprechenden Angebote. Nach der Schließung des Botanischen Gartens der Universität des Saarlandes in Saarbrücken im Jahr 2016 fehlt im Saarland ein Botanischer Garten gänzlich.



Legende

- Garten ohne Bildungsangebot
- Garten hat Angebot für Besuchergruppen ohne feste Einrichtung
- Garten hat eine Grüne Schule/Werkstatt/Klassenzimmer, Walderlebniswerkstatt, Lehr-Lern-Garten oder Ähnliches
- X Garten mit universitärer Anbindung

Abb. 15: Die im Verband der Botanische Gärten e.V. gelisteten Botanischen Gärten in Deutschland und deren Bildungsangebote (eigene Darstellung nach Auskunft des Verbandes für Botanische Gärten e.V.; WÖHRMANN 2018)

Neben dem Botanischen Garten in Form des Fachbereichsgartens der Biologie an der TU Kaiserslautern gibt es in Kaiserslautern einen japanischen Garten, der keine Bildungsangebote hat. Die Parkanlage der Gartenschau Kaiserslautern, geführt von der iKL-Gemeinnützige Integrationsgesellschaft Kaiserslautern mbH

hat dagegen ein Grünes Klassenzimmer, welches Angebote im Rahmen des Ökologieprogrammes für alle Klassenstufen aller Schulformen begrenzt auf Mai und Juni anbietet. Die Programme selbst finden auf dem Außengelände statt; der Name „Grünes Klassenzimmer“ suggeriert ein für den außerschulischen Unterricht vorgehaltenes Gebäude, was hier jedoch nicht zutrifft. Die Angebote beziehen sich nicht nur auf Pflanzen, sondern auch auf Tiere; künstlerische Angebote und Workshops zu Herstellung von Pflegemitteln runden das Angebot ab. Für die im Projekt „In 80 Minuten um die Welt“ intendierte Zielgruppe der gymnasialen Oberstufe gibt es lediglich Angebote zum Bau von Nisthilfen für Vögel und Insekten, einen Workshop, Programme zur Pflanzenkunde im Zusammenhang mit Bibelstellen, zum Berufsbild des Forstwirtes, sowie eine Führung durch den Lehrpfad zur Erdgeschichte (IKL-GEMEINNÜTZIGE INTEGRATIONSGESELLSCHAFT KAISERSLAUTERN MBH 2018).

Für die Schulen ist der Fachbereichsgarten dank der guten ÖPNV-Anbindung der Universität leicht erreichbar. Vom Hauptbahnhof erreicht man den Campus mit Linienbussen in 10-15 Minuten, zu Fuß in ca. 20 Minuten. Insbesondere für die sechs Gymnasien und eine Gesamtschule mit gymnasialer Oberstufe kann der Fachbereichsgarten auch im Rahmen eines Unterrichtsganges besucht werden. So fällt für diese Zielgruppe kein oder nur in geringem Umfang Unterricht aus, weder für SuS noch für die begleitenden Lehrkräfte. Für Schulen aus dem weiteren Umfeld ist die Lage auf dem Universitätscampus von Vorteil, denn er ist mit Bussen sehr gut vom Hauptbahnhof zu erreichen.

3.2. Didaktische und methodische Überlegungen

Erdkunde und Biologie sind Fächer, die Exkursionen ermöglichen. Das Lernangebot kann in beiden Fächern in eine Unterrichtsphase eingebunden werden, um so bereits vorhandene Wissensbestände stärker zu verknüpfen oder Schemata zu induzieren, die Einzelerfahrungen bzw. Einzelkonzepte miteinander verbinden (RENKL 2010, 740). So ist das Ziel dieses Lehr-Lern-Angebotes, bestehende Wissensbestände aus den beteiligten Fächern abzurufen und miteinander in Beziehung zu setzen. Nicht das Faktenwissen, sondern die Vernetzung vorhandener Wissensfragmente sowie Veranschaulichung zur Vertiefung von Bekanntem stehen im Vordergrund. Diese Intention, die der Entwicklung des Lernzirkels zugrunde liegt, wird durch folgendes Zitat auf den Punkt gebracht:

„You can forget facts, but you cannot forget understanding.“
(MAZUR 2008)

3.2.1. Interdisziplinarität: Lehrplanbezug, Unterrichtsprinzipien und Arbeitsweisen

Zu den Prinzipien der Gestaltung von Geographieunterricht zählt u. a. insbesondere die Interdisziplinarität (RINSCHÉDE 2009, 178–206). Dies begründet sich nach Labudde in der konstruktivistischen Lerntheorie (vgl. Kap. 2.1.3). Nach deren Prinzipien gestaltete Lernumgebungen bieten Lernenden die Möglichkeit, an ihr Vorwissen anzuknüpfen, ihr Wissen in einem neuen Kontext zu erweitern und neu zu strukturieren. Ein solches vernetztes Wissen kann nur fächerübergreifend entstehen (LABUDDE 2004, 57). Insbesondere in außerschulischen Lehr-Lernangeboten werden fächerverbindende Programme angeboten (RINSCHÉDE 2009, 191). Im Mittelpunkt solcher fächerkoordinierenden Lernumgebungen als Variante von interdisziplinärem Unterricht steht immer eine Frage oder ein Problem. Ausgehend von diesem suchen die SuS nach einer Antwort oder einer Lösung (OTTO 2016a, 37).

Das Schulfach Biologie wird nicht nur als eigenständiges Fach unterrichtet, sondern auch im Fächerverbund mit Physik und Chemie, z. B. in NaWi (Naturwissenschaften) in Rheinland-Pfalz in der Orientierungsstufe (vgl. MINISTERIUM FÜR BILDUNG, WISSENSCHAFT, JUGEND UND KULTUR RHEINLAND-PFALZ 2010).

Auch im Lehrplan Biologie für Grund- und Leistungsfach der gymnasialen Oberstufe wird die Bedeutung von fachübergreifendem Arbeiten und fächerverbindendem Lernen betont. Dadurch soll insbesondere Denken in vernetzten Systemen angeregt und geübt, das Methodenlernen weiter vertieft, die interdisziplinäre Kommunikation gefördert und transdisziplinäre wissenschaftstheoretische Kompetenzen gestärkt werden (MINISTERIUM FÜR BILDUNG, WISSENSCHAFT UND WEITERBILDUNG RHEINLAND-PFALZ, 10). Weiterhin wird dargelegt, dass ein fundiertes Umweltwissen und Einsicht in ökologische Strukturen nur durch den Umgang mit realen Ökosystemen gewonnen werden kann. Ein Ziel ist es also, die originale Begegnung ins Zentrum des Unterrichts zu stellen und Laborversuche, Modellökosysteme oder Simulationen nur als Ergänzung zu sehen (ebd., 32).

Demgegenüber steht das Fach Erdkunde eher im gesellschaftswissenschaftlichen Kontext. Es findet sich in der Schule – auch in der gymnasialen Oberstufe – in einem Fächerverbund mit Sozialkunde, Geschichte und Politik wieder, wobei der Schwerpunkt auf der humangeographischen Dimension der Mensch-Umwelt-Beziehungen liegt (vgl. MINISTERIUM FÜR BILDUNG, WISSENSCHAFT UND WEITERBILDUNG RHEINLAND-PFALZ 1998b). Doch gerade die physische Geographie hat mit ihren naturwissenschaftlichen

Inhalten und Arbeitsweisen Anknüpfungspunkte zur Biologie und kann so als Brücke zwischen den Natur- und Gesellschaftswissenschaften fungieren.

Maßgeblich für die Konzeptentwicklung ist eine Passung an die Lehrpläne beider Fächer in den gleichen Klassenstufen. Dadurch soll gewährleistet werden, dass das außerschulische Lernangebot in den Unterricht in beiden Fächern als Baustein integriert werden kann. So knüpft die Lernsequenz sowohl an drei Leitthemen des Lehrplanes Biologie als Grund- und Leistungsfach für die Jahrgangsstufen 11 bis 13 der gymnasialen Oberstufe in Rheinland-Pfalz an (MINISTERIUM FÜR BILDUNG, WISSENSCHAFT UND WEITERBILDUNG RHEINLAND-PFALZ 1998a), als auch an den entsprechenden Lehrplan für Erdkunde in Teilthema I.2 „Geozonen“ (MINISTERIUM FÜR BILDUNG, WISSENSCHAFT UND WEITERBILDUNG RHEINLAND-PFALZ 1998b).



Abb. 16: Lehrplanpassung des Lernzirkels in den beteiligten Fächern Biologie und Erdkunde (eigene Darstellung)

Wie Abb. 16 zeigt, kann der Lernzirkel im Lehrplan Biologie für Grund- und Leistungsfach im Leitthema 3 „Umwelt und Innenweltleben der Systeme“ (= „Umwelt & Ökologie“ in der Grafik) in die Wahlpflichtbausteine „Licht und Wärme als Umweltfaktoren“ und „Wasser und Salze als Umweltfaktoren“ verortet werden (MINISTERIUM FÜR BILDUNG, WISSENSCHAFT UND WEITERBILDUNG RHEINLAND-PFALZ, 88–91). Die Forderung nach der „Erkundung eines Ökosystems“ im Wahlpflichtbaustein „Wasser und Salze als Umweltfaktoren“ aus Leitthema 3 „Umwelt und Innenwelt lebender Systeme“ kann durch den Besuch des botanischen Gartens mit dem Projekt für Lehrkräfte realisiert werden. Zudem kann eine Anbindung an das Leitthema 1 „Struktur und Funktion lebender Systeme“ und Leitthema 2 „Stoffwechsel und Energiefluss lebender Systeme“ gezeigt werden. Hier wird eine Vernetzung der einzelnen Themen deutlich. Weitere Inhalte des Projektes können in den Wahlpflichtbaustein

„Wasserhaushalt“ aus Leitthema 1 und zu den Pflichtbausteinen „Photosynthese Theorie“, „Photosynthese Praktikum“ und dem Wahlpflichtbaustein „Photosynthese Spezialisten“ des Leitthemas 2 wiedergefunden werden.

In der Lehrplananpassung des gesellschaftswissenschaftlichen Aufgabenfeldes für die Grundfächer Geschichte, Erdkunde und Sozialkunde, sowie die Leistungsfächer Geschichte, Sozialkunde und Erdkunde der Jahrgangsstufen 11 bis 13 der gymnasialen Oberstufe kann das Projekt unter dem Teilthema „Geozonen“ verortet werden. Im Leistungsfach Erdkunde wird das Teilthema „Geozonen“ im Thema I „Landschaftsökologie“ im Kursjahr 11/1 und 11/2 behandelt, es sind hierfür 18 Stunden angesetzt (MINISTERIUMS FÜR BILDUNG, WISSENSCHAFT, WEITERBILDUNG UND KULTUR, 128). Im Grundfach Erdkunde kann das Teilthema mit 25 Stunden im Kursjahr 12/1 und 12/2 verortet werden (ebd., 40). Die SuS sollen zum einen die Geozonen als globales System kennenlernen und dabei die allgemeine Zirkulation der Atmosphäre und in Abhängigkeit davon die Verteilung von Klimazonen, Vegetationsgebieten und Landschaftsgürteln begründen. Zum anderen sollen sie die Geozonen als Ökosystem mit einem labilen Gleichgewicht erkennen (MINISTERIUMS FÜR BILDUNG, WISSENSCHAFT, WEITERBILDUNG UND KULTUR, 41, 133; HENNINGER & KAISER 2018, 146).

Thematische Anbindung für diesen interdisziplinären Ansatz ermöglicht die Geobotanik (HENNINGER et al. 2016, 92): Neben der Betrachtung der Hydrosphäre, Kryo-, Pedo- und Lithosphäre sowie der Atmosphäre als abiotisch geprägte Sphären ist auch die Biosphäre Untersuchungsgegenstand der Physischen Geographie (OTTO 2016b, 5). In der Biologie untersucht die Botanik die Pflanze im Hinblick auf Morphologie, Anatomie, Systematik, Genetik, Physiologie und Cytologie. Die Geobotanik betrachtet dagegen die Pflanze am Standort in ihrer Beziehung zur Umwelt (WITTIG 2012, 12–13). Sie verbindet demnach aufgrund ihrer Raumbezogenheit die Physische Geographie als Teilbereich des Schulfaches Erdkunde und Botanik als Teildisziplin des Schulfaches Biologie. Das Themenfeld der Lernumgebung kann somit auf die Angepasstheit von Pflanzen als „Reaktion“ auf klimageographische Begebenheiten eingegrenzt werden. Hierfür werden insbesondere Morphologie und Physiologie als Inhalte der Biologie mit dem Themenfeld der abiotischen Standortfaktoren (v. a. Klimafaktoren und Boden) als Inhalte der Physischen Geographie miteinander vereint.

3.2.2. Gemeinsame Unterrichtskonzepte und –prinzipien der Fächer Biologie und Erdkunde

Auch in Bezug auf Unterrichtsprinzipien gibt es Schnittmengen zwischen Biologie und Erdkunde. Hier sind insbesondere Anschauungsunterricht und Realbegegnung, handlungsorientiertes (handelndes) Lernen, soziales Lernen, problemorientiertes Lernen, situatives Lernen und Schülerorientierung zu nennen. Diese aus der Theorie (vgl. Kap. 2.1) abgeleiteten Prinzipien und deren Umsetzung im Lernangebot werden nachfolgend dargelegt.

Unterrichtsprinzip Anschauung: Außerschulisches Lernen und Arbeit mit Originalen

Im gemäßigt konstruktivistischen Konzept des Lernangebotes steht die Auseinandersetzung mit dem Original im Vordergrund (vgl. Kap. 2.1.3). Diese kann durch direkte Anschauung anhand der Pflanzenexponate im Botanischen Garten gewährleistet werden. Dennoch gibt es Aspekte, die nicht durch direkte Beobachtung erkennbar sind, dazu zählen insbesondere physiologische Abläufe in der Pflanze. Diese können durch Inhalte der Web-App auf dem Tablet-PC medial repräsentiert werden. Bei der operativen Anschauung vollzieht sich der Erkenntnisgewinn durch eigene Tätigkeit des Lernenden, z. B. Prozesse im Rahmen von Experimenten) (RINSCHÉDE 1999, 10). Dies wird durch handlungsorientierte Aktivitäten umgesetzt.

Unterrichtsprinzip Handlungsorientierung: Entdeckendes Lernen in problemorientierten Settings

Als „Leitziele des Geographieunterrichts sind [...] die Einsicht in die Zusammenhänge zwischen natürlichen Gegebenheiten und gesellschaftlichen Aktivitäten in verschiedenen Räumen der Erde und eine darauf aufbauende raumbezogene Handlungskompetenz“ zu nennen (DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOGRAPHIE (DGFG) E.V. 2014, 5). Handlungsorientierung als didaktisches Prinzip wird in der methodischen Großform des Stationenlernens im Rahmen eines Lernzirkels umgesetzt. Dies ermöglicht eine eigentätige Auseinandersetzung und aktive Aneignung des Lerngegenstandes.

Im Zuge des Entdeckenden Lernens wird Wissen von den Lernenden in der aktiven Auseinandersetzung mit ihrer Umwelt konstruiert. Höttecke (2008, 5) fasst den optimalen Verlauf eines entdeckenden Lernprozesses treffend wie folgt zusammen: *„Die Lernenden gehen von (selbst) gestellten naturwissenschaftlichen Fragen oder Problemen aus. Sie explorieren Probleme oder Phänomenbereiche, entwickeln und planen auf dieser Basis eigene Untersuchungen, führen Beobachtungen und Experimente durch, stellen Messergebnisse sachgerecht*

*dar, analysieren und diskutieren sie und erschließen weitere Informationsquellen. Sie erklären Phänomene und lösen Probleme im Lichte bereits bekannten Wissens und selbst generierter Evidenz. Sie treffen begründete Vorhersagen und kommunizieren über ihre oft unterschiedlichen Vorgehensweisen und Resultate. Sie generieren und präzisieren neue Fragen oder Probleme, die weiteres forschend-entdeckendes Lernen motivieren.“*Instrumente für solche Lernarrangements sind zum einen das Initiieren und anschließende Auflösen kognitiver Konflikte, zum anderen Beispiele und Erklärungen sowie das Explorieren und Experimentieren (OTTO & SCHULER 2012, 139–140). Durch die Einbettung von Primärerfahrungen in einen interdisziplinären Kontext möchte der Lernzirkel „In 80 Minuten um die Welt“ mittels handlungs- und problemorientierter Lernarrangements durch die Begegnung mit dem Original die vielfältigen Anpassungen von Pflanzen an geoklimatische Faktoren veranschaulichen.

Unterrichtsprinzip soziales und situatives Lernen

Ergebnisse der Metastudie des Zentrum für internationale Vergleichsstudien an der Technischen Universität München zum Thema „Digitale Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe“ zeigen, dass die Lernenden eher vom Einsatz digitaler Medien profitieren, wenn sie von einer Lehrperson oder Mitschülerinnen und Mitschülern unterstützt werden (HILLMAYR et al. 2017, 16). Diesen Erkenntnissen wird Rechnung getragen, indem die Teilnehmenden die einzelnen Lernstationen eigenständig in Kleingruppen, bestenfalls in Lerntandems (zwei Personen) erarbeiten. Sie können sich somit gegenseitig unterstützen und die Aufgaben an den Stationen teilen. Nach Möglichkeit erfolgt die Teambildung so, dass in jeder Gruppe Personen aus Leistungskursen der beteiligten Fächer Biologie und Erdkunde vertreten sind. So können sie erforderliche Fertigkeiten und vorhandenes Wissen austauschen. Auch im Umgang mit den Tablet-PCs, der für einige Teilnehmenden ungewohnt sein wird, sollen sie sich in Bezug auf die technische Handhabung unterstützen.

Wege des Erkenntnisgewinns: naturwissenschaftliche Arbeitsmethoden

Auch in Bezug auf die Methoden der Informationsgewinnung weisen beide Schulfächer eine Schnittmenge auf: Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung wird nicht nur in den MINT-Fächern als eigener Kompetenzbereich ausgewiesen (KMK – SEKRETARIAT DER STÄNDIGEN KONFERENZ DER KULTUSMINISTER DER LÄNDER IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND 2005, 16), auch die Bildungsstandards der Geographie heben die Bedeutung von Beobachtungen, Messungen und Experimenten in zwei Teilkompetenzen bzw. vier Standards hervor (DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOGRAPHIE (DGFG) E.V. 2014, 19; OTTO 2016b, 2–

3). Diese Fachmethoden werden im Konzept des Lernzirkels aufgegriffen, indem das von KLAHR (2000) entwickelte SDDS-Modell (*Scientific Discovery as Dual Search-Model*) Berücksichtigung findet, welches sich auf wissenschaftliche Denk- und Vorgehensweisen (NEHRING et al. 2016, 81) bezieht:

1. Fragestellung / Hypothesenbildung
2. Planung / Durchführung
3. Auswertung / Reflexion

Die Lernenden werden u.a. durch Beobachtungen, die von Lernmaterialien kontextualisiert werden, zur Fragestellung bzw. Hypothesenbildung angehalten und notieren diese in Textform. Anschließend überprüfen sie diese anhand von Versuchen. Abschließend dokumentieren die Lernenden ihre Ergebnisse und Interpretationen und leiten Schlussfolgerung ab (HENNINGER & KAISER 2018, 146).

Neben diesen Denk- und Vorgehensweisen werden im Lernzirkel auf wissenschaftliche Arbeitsweisen geübt.

1. beobachten / vergleichen / ordnen
2. Versuche durchführen
3. mit Modellen arbeiten

Die wissenschaftlichen Arbeitsweisen "Beobachten-Vergleichen-Ordnen" zielt auf den kriteriengeleiteten Umgang mit Objektmerkmalen ab. Diese sind beim "Beobachten" in ihrer Ausprägung zu bestimmen. Beim "Vergleichen" erfolgt eine Gegenüberstellung zweier oder mehrerer Objekte in Bezug auf das gleiche Merkmal. Werden Kategoriensysteme aufgrund von Merkmalen bzw. Merkmalsausprägungen gebildet und die Objekte in Kategorien zusammengefasst, wird die Arbeitsweise des "Ordnen" angewandt (NEHRING et al. 2016, 81; WELLNITZ & MAYER 2012).

Der Begriff „Experimentieren“ beschreibt die Anwendung der Variablenkontrollstrategie und damit hypothesenbezogene, intendierte, gezielte Manipulation von Objekten (LAZONDER & HARMSSEN 2016). Einschränkend im Lernzirkel wirkt der Zeitfaktor, sodass die Versuchsanordnung vorgegeben wird, denn ein freies Experimentieren würde den zeitlichen Rahmen sprengen. Die Einbindung von Versuchen haben im Lernzirkel unterschiedliche didaktische Funktionen. Sie können als Einführungsversuche eingesetzt werden, um auf ein Phänomen aufmerksam zu machen oder ein Problem aufzuwerfen. Als entdeckender Versuch dienen sie der Klärung von Zusammenhängen und Überprüfen von Hypothesen. Kontroll- oder Bestätigungsversuche überprüfen

bestehendes Wissen und dienen der Veranschaulichung und Festigung (RINSCHDE 2009, 292).

Im Zusammenhang mit naturwissenschaftlichen Arbeitsmethoden kommen im Lernzirkel auch Anschauungs- und Funktionsmodelle zum Einsatz. Neben diesen gegenständlichen Modellen werden jedoch auch theoretische Modelle genutzt, die komplexe Zusammenhänge vereinfacht rekonstruieren (vgl. KRAUTTER 2015). Für den Erkenntnisprozess ist es wichtig, die Grenzen und Schwächen des Modells zu erkennen und zu reflektieren.

Diese „Hands-on“-Stationen werden – anders als in Grünen Klassenzimmern – direkt in den Beeten neben den Pflanzen, auf die Bezug genommen wird, aufgebaut.

Das Prinzip der Interdisziplinarität, wird insofern umgesetzt, dass Inhalte der Schulfächer Biologie und Erdkunde miteinander verknüpft wurden, um vernetztes Wissen zu generieren. Die SuS lernen unter Verwendung fachgemäßer Arbeitsweisen, die Aufgaben werden fächerübergreifend gelöst, wodurch die Ordnung der Inhalte nach Fachdisziplinen aufgebrochen wird.

Die ersten Arbeitsschritte hin zu einer initialen Grundkonzeption basieren auf Vorarbeiten einer Mitarbeiterin der Fachdidaktik Biologie der TU Kaiserslautern, die in studentischen Arbeiten erprobt wurden. Auf Grundlage dieser Vorarbeiten wurden die Stationen im Rahmen dieser Arbeit zunächst fachdidaktisch (vgl. Kap. 2) und fachwissenschaftlich (vgl. Kap. 3) fundiert. Die Konzeption der Web-App, die Umsetzung des Lernzirkels in dieser App und mediendidaktische Entscheidungen sind eigenständige Leistungen dieser Arbeit (vgl. Kapitel 4). Aus mediendidaktischen und nicht zuletzt auch aus nutzungsrechtlichen Gründen wurden die Arbeitsmaterialien neugestaltet und in die Web-Applikation übertragen (vgl. Kap. 5). Die Videographie ermöglichte die Optimierung in Anpassung an die SuS durch mehrmalige Modifikation des Settings (vgl. Kap. 6).

Für die „Reise um die Welt“ wurden zu den vier großen Klimazonen Tropische, Subtropische, Gemäßigte und Polare / Kalte Zone wurde je vier Stationen konzipiert, wie nachfolgende Abb. 17 zeigt.

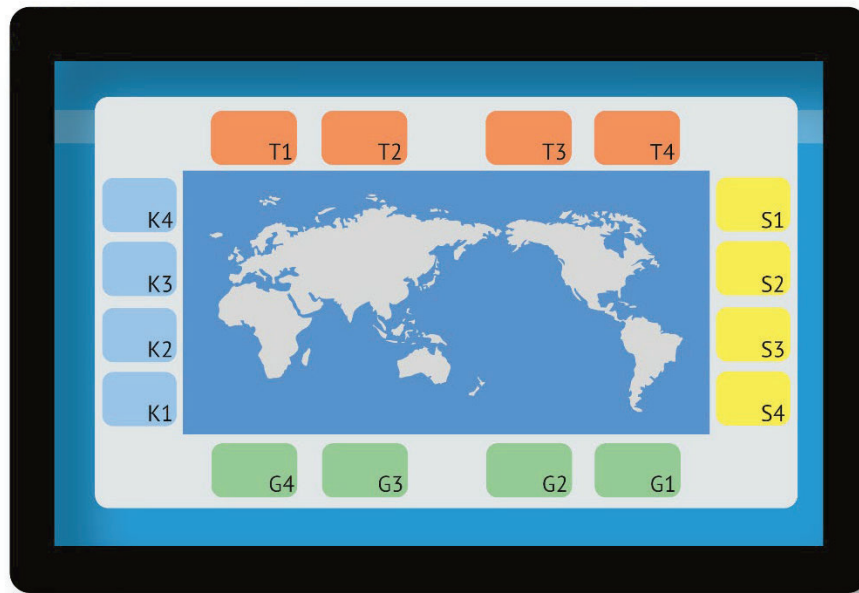


Abb. 17: Das Lernangebot umfasst jeweils vier Stationen in den vier Klimazonen Tropische Zone (T1-T4), Subtropische Zone (S1-S4), Gemäßigte Zone (G1-G4) und Polare / Kalte Zone (K1-K4).

3.3. Fachlicher Schwerpunkt der Biologie: Anpassungsstrategien von Pflanzen an die abiotischen Faktoren Klima und Boden

Organismen müssen in ihrem Lebensraum mit Störfaktoren und Stresssituationen umgehen können. Einige dieser Stresssituationen treten regelmäßig auf, z. B. niedrige Temperaturen im Winter und Wasserknappheit im Sommer. Prinzipiell haben Organismen nur zwei Möglichkeiten mit Stressoren umzugehen: sie entwickeln Meidestrategien oder Regulationsmechanismen (POSER 1995, 458).

Vermeidung ungünstiger Zeiten geschieht bei Pflanzen durch einen Stillstand in ihrer Entwicklung (Dormanz) sowie Verschiebung und ggf. Verkürzung des Entwicklungszyklus in die günstigere Zeit. So nutzen Frühjahrsgeophyten die kurze Zeit vor der Belaubung des Waldes für ihre Stoffproduktion aus und speichern Nährstoffe in Rhizomen oder Knollen. Ihnen genügen somit nur wenige Wochen für ihre Entwicklung bis zu Fruchtreife. Auch die Überdauerung von Kälte und/oder Trockenperioden als Samen ist eine Meidestrategie (ebd.). Damit Pflanzen mit Stress durch Außenfaktoren besser umgehen können oder Stress sogar nicht mehr als Belastung wirksam wird, haben sie eine Vielzahl von Merkmalen entwickelt, um den Zustand der Anpasstheit zu erreichen und Schwankungen der Umweltfaktoren weitgehend auszugleichen. Insbesondere Mechanismen zur Regulation des Wasserhaushaltes (Hydroregulation) ist für die

Pflanzen von Bedeutung (ebd.). Nach der Persistenz dieser adaptiven Merkmale differenziert man drei Kategorien.

1. Modulative oder akklimative Anpassung:

Eine Pflanze oder ein Organ einer Pflanze erwirbt im Laufe ihres Lebens durch Veränderung ihres Phänotypes eine Anpassung, z. B. Akklimatisierung an andere Temperatur. Diese Entwicklung ist reversibel.

2. Modifikative Merkmale:

Die Pflanze reagiert meist mit morphologischen Veränderungen, die irreversibel sind. So wird beispielsweise aus einem ausgebildeten Sonnenblatt nie mehr ein Schattenblatt.

3. Evolutive Merkmale:

Die Merkmale der Anpassung sind genetisch fixiert und können nicht modifiziert werden. So ist z. B. Sukkulenz im Genotyp der Pflanze verankert (STRASBURGER et al. 2014, 738–739).

Im vorliegenden Lernzirkel wurden nur Phänomene der evolutiven Anpassung berücksichtigt.

Ausgewählte morphologische Anpassungen im Lernzirkel

Das Wachstum und die Differenzierung von Pflanzen (Morphogenese) sind nicht als alleiniges Resultat endogener Prozesse zu betrachten. Zwar steuern sie die Ausprägung artspezifischer Merkmale, die auf das Individuum einwirkenden Außenfaktoren sorgen jedoch für deren Modifizierung. So hängen beispielsweise Größe, zu erreichendes Alter, Anzahl von Blüten, Samen oder Pollen stark von Umweltfaktoren am Standort ab. Je nachdem, durch welchen Faktor ein Entwicklungsprozess induziert wird, werden folgende Morphosen unterschieden (ebd., 314):

- Hygromorphosen (Feuchtigkeit)
- Trophomorphosen (Nährstoffe)
- Thermomorphosen (Temperatur)
- Fotomorphosen (Licht)

In diesem Lernzirkel werden insbesondere morphologische Anpassungen an die Faktoren Wasser, Temperatur und Licht aufgegriffen.

Im Allgemeinen sind morphologische Anpassungen an Trockenheit dadurch gekennzeichnet, dass Pflanzen eine geringere Anzahl an Stomata pro Fläche, eine stärkere Behaarung, verdickte Cutikula, Wachsauflagerungen, Reduktion der Blätter sowie stärkere Festigungsgewebe aufweisen (Xeromorphosen) (ebd., 330).

Bei skleromorphen Blättern ist die ohnehin dick ausgeprägte Cuticula oftmals durch Wachsüberzüge geschützt. Die stomataträgenden Blattunterseiten sind meist behaart. Die Spaltöffnungen solcher Blätter sind sehr zahlreich, aber sehr klein; dies erlaubt ein schnelles Schließen der Blattöffnungen. Bei geschlossenen Stomata reduziert sich der Wasserverlust auf 3-10 % der maximalen Transpiration (SCHULTZ 2000, 327).

Diese Strategien dienen der Verringerung der cuticulären Transpiration: Als Transpiration wird die Abgabe von Wasser in Form von Wasserdampf durch oberirdische Pflanzenorgane bezeichnet. Sie geschieht einerseits regulierbar durch Öffnen und Schließen der Spaltöffnungen (stomatäre Transpiration) sowie nicht regulierbar durch die Oberfläche (cuticuläre Transpiration, s.o.). Der Wasserverlust durch Transpiration wird verursacht durch das beträchtliche Gefälle des Wasserpotenzials zwischen dem Gewebe und der im Vergleich dazu trockeneren Umgebungsluft. Dieser physikalisch bedingte Wasserstrom durchzieht die Pflanze von den Wurzelspitzen zu den äußersten Blattspitzen. Auch wenn die Wasserdampfabgabe als Verlust für die Pflanze erscheinen mag ist dieser Transpirationsstrom für die Verteilung von Ionen aus der Bodenlösung und Assimilaten aus der Fotosynthese unerlässlich (KREMER & BANNWARTH 2012, 111).

Als Beispiel für Verdunstungsschutz durch Wachsauflagerungen zur Minimierung der cuticulären Transpiration wird im Lernzirkel der Olivenbaum *Olea europaea* in Station S1 und S2 (vgl. S. 149 ff) näher betrachtet.

Als extremes Beispiel für die Strategie der Minimierung der verdunstenden Oberfläche wird den SuS in Station S3 u. a. die Gattung *Lithops* (vgl. S. 160) vorgestellt. Deren auch als „lebende Steine“ bekannten Vertreter gehören zur Familie der *Aizoaceae* (Mittagsblumengewächse). Ihre Verbreitung begrenzt sich auf die Trockengebiete im südlichen Afrika (Namibia, Botswana und Teile Südafrikas). Ihr Pflanzenkörper besteht nur aus zwei miteinander verbundenen sukkulenten Blättern (vgl. Abb. 18). Diese sitzen so tief in der Erde, dass ihre Blattoberfläche in etwa mit der Erdoberfläche abschließt (KROHN, 32).



Abb. 18: Beispiel für *Lithops spec.* im Botanischen Garten (eigene Aufnahme, Nov. 2018)

Eine weitere Anpassung an trockene Standorte zeigt sich auch in der Sukkulenz, der Fähigkeit die seltenen Niederschläge im Gewebe zu speichern (BOENIGK & WODNIOK 2014, 211). Findet die Wasserspeicherung in den Blättern statt, spricht man von Blattsukkulenz, ist dagegen die Sprossachse durch Speichergewebe verdickt, spricht man von Stammsukkulenz. Im Lernzirkel begegnen die SuS auf einer Fotosafari im Wüstenbeet einigen Vertreter beider Wuchsformen:

- *Echinocactus grusonii* (vgl. Abb. 19).
- *Xerosicyos danguyi*
- *Leistocactus parapetiensis*
- *Rhipsalis cereuscula*
- *Faucaria tigrina*
- *Huernia spec.*



Abb. 19: Beispiel für Stammsukkulenz im Botanischen Garten: Schwiegermutterstich *Echinocactus grusonii* (eigene Aufnahme, November 2018)

Angepasstheit an Licht am Boden als Mangelfaktor werden insbesondere in den Stationen T3 und T4 der Tropen thematisiert. Hier werden drei Formen der Anpassung vorgestellt, die gehäuft in immerfeuchten tropischen Regenwäldern vorkommen. Zum einen Epiphyten (Aufsitzerpflanzen), die ohne Bodenkontakt auf anderen Pflanzen leben, ohne ihnen jedoch Wasser oder Nährstoffe zu entziehen, zum anderen Lianen, die Wurzelkontakt zum Boden halten.

Epiphyten, auch Aufsitzerpflanzen genannt, entgehen dem Lichtmangel am Boden, indem sie ihre Wuchsplätze in höhere Stammbereiche, Astgabelungen und in die gut belichteten Kronenregionen der Bäume verlagern. Dort heften sie sich an, ohne ihrer Trägerpflanze Wasser und Nährstoffe zu entziehen. Unter den Blütenpflanzen sind die Orchideen die artenreichste epiphytisch lebende Pflanzenfamilie. Auch bei den *Bromeliaceae* zeigt die überwiegende Zahl der Arten eine epiphytische Lebensweise. In den Baumkronen sind ebenfalls viele Farne zu finden, die jedoch eher obligatorisch diesen Lebensraum wählen (FREY & LÖSCH 2010, 404). Je nach Verfügbarkeit wurde als Originale die Trichterbromelie *Nidularium innocentii*, die Tillandsie *Tillandsia usneoides* (vgl. Abb. 20), oder die Orchidee *Brassavola flagellaris* aus der Epiphytenwand im temperierten Haus oder auch der Geweihfarn *Platyserium bifurcatum* im Warmhaus eingesetzt. Insbesondere die Tillandsie zeigt die stärkste Anpassung an den Wuchsort ohne Bodenkontakt, denn die Wurzeln sind vollständig reduziert.



Abb. 20: Epiphytenwand im temperierten Haus: Trichterbromelie *Nidularium innocentii* und Tillandsie *Tillandsia usneoides* (eigene Darstellung, Juni 2017)

Weiterhin wird als Beispiel aus der Kategorie der „Würger“ die Würgfeige *Ficus virens* vorgestellt, die einen Wechsel der Lebensweise vollzieht: In den ersten Entwicklungsstadien lebt sie ohne Kontakt zum Boden epiphytisch, lässt jedoch von ihrem Wuchsort in den Baumkronen anderer Bäume allmählich Wurzeln gen Boden wachsen. Sobald diese Bodenkontakt haben, setzt zudem ein Dickenwachstum der Wurzeln ein, sodass diese schließlich ein stabiles, tragfähiges Gerüst bilden. Durch das Dickenwachstum wird der tragende Baum stark eingeeengt, sozusagen „erwürgt“, stirbt schließlich ab und gibt seinen Platz nun an den Ficus ab.

Ausgewählte physiologische Anpassungen im Lernzirkel

Der Botaniker Gottlieb Haberlandt entdeckte 1895 bei einigen in den Tropen beheimateten Gräsern eine Besonderheit im Aufbau des Blattes. Während bei konventionellen Süßgräsern oder auch der Gerste das grüne Mesophyllgewebe zwischen der oberen und unteren Epidermis aus relativ gleichartigen Zellen aufgebaut ist, beschrieb Haberlandt, dass bei einigen tropischen Gräsern die Leitbündel von konzentrischen Kreisen grüner Zellen umgeben seien, was insbesondere im Querschnittsbild eines Blattes zu erkennen sei. Ein Ring aus relativ dickwandigen Zellen ohne Interzellularen umschließt bei ihnen als enganliegende Röhre das Leitbündel. Diese Leitbündelscheide wird auch als Kranzanatomie bezeichnet (vgl. Abb. 21). Umgeben ist dieser kompakte Zellring von dünnwandigen Mesophyllzellen, die dagegen Interzellularräume aufweisen. Die Kranzanatomie ist auch im Gegenlicht sichtbar. Beim Zuckerrohrblatt sind die grünen Gewebe nur im Bereich der Blattnerve angeordnet und heben sich somit als dunkle Bahnen aus den helleren Leitbündelzwischenräumen heraus (KREMER & BANNWARTH 2012, 179).

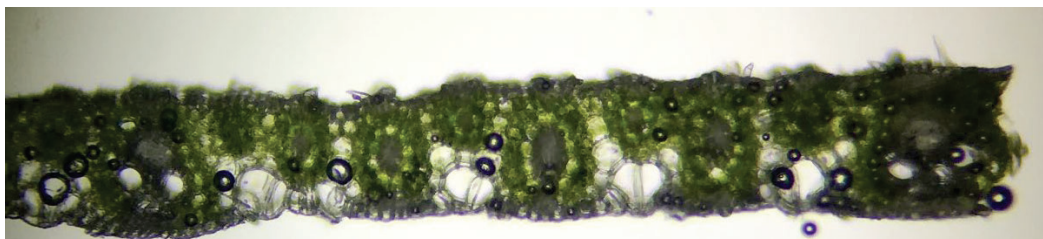


Abb. 21: Querschnitt eines Zuckerrohrblattes (C4-Pflanze) unter dem Mikroskop zeigt die Kranzanatomie: um die Leitbündel herum gruppieren sich ringförmig durch eine hohe Chloroplastendichte stark grün gefärbte Zellen (Mikroskopfoto: Pascal Weismann, Nov. 2017)

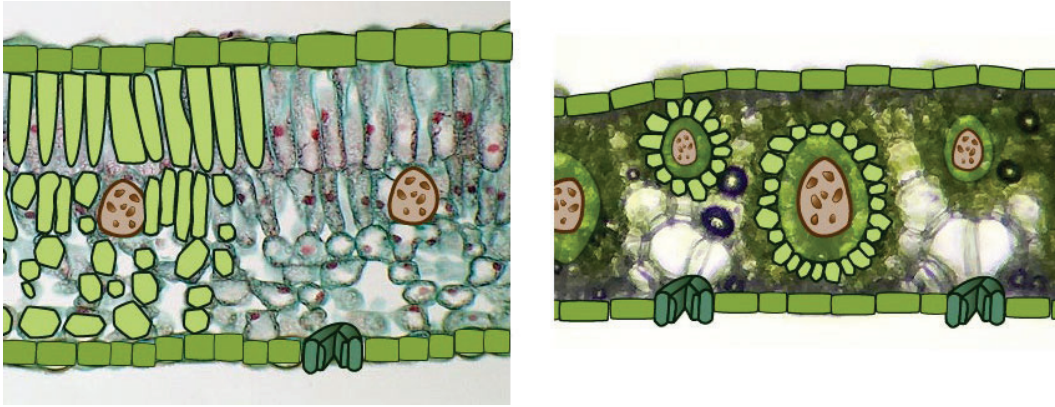


Abb. 22: aufbereitete Mikroskopbilder: C3-Blatt (links) mit einem eher geschichteten Aufbau und C4-Blatt (rechts) mit einem eher konzentrischen Gewebeaufbau - die Kranzanatomie um die Leitbündel (eigene Darstellung zur Verwendung im Erklärvideo zu Station T2)

Insbesondere unter warm-trockenen Klimabedingungen ist der C4-Weg vorteilhaft und sehr effizient. Obwohl heute nur etwa 3 % der heutigen Pflanzenarten diesen Weg betreiben, trägt diese Form der Fotosynthese rund 23 % zu der terrestrischen Primärproduktion bei. Rund 60 % der C4-Pflanzen sind Gräser der Tropen und Subtropen (BOENIGK & WODNIOK 2014, 144).

Bei höheren Umgebungstemperaturen sind Pflanzen im Allgemeinen gezwungen, die Stomata zu schließen bzw. die Öffnung zu verkleinern, um den Wasserverlust durch Transpiration zu verringern. Das Schließen der Stomata hat jedoch auch zur Folge, dass kein Kohlenstoffdioxid (CO_2) mehr einströmen kann, der Ausgangsstoff für die Fotosynthese. Eine Anpassung an dieses Dilemma zeigen C4-Pflanzen. Sie besiedeln überwiegend wärmere und trockenere Regionen und weisen bei hohen Temperaturen eine höhere Nettofotosyntheserate auf als C3-Pflanzen, da sie Enzyme mit einer hohen Affinität gegenüber Kohlenstoffdioxid besitzen. Dies ermöglicht ihnen, auch bei geringerer Öffnungsweite der Stomata noch ausreichend CO_2 zu fixieren (BRENNECKE 2012, 19).

Der allgemeine Vermittlungsansatz im schulischen Biologieunterricht beruht auf dem Vergleich der biochemischen Prozesse der allgemeinen C3-Fotosynthese mit den speziellen Adaptionen der C4-Fotosynthese. Der Fokus liegt demnach auf abstrakten biochemischen Vorgängen. Daher werden an dieser Stelle der C3-Weg und der C4-Weg kurz gegenübergestellt.

C3-Weg

Die meisten Pflanzen binden das CO_2 aus der Atmosphäre im Calvin-Zyklus an das Enzym Ribulose-1,5-bisphosphat (RubisCo), der mit dem Kohlenstoff ein kurzlebige, instabiles Zwischenprodukt mit sechs C-Atomen bildet. Dieses Produkt zerfällt sofort in zwei Moleküle 3-Phosphoglycinsäure (3-PGS). Diese Moleküle aus drei C-Atomen sind das erste experimentell fassbare Ergebnis des photosynthetischen Einbaus. Daher wird diese Standardform der Kohlenstofffixierung auch als C3-Fotosynthese bezeichnet (KREMER & BANNWARTH 2012, 181). Das Enzym RubisCo kann nicht nur Kohlenstoffdioxid, sondern auch Sauerstoff binden. Allerdings wird beim Einbau von Sauerstoff (O_2) nur über weitere Reaktionsumwege 3-Phosphoglycerat gebildet, welches letztendlich dann doch CO_2 freisetzt, das dann in den Calvin-Zyklus eingebaut werden kann. Diesen Prozess, mit vielen immensen Umwegen, wird als Fotorespiration bezeichnet. Er macht die Fotosynthese insbesondere bei hoher Sauerstoffkonzentration in der Pflanze ineffizient (BOENIGK & WODNIOK 2014, 50–51). Dabei ist die Fotorespiration bei höheren Temperaturen eher problematisch als bei kühleren. Dies hängt mit der Temperaturabhängigkeit der Wasserlöslichkeit von Sauerstoff und Kohlenstoffdioxid zusammen. Mit steigender Temperatur nimmt die Löslichkeit von CO_2 stärker ab als die von O_2 . Daher setzt RubisCo bei hohen Temperaturen zunehmend O_2 um.

C4-Weg

Bei Pflanzen mit Kranzanatomie wird das CO_2 aus der Atmosphäre zunächst in den die Kranzanatomie umgebenden Mesophyllzellen mit dem Akzeptor Phosphoenolpyruvat (PEP) verknüpft. Dort bindet das sehr selektive PEP nur an CO_2 . Dabei entsteht ein C4-Körper, das Oxalacetat (OAA), die in Malat und / oder Aspartat umgewandelt wird. Diese Produkte werden in die Zellen der Kranzanatomie transportiert, wo sie decarboxyliert werden. So wird CO_2 in den Zellen der Kranzanatomie wieder freigesetzt, sodass dort der C3-Weg in der üblichen Reaktionsfolge des Calvin-Zyklus ablaufen, ohne dass es zur Fotorespiration kommt (KREMER & BANNWARTH 2012, 181).

Nachfolgende Tab. 2 stellt die wesentlichen Unterschiede beider Fotosynthesewege gegenüber:

	C3-Fotosynthese	C4-Fotosynthese
Enzyme:	RubisCo	RubisCo & PEP
Gewebeaufbau:	Geschichteter Aufbau der Mesophyllzellen, die Bündelscheidenzellen enthalten keine Chloroplasten	Kranzanatomie, Bündelscheidenzellen mit sehr vielen Chloroplasten
Optimaltemperatur:	10-20°C, darüber werden die Stomata geschlossen → Fotosyntheserate sinkt durch CO ₂ Mangel	Bis 30°C, trotz geschlossener Stomata läuft Fotosynthese weiter und kommt auch mit geringen CO ₂ -Konzentrationen aus.
Energieaufwand an ATP, die gebraucht werden, um 1 Glukosemolekül zu synthetisieren:	18 ATP	30 ATP, (18 im C3-Zyklus, 12 im C4 Zyklus)
Effizienz:	<ul style="list-style-type: none"> • Höchst effizient • Nur an heißen Tagen eingeschränkt • Geringer Energieverbrauch 	<ul style="list-style-type: none"> • Nur an heißen Tagen effizient • Sehr hoher Energieverbrauch

Tab. 2: Vergleich verschiedener Parameter bei C3- und C4-Fotosynthese (eigene Darstellung nach LARCHER 2001, 83)

Ein weiterer Zugang zum Thema, der zunächst weniger auf biochemische Prozesse abzielt, wäre ein evolutionärer Zugang. Aus der Erdgeschichte heraus lässt sich die Notwendigkeit, eine effizientere Form der Kohlenstofffixierung zu entwickeln, verdeutlichen. Dies wäre auch eine Möglichkeit, das Thema interdisziplinär zusammen mit der Geographie zu erklären.

Die C3 Fotosynthese ist eine archaische Form der Kohlenstofffixierung, die bei allen Pflanzentaxa zu finden ist. Dagegen kommt die Kohlenstofffixierung der C4 Fotosynthese nur bei höher entwickelten Taxa vor und ist unter den Monokotyledonen wie Süß- und Sauergräsern weiter verbreitet, während sie bei Dikotyledonen, wozu die meisten Bäume und Sträucher gehören, seltener auftaucht (EHLERINGER, J. R., & CERLING, T. E. 2002, 186). Die C3-Fotosynthese gewann erst mit Entwicklung flachmariner Schelfbereiche vor ca. 2,5 - 2,3 Milliarden Jahren an Bedeutung (BOENIGK & WODNIOK 2014, 42). Somit entwickelte sich die CO₂-Fixierung nach dem C3-Weg unter anoxischen Bedingungen, also in Abwesenheit von Sauerstoff. Da die frühe Atmosphäre insbesondere die Gase

Methan und Kohlenstoffdioxid enthielt, spielte das Problem der Fotorespiration noch keine Rolle. Erst mit steigender Sauerstoffkonzentration in der Atmosphäre trat diese Problem zunehmend auf und begann, die Effizienz der C3-Fotosynthese zu limitieren (ebd., 43).

	Kohlenstoffdioxid	Sauerstoff
Anteil in der Atmosphäre Ende Silur	0,046 %	14 %
Verhältnis Ende Silur	1	6
Anteil in der Atmosphäre im Mitteleozän	1,2 %	20,95 %
Verhältnis im Mitteleozän	1	17
Anteil in der Atmosphäre im Oligozän	0,05 %	20,95 %
Verhältnis im Oligozän	1	419
Anteil in heutiger Atmosphäre	0,038 %	20,95 %
Verhältnis heute	1	551

Tab. 3: Vergleich der Anteile an O₂ und CO₂ in Volumenprozent in der heutigen Atmosphäre mit der Atmosphäre ausgewählter Erdzeitalter, sowie das daraus abgeleitete Verhältnis CO₂:O₂, (eigene Darstellung nach Angaben aus HUPFER et al. 2006, 26; KUTTLER 2009; OSCHMANN 2016)

Im Tertiär wurde die Pflanzenwelt mit stark sinkenden Kohlenstoffdioxidkonzentrationen konfrontiert. Während im mittleren Eozän der CO₂-Wert mit ca. 1200 ppm rund vier Mal höher lag als heute (vorindustrieller Wert~ 280ppm etwa im Jahr 1800) wurde im Oligozän, vor etwa 35-30 Millionen Jahren das Klima arider und kühler, die Kohlenstoffdioxidkonzentration nahm stark ab (> 500 ppm). In dieser Zeit entwickelten sich die ersten C4-Pflanzen. Insbesondere die Tatsache, dass der C4-Weg rund 70 Mal unabhängig voneinander entstanden ist, spiegelt den enormen Evolutionsdruck wieder. Dennoch spielten C4-Pflanzen quantitativ betrachtet zunächst eine untergeordnete Rolle. Die ariden Bedingungen hatten zunächst eine Umwandlung von Waldvegetation zu C3-Grasland zur Folge. Vor rund 10 Millionen Jahre im Obermiozän und Pliozän fiel dann die Kohlenstoffdioxidkonzentration weiter ab (> 300 ppm), es wurde noch trockener. Savannen und C4-Grasländer breiteten sich stark aus. Sie dominieren seit spätestens 2-3 Millionen Jahren die Graslandschaften der niederen Breiten (BOENIGK & WODNIOK 2014, 144; OSCHMANN 2016, 304).

Komplementär zu den Anpassungen an hohe Temperaturen wird im Lernzirkel auch eine physiologische Anpassung an Frost thematisiert. Temperaturen im Frostbereich können zu extremen Schädigungen führen. Das Wasser in den

Pflanzenzellen gefriert, durch die Eiskristallbildung platzen sie schließlich. Zudem können niedrige Temperaturen strukturverändernd auf Membranproteine wirken, wodurch z. B. sich die Fluidität der Membran verändert. Dies hat Störungen im Intermediärstoffwechsel zur Folge (FREY & LÖSCH 2010, 209–210).

Eine Strategie, diese Schäden zu minimieren, ist die osmotisch bedingte Gefrierpunktniedrigung. Die Kartoffel weist ab 4°C abwärts eine erhöhte Amylase-Konzentration in den Zellen auf. Dadurch wird Stärke bei Frost zu Glucose gespalten (NIELSEN et al. 1997, 509). Dadurch wird die Teilchenkonzentration in den Zellen erhöht und der Gefrierpunkt herabgesetzt (GUY 1990, 189).

3.4. Fachlicher Schwerpunkt Geographie: Ökozonen

Der Begriff Ökozonen bezeichnet "Großräume der Erde, die sich jeweils durch eigenständige Klimagenese, Morphodynamik, Bodenbildungsprozesse, Lebensweisen von Pflanzen und Tieren sowie Ertragsleistungen in der Agrar- und Forstwirtschaft auszeichnen. Entsprechend unterscheiden sie sich in auffälliger Weise nach dem jährlichen und täglichen Klimagang, den exogenen Landformen, den Bodentypen, den Pflanzenformationen und Biomen sowie den agraren und forstlichen Nutzungssystemen." (SCHULTZ 2000, 19). Die Abgrenzung der Ökozonen folgt gemäß der Klimaklassifikation von (TROLL & PAFFEN) (1964), welche sich an den Auswirkungen des Klimas auf die Vegetation orientiert. Demnach korrelieren die von ihnen abgegrenzten Klimate mit bestimmten (ggf. potentiellen) natürlichen Vegetationstypen (SCHULTZ 2000, 73).

Den hierarchischen Zusammenhang der Hauptkomponenten der geozonalen Ökosysteme verdeutlicht Abb. 23:

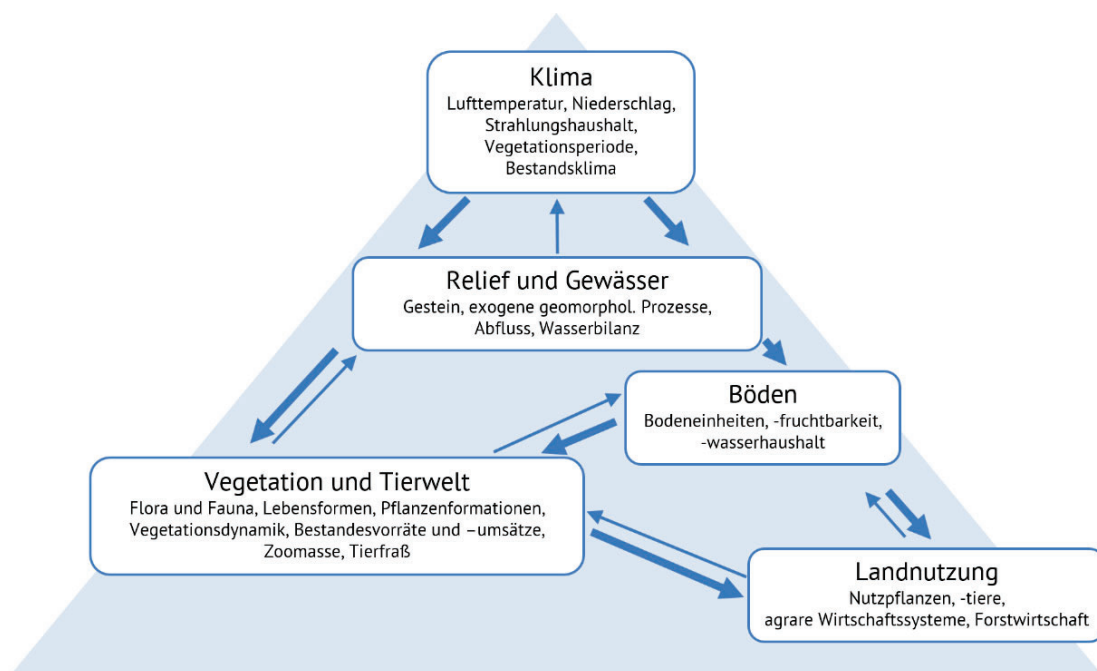


Abb. 23: Hierarchie der Hauptkomponenten von geozonalen Ökosystemen (nach SCHULTZ 2000, 21)

Die Kugelgestalt der Erde und die Stellung der Erde zur Sonne sind die Ursache für die zeitlich und räumlichen Unterschiede in Bezug auf die Beleuchtungssituation der Erdoberfläche. Die solare Einstrahlung erreicht am Äquator mehr als 800 kWh/m^2 , in den Polarregionen geht sie im Winter gegen

Null (WOLF et al. 2013, 17). Das Lambert'sche Gesetz formuliert eine maximale Energiezufuhr beim senkrechten Auftreffen der Strahlung auf eine Ebene.

$$I = \sin \beta * I_0$$

β = Sonnenhöhe oder Einstrahlungswinkel

I = solare Bestrahlungsstärke bei Sonnenhöhe β in W/m^2

I_0 = solare Bestrahlungsstärke bei senkrechtem Einstrahlungswinkel (Sonnenhöhe = 90°)

Wird die Ebene gekippt, verteilt sich die Energie auf eine größere Fläche, sodass die Energieausbeute pro Fläche geringer wird.

Übertragen auf die Konstellation Sonne-Erde, wird dieser Effekt durch die Krümmung der Erdoberfläche hervorgerufen. Je höher der Breitengrad, desto weniger Energie ist vorhanden, um die Luft über einem Quadratmeter Erdoberfläche zu erwärmen (vgl. Abb. 24). Diese Gesetzmäßigkeit führt zur Ausbildung der Klimazonen (ebd., 17–18).

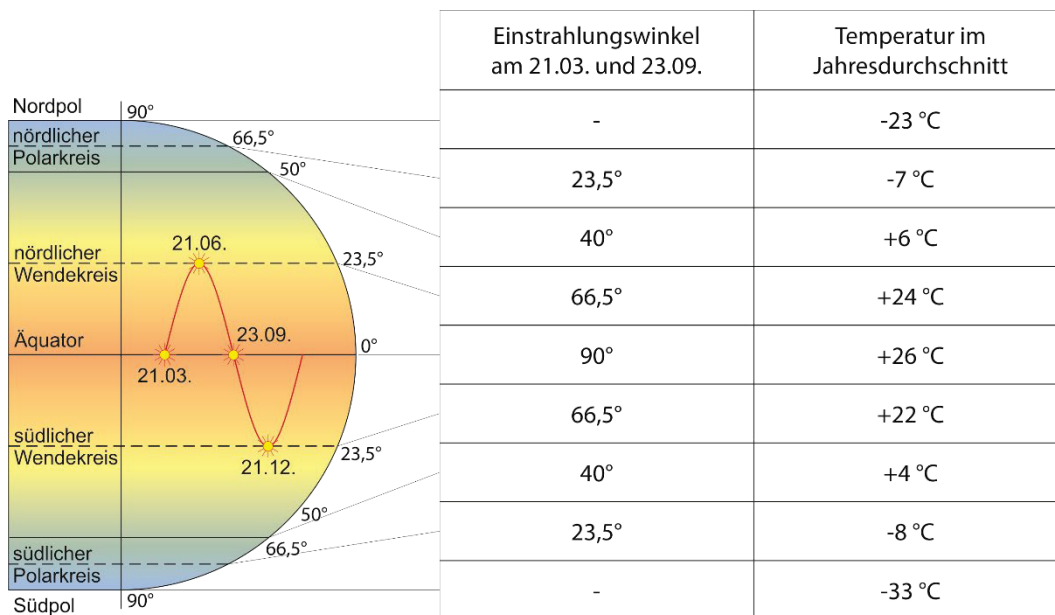
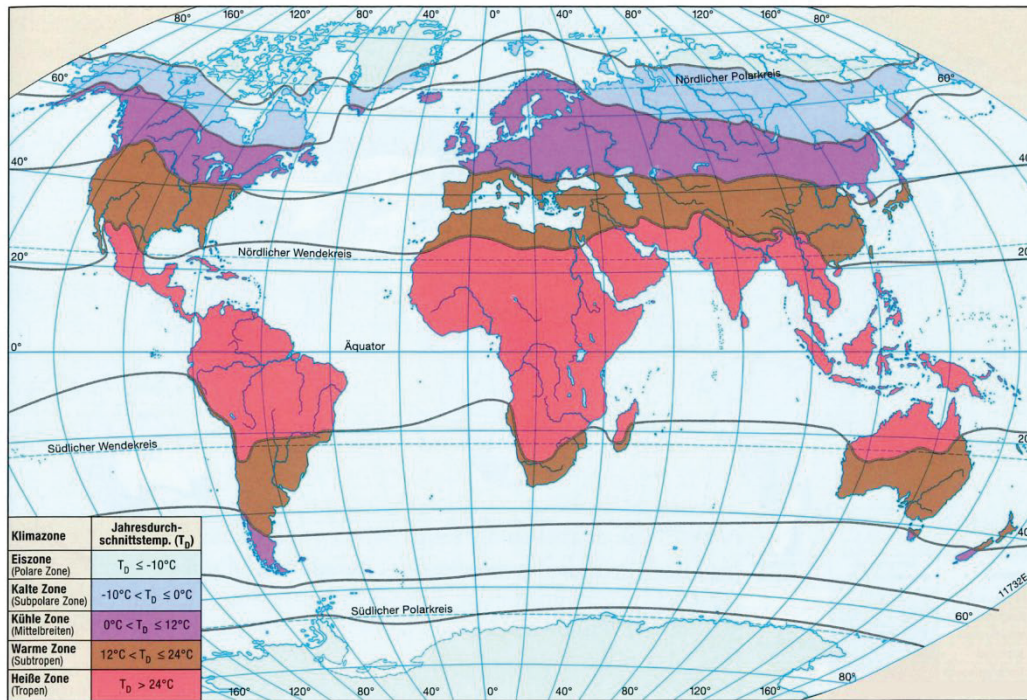


Abb. 24: Strahlung und Temperatur in Relation zur geographischen Breite (eigene Darstellung nach WOLF et al. 2013, 18)

Für den Lernzirkel wurde die Karte zur „Einteilung der Erde in fünf thermische Klimazonen auf Basis der Jahresdurchschnittstemperatur“ von Siegmund (2006, 35) als Grundlage (vgl. Abb. 25 oben) für eine weiter didaktisch reduzierte Klassifikation verwendet. Die Eiszone und die Kalte Zone wurden für den Lernzirkel zur Kalten Zone zusammengefasst (vgl. Abb. 25 unten).



Einteilung der Erde nach Klimazonen

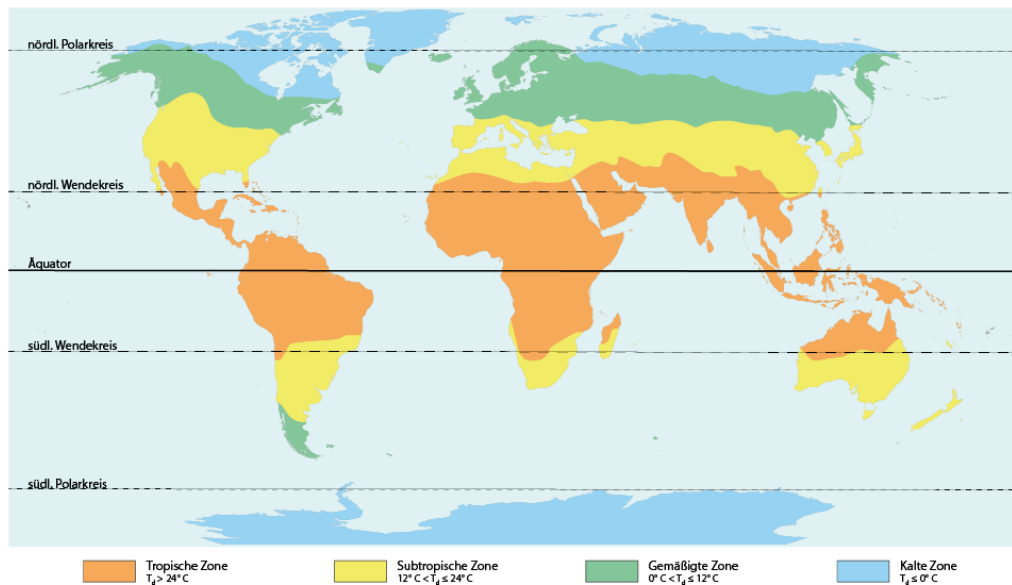




Abb. 25: Klimakarte nach SIEGMUND (2006, 35) (oben) diente als Grundlage für die im Lernzirkel didaktisch reduzierte Klimakarte (unten) mit den vier großen Klimazonen, die sich in den Gewächshäusern des Botanischen Gartens in etwa abbilden lassen.

Konvergente Entwicklungen (auch) bei taxonomisch nicht verwandten Sippen zeigen deutlich, dass sich Pflanzen an ihre Standortbedingungen anpassen. So haben sich im Laufe der Evolution eine recht überschaubare Zahl von Lebens- und Wuchsformen entwickelt. Sie zeichnen sich durch ähnlichen Habitus, ähnliche Anpassungsmechanismen an die Umweltbedingungen und ähnliche ökosystemare Funktionen aus, auch wenn sie genotypisch verschieden sind. So lassen sich den Ökozonen weitgehend bestimmte Lebensformspektren zuordnen, welche eine jeweilige Vegetationsformation (Synonym: Pflanzenformation) prägen. Diese physiognomisch-ökologischen Vegetationseinheiten sind also durch ihre Gestaltsmerkmale geprägt und damit Ausdruck der abiotischen Umweltdifferenzierung (SCHULTZ 2000, 74–75).

Es gibt mehrere Klassifikationen der Lebensformen, z. B. differenziert aufgrund der äußeren Erscheinung, des ökologischen Verhaltens oder der Anpassung an den Faktor Wasser. Bei Letzterem werden z. B. xeromorph (angepasst an Trockenheit), mesomorph (an mittlere Feuchtegrade angepasst) und hygromorph (an feuchte Standorte angepasst) unterschieden. Das weitaus bekannteste Klassifikationsmodell der Wuchs- und Lebensformen beruhen auf den Arbeiten des dänischen Botanikers Christian Raunkiær. Er differenziert fünf Hauptgruppen aufgrund der Anordnung und dem Schutz der Erneuerungsknospen in der ungünstigen Jahreszeit (RAUNKIÆR 1934). Nachfolgende Abb. 26 zeigt eine Übersicht über die einzelnen Formen.

	<p>Phanerophyten (Bäume, Sträucher)</p> <p>Erneuerungsknospen in beträchtlicher Höhe über dem Erdboden und damit oberhalb der schützenden Schneedecke. Sie sind daher Kälte und Wind besonders ausgesetzt.</p>
	<p>Chamaephyten (Zwergsträucher, Polsterpflanzen)</p> <p>Überwinternde Knospen liegen zwischen 1 cm und 50 cm über dem Boden, und genießen somit im Winter den Schutz der Schneedecke. Ihr dichter Wuchs schützt die Knospen ebenfalls vor Wind und Frost.</p>

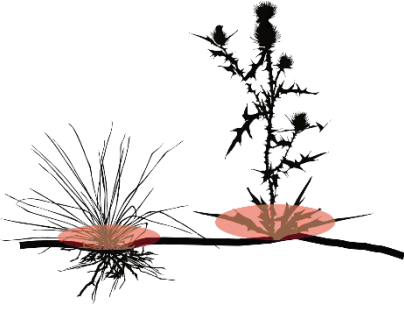


	<p>Hemikryptophyten (Gräser, Rosettenpflanzen, Stauden)</p> <p>Die Überwinterungsorgane liegen unmittelbar oberhalb der Erdoberfläche. Die oberirdischen Pflanzenteile sterben im Herbst ab. Die Schneedecke, Streu und alte Blätter wirken isolierend.</p>
	<p>Geophyten/Kryptophyten</p> <p>Überwintern durch Knollen oder Zwiebeln im Boden. Aus diesen Speicherorganen treibt die Pflanze im Frühjahr wieder aus.</p>
	<p>Therophyten (Samenpflanzen)</p> <p>Nur der Samen überwintert, die „Mutterpflanze“ stirbt ab. Eine neue Pflanze muss im Frühjahr aus dem Samen austreiben und rasch genügend Stoffe produzieren, um im Herbst Samen bilden zu können.</p>

Abb. 26: Lebensformen nach Christian Raunkjær (1934) (eigene Darstellung)

Im Zusammenhang mit der Beschreibung zonaler Pflanzenformationen steht der Begriff der Klimaxvegetation (Synonyme: Klimaxformation oder Klimax). In Abgrenzung zur Pflanzensoziologie, welche die Klimax als Schlussgesellschaft einer Sukzession versteht, wird dieser Begriff im Zusammenhang mit Ökozonen so verstanden, dass er die natürliche (oder potentiell natürliche) Vegetation, welche sich in Übereinstimmung mit dem Großklima ausgebildet hat, beschreibt (SCHULTZ 2000, 75). Einen ersten groben Überblick über die Verteilung der Lebensformen in unterschiedlichen Pflanzenformationen ausgewählter Ökozonen ermöglicht Tab. 4.

	Tundra	Borealer Nadelwald	Sommergrüner Laubwald	Tropischer Regenwald
Phanerophyten	1	10	54	96
Chamaephyten	22	17	9	2
Hemikryptophyten	60	54	24	-
Geophyten	15	12	9	2
Therophyten	2	7	-	-

Tab. 4: Prozentanteile der Lebensformen in den Pflanzenformationen unterschiedlicher Ökozonen (nach STRASBURGER & SITTE 1998, 1007)

Vorrangig nach o.g. naturräumlichen Kriterien lassen sich für das Festland neun Ökozonen ausgliedern (SCHULTZ 2000, 23). Diese werden nachfolgend kurz hinsichtlich Verbreitung, Klima und Klimaxformationen charakterisiert. Auf Ausführungen zur Morphodynamik, Bodenbildungsprozesse, Lebensweisen von Tieren sowie Ertragsleistungen in der Agrar- und Forstwirtschaft wird an dieser Stelle verzichtet, da sich die Inhalte des Lernzirkels überwiegend mit dem Zusammenhang zwischen Klima und Vegetation befassen. An Stationen, die auch o.g. Themenfelder tangieren, sind diese Zusammenhänge in der jeweiligen Stationsbeschreibung aufgeführt, dies gilt insbesondere für die Stationen G1 und G2.

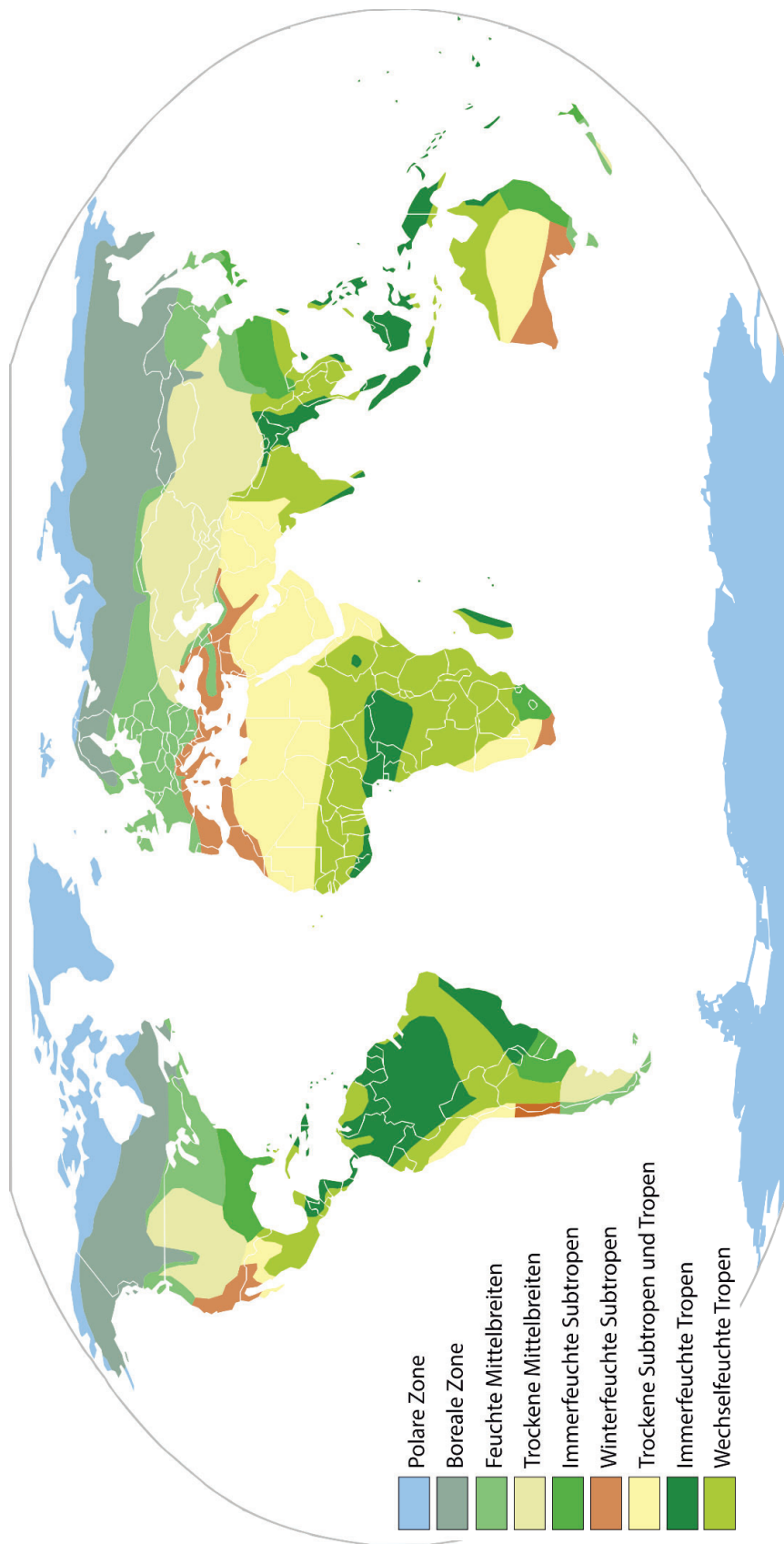


Abb. 27: Ökozonen der Erde (Quelle: DIETZEL 2007, CC BY-SA 2.5, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5> nach RICHTER 2001; SCHULTZ 2000, 577)

Polare Zone/Subpolare Zone:

Die bipolare Verbreitung dieser Ökozone ist ungleich verteilt. So nimmt die überwiegend aus Eiswüsten bestehende Antarktis zwei Drittel dieser Zone ein. Die nordhemisphärische Verbreitung endet äquatorwärts an der polaren Baumgrenze (SCHULTZ 2001e, 86). Die Polare bzw. Subpolare Zone erstreckt sich in Nordamerika vom arktischen Archipel bis zum Südende der Hudson Bay und bedeckt den Norden und Westen Alaskas. In Eurasien sind hier die arktischen Inseln und Island zu nennen sowie ein etwa 300-500 km breite Küstenzone nördlich des Polarkreises in Skandinavien und Russland (v. a. Sibirien) (SCHULTZ 2000, 26). Die Gesamtfläche dieser Zone umfasst 22 Mio. km², sie bedeckt demnach knapp 15 % des Festlandes (SCHULTZ 2001e, 86).

Die mittleren Lufttemperaturen übersteigen für maximal drei Monate die 5°C-Marke, die Vegetationsperiode ist thermisch bedingt sehr kurz. In dieser Zeit erreicht die Sonneinstrahlung 50 bis 150 x 10⁸ kJ/ha. Auch in den wärmsten Monaten bleiben die Lufttemperaturen im einstelligen Bereich und damit weit unter dem Optimum für Lebensvorgänge. Niederschläge fallen über das Jahr verteilt meist (in Eisklimaten immer) in Form von Schnee. Die Niederschlagssumme erreicht selten mehr als 250 mm (SCHULTZ 2001a, 86). Während der Vegetationsperiode herrschen Langtags- bis Ganztagsbedingungen, d. h. die Tageslänge beträgt zwischen 20-24 h (SCHULTZ 2000, 37).

Die an der Erdoberfläche ankommende Globalstrahlung setzt sich in höheren Breiten ab 60° N bzw. S. insbesondere in den Wintermonaten in etwa aus gleichen Anteilen diffuser und direkter Strahlung zusammen. Nur um die Zeit der Sommersonnenwende ist die direkte Strahlung in den Polarregionen um vier- bis fünfmal stärker als die diffuse Strahlung (KAPPAS 2009, 89).

Die zonale Vegetationsgliederung in der Polaren/Subpolaren Zone korrespondiert mit dem polwärts abnehmenden Deckungsgrad der Vegetation. Zugleich reduziert sich auch die Wuchshöhe der Pflanzendecke (SCHULTZ 2000, 37).

Nach dem Deckungsgrad der Vegetation können die Klimaxformationen der Polaren Wüste (<10 % Deckungsgrad), welche im Wesentlichen frei von höheren Pflanzen ist, sowie Hocharktische (10-80 % Deckungsgrad) und Niederarktische Tundra (>80 % Deckungsgrad) differenziert werden (SCHULTZ 2001a, 86).

Perrenierende Arten mit einer langen Lebensdauer prägen die Tundren. An Wuchsformen dominieren Hemikryptophyten und Chamaephyten mit einer Wuchshöhe meist unter 30 cm (SCHULTZ 2000, 154). Zwergsträucher mit vielen

Erneuerungsknospen und wintergrünen Assimilationsorganen sind an kalten Standorten am erfolgreichsten. Ihre reproduktive Phase dauert meist zwei oder mehr Vegetationsperioden. Die Fortpflanzung über Samen spielt nur eine untergeordnete Rolle, da die Samenbildung nur schwach ausgeprägt ist. Dagegen ist die vegetative Vermehrung an diesen Standorten erfolgreicher (KAPPEN 1983, 88–89). Theropyhten fehlen, da die Vegetationsperiode zu kurz ist, um aus Samen neue Individuen zu bilden, diese zur Blüte und Fruchtbildung zu bringen. Der Permafrostboden verhindert ein tiefes Eindringen der Wurzel, sodass die vertikale Ausdehnung der Biosphäre extrem dünn ist (SCHULTZ 2000, 154).

Durch den fast überall in der Polaren/Subpolaren Zone auftretenden Permafrostboden ist der Wurzelraum auf höchstens 1 m Tiefe beschränkt, weshalb Staunässe weit verbreitet ist (ebd., 178). In den langen Wintern können die Pflanzen kein Wasser über die Wurzeln aufnehmen, da das Bodenwasser gefroren ist. Daher zeigen Pflanzen neben Anpassungen an niedrige Temperaturen auch Anpassungen an Trockenheit auf. So sind beispielsweise die (Nadel-)Blätter xeromorph gebaut, eingesenkte Stomata und Wachsauflagerungen verringern die Verdunstung. Zudem tragen viele Pflanzen Nadeln, die mehrjährig sind und somit energetisch effizienter, denn sie müssen nicht in den ohnehin kurzen Sommern neu gebildet werden (BOENIGK & WODNIOK 2014, 203).

An windigen Standorten sind Schäden durch Windschliff relativ häufig: wiederholte Kollision von Blättern gegen andere Blätter oder Zweige führt zu mikroskopisch kleinen Abrasionsschäden bis hin zum Abreißen ganzer Blätter (GRACE 1977, 80). Damit geht Gewebe, das für die Fotosynthese genutzt werden kann verloren, oder wird beschädigt, was zum Wasserverlust führt (ebd., 68). Dichte Zweige und Verästelungen fungieren als Windbrecher und stellen so ein relativ feuchtes Mikroklima im Inneren der Sträucher her. Damit wird die Transpiration der Blätter herabgesetzt (M. S. MCGLONE AND C. J. WEBB 1981, 20). Zudem weisen Pflanzen an diesen Standorten häufig kleine, sorgfältig voneinander getrennte Blattformen und -stellungen auf (ebd., 21). Niedrig wachsende Pflanzen, die sich dicht an der Erdoberfläche drängen, finden Schutz unter der Schneedecke. Wenn diese fehlt, bieten v. a. die Lee-Seiten von Felsblöcken und Bodensenken Schutz vor Windschliff (KAPPEN 1983, 88).

Im Winter schützt die Schneebedeckung Boden und Pflanzen vor der tiefen Abkühlung, wie sie in höheren Luftschichten stattfindet. Wegen der eingeschlossenen Luft kann Schnee nur in geringem Maße Wärme weiterleiten, weder nach oben, noch nach unten. Daher wirkt eine Schneebedeckung

isolierend auf die Vegetation unter ihr und den Boden (BLÜTHGEN & WEISCHET 1980, 103).

Im sichtbaren Bereich der kurzwelligigen Strahlung (0,4 bis 0,7 μm) reflektiert die Schneedecke einen Großteil der Strahlung. Im IR-Bereich, insbesondere zwischen 1,5 und 2,0 μm wird dagegen bis zu 90 % der auftreffenden Strahlung absorbiert (FÖRSTER 2013, 11). Ein Teil der nicht an der Schneeoberfläche reflektierten kurzwelligigen Strahlung kann durch Transmission weiter in tiefer gelegene Schichten der Schneedecke gelangen. Durch die kristalline Struktur und durch die vielen Übergänge von Eis zu im Schnee eingeschlossener Luft kommt es zur Streuung bzw. Reflexion der Strahlung, aber auch zur Absorption in tieferen Schichten. In einer Schneedecke kann kurzwellige Strahlung daher noch bis zu einem Meter Tiefe nachgewiesen werden (OKE 2009, 84). Die in die Schneedecke eindringende Strahlung wird von den Pflanzen stärker absorbiert als von Schnee. Die Pflanzen erwärmen sich daher und bringen den Schnee um sie herum geringfügig zum Abschmelzen. Der entstehende Hohlraum schafft so ein günstiges Mikroklima wie in einem Gewächshaus (PFADENHAUER & KLÖTZLI 2014, 534). Pflanzen sind unter der Schneedecke sogar schon in der Lage Blätter zu bilden, auch wenn der Boden noch gefroren ist und die Wurzeln daher noch keine Nährstoffe aufnehmen können (F. S. CHAPIN III et al. 1986, 707).

Nach der Schneeschmelze trifft die Sonnenstrahlung direkt auf die Bodenoberfläche. Die Luft erwärmt sich dort stärker als in der Höhe. Damit bekommt die Pflanzenwelt einen kräftigen Temperaturschub, die eigentliche Vegetationsperiode beginnt. Dieser Zeitpunkt kann kleinräumig bis zu mehrere Wochen variieren (SCHULTZ 2000, 133). Meteorologischen Daten zur Lufttemperatur, die in 2 m Höhe gemessen werden, sind für den niedrigen Pflanzenteppich nicht aussagekräftig. Wie Abb. 28 zeigt, kann der bodennahe Temperaturgradient beträchtlich sein. Wenn an der Messhöhe der Klimastation die Lufttemperatur 0°C erreicht, kann der Boden schon einen halben Meter aufgetaut sein und die Vegetationsentwicklung schon längst begonnen haben. Die Lufttemperatur der bodennahen Vegetationsbestände überschreitet tagsüber die Lufttemperatur oft um mehr als 10°C (WALTER & BRECKLE 1999, 466).

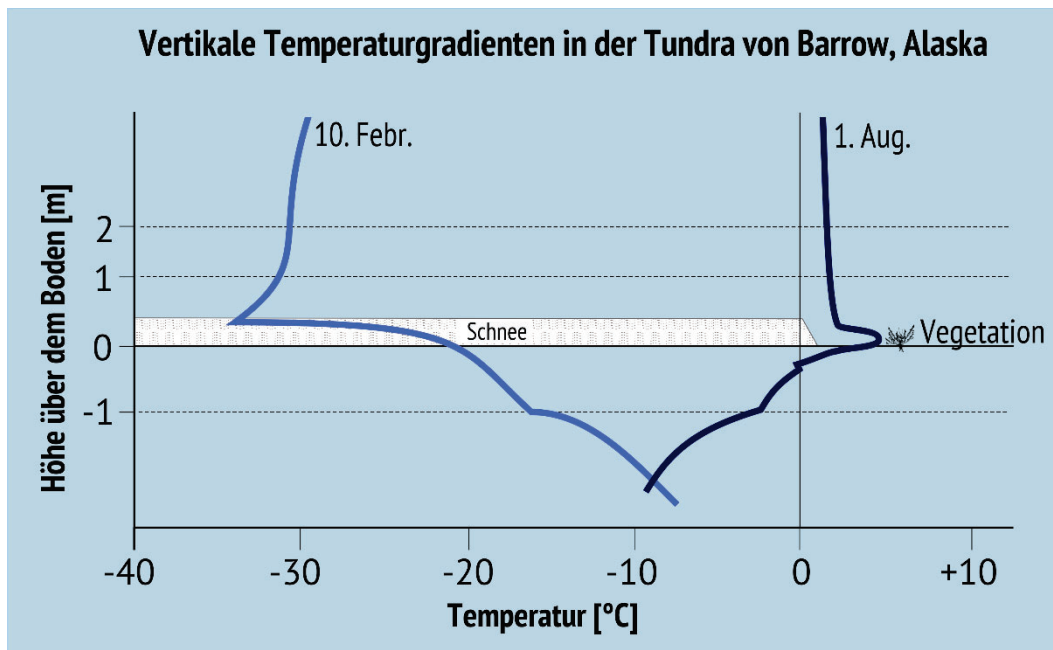


Abb. 28: Vergleich vertikaler Temperaturgradienten im Winter und Sommer, Barrow (Alaska) (eigene Darstellung nach SCHULTZ 2000, 134)

Boreale Zone

Die Boreale Zone ist als einzige Ökozone nur nordhemisphärisch verbreitet. Dort nimmt sie weltumspannend einen Streifen mit einer Breite von wenigstens 700 km und maximal 2.000 km Breite ein. Sie reichen an den Ostseiten der Kontinente bis ca. 50°N, aufgrund warmer Meeresströmungen auf den Westseiten nur bis ca. 60°N. Nach Norden findet diese Zone mit der borealen Baumgrenze ihren Abschluss, die in Eurasien mit 72° und in Nordamerika mit 69° ihre nördlichsten Punkte hat (SCHULTZ 2001b, 78). Zur Borealen Zone ist in Nordamerika ein etwa 700 km breiter Gürtel von Alaska bis Neufundland zu zählen, er umfasst demnach den größten Teil Kanadas südlich der Tundren. Sein Pendant auf dem eurasischen Festland zieht sich als 1.000-1.500 km breiter Streifen von Skandinavien bis Kamtschatka (SCHULTZ 2000, 26). Die Gesamtfläche aller Teilgebiete beträgt 19,5 Mio. km²; die Boreale Zone bedeckt somit 13 % des Festlandes (SCHULTZ 2001b, 78).

Mäßig warme Sommer kennzeichnen das Klima in der Borealen Zone. Auch hier sind die hygrothermischen Wachstumsbedingungen eingeschränkt, denn nur 4-6 Monate weisen eine mittlere Lufttemperatur von >5°C auf. Im Gegensatz zur polaren Zone überschreitet die Lufttemperatur jedoch in mind. 1, meist 2-3 Monaten die 10°C, bleiben jedoch unter 18°C. Während der Vegetationsperiode herrschen Lang- bzw. Dauertagsbedingungen mit einer Tageslänge zwischen 12

und 20 Stunden. Die Globalstrahlung liegt dann zwischen $150 - 300 \times 10^8$ kJ/ha (ebd.).

Nadelwälder mit Laubböhlern in der Strauchschicht und Chamaephyten und Hemikryptophyten in der Krautschicht prägen die zonale Pflanzenformation der Borealen Zone. Eine Untergliederung zeigt sich am deutlichsten in der von Süd nach Nord abnehmenden Dichte und Höhe des Baumbestandes. So finden sich im Süden noch geschlossene boreale Nadelwälder, die sich nach Norden hin zu Waldtundren und lichten Flechtenwäldern ausdünnen (ebd., 79). Die Pflanzengesellschaften der Nadelwälder und Waldtundren sind durchweg sehr artenarm. So finden sich beispielsweise in den nordamerikanischen borealen Wäldern nur neun Baumarten (SCHULTZ 2000, 195; PAYETTE 1992). Die Baumschicht der borealen Wälder werden dominiert von Fichten (*Picea ssp.*), Kiefern (*Pinus ssp.*) Lärchen (*Larix ssp.*) oder Tannen (*Abies ssp.*), wobei häufig über Tausende von Quadratkilometern nur eine Art vorkommt (SCHULTZ 2000, 195).

Feuchte Mittelbreiten

Die Feuchten Mittelbreiten unterteilen sich in vier nordhemisphärische und drei kleinere südhemisphärische Vorkommen. Aufgrund des Einflusses unterschiedlich temperierter Meeresströmungen liegt diese Zone an den Westseiten der Kontinente zwischen 40°N und 60°N , an den Ostseiten mit 35°N und 50°N etwas näher Richtung Äquator (SCHULTZ 2001c, 78). Nordamerikas Feuchte Mittelbreiten bedecken die Westküste von Oregon bis Kanada, sowie den Nordosten der USA und benachbarte Gebiete Kanadas. In Eurasien sind hierzu West-, Mittel- und Osteuropa bis ca. 1.500 km östlich des Urals, der Nordosten Chinas, Korea (mit Ausnahme des Südens) und Nordjapan zu zählen. Auch auf der Südhalbkugel sind die Feuchten Mittelbreiten vertreten: sie bedecken das südliche Chile sowie den Südosten Australiens, Tasmanien und die Südinsel Neuseelands (SCHULTZ 2000, 26). Die Gesamtfläche der Teilvorkommen beläuft sich auf rund 14,5 Mio. km^2 , was ca. 9,7 % der Festlandsfläche ausmacht (SCHULTZ 2001c, 78).

Frontengebundene Niederschläge sorgen in den Feuchten Mittelbreiten für stark unbeständige Witterungsverläufe. Die Abkühlung im Winter sowie die Erwärmung in den Sommermonaten sind weniger stark als in den pol- bzw. äquatorwärts anschließenden Ökozonen und sorgen für ein gemäßigtes Klima. Auf der Nordhalbkugel gib es zudem längere Übergangszeiten. Die Jahressummen an Niederschlag liegen zwischen 500-1000 mm und fallen weitgehend gleichmäßig über das Jahr verteilt. Sofern Schnee fällt, bildet dieser

keine langanhaltende Schneedecke. Die Vegetationsperiode beträgt mind. sechs Monate, unter extrem ozeanischen Bedingungen in Küstennähe ist Pflanzenwachstum auch ganzjährig möglich. Die Globalstrahlung erreicht $300\text{--}400 \times 10^8 \text{ kJ/ha}$. Im Sommer herrschen Langtagsbedingungen mit Tageslängen zwischen 12 und 16 Stunden (ebd.)

Sommergrüne Laub- und Mischwälder prägen die (potentielle) natürliche Vegetation in den meisten Teilgebieten der Feuchten Mittelbreiten. Auffällig sind die phänologischen Jahreszeiten dieser natürlichen Waldstandorte, in denen sich im Herbst eine Laubverfärbung mit anschließendem Blattfall einstellt. Krautige Teile der Hemikryptophyten oder Geophyten sterben ab. Letztere kündigen dann im Frühjahr den Beginn einer neuen Vegetationszeit an, noch bevor die Holzpflanzen Blätter und Blüte austreiben. Der Artenreichtum der sommergrünen Wälder variiert in den Teilregionen. So kommen in Europas Wäldern rund 100 Laubbaumarten, in Nordostamerika 140 und in den Wäldern Ostasiens rund 780 Arten vor (SCHULTZ 2000, 244).

Wie oben bereits erwähnt, ist in küstennahen Gebieten keine Vegetationsruhe erforderlich. Dort konnten sich Regenwälder aus immergrünen Gehölzen ausbilden. Davon zeugen heute noch die Südbuchenwälder (*Nothofagus ssp.*) Neuseelands. Auch die temperaten Nadelwälder in Nordamerika, die sich durch enorme Wuchshöhen von 50–80 m auszeichnen, stellen eine Klimaxvegetation dieser Ökozone dar (SCHULTZ 2001c, 79). Die Feuchten Mittelbreiten werden intensiv landwirtschaftlich genutzt weshalb die natürlichen Wälder zu Wirtschaftswäldern kultiviert wurden. Daher ist diese Ökozone heute waldarm (SCHULTZ 2000, 240).

Trockene Mittelbreiten

In Nordamerika ziehen sich die Trockenen Mittelbreiten von den Great Plains von Saskatchewan und Alberta in Kanada bis Texas in den USA; auch das Große Becken gehört zu dieser Ökozone. In Eurasien bedeckt sie einen z.T. über 2.000 km breiten interkontinentalen Streifen, der sich von der Ukraine bis zur Wüste Gobi und der Mongolei zieht. Auf der Südhalbkugel bedeckt sie das südliche Argentinien (Ostpatagonien) und einen kleinen Teil der Ostseite der Südinsel Neuseelands (ebd., 26). Die Trockenen Mittelbreiten nehmen eine Fläche von $16,5 \text{ Mio. km}^2$ ein; dies entspricht 11,1 % der weltweiten Festlandsfläche (SCHULTZ 2001d, 94).

Die hygrothermischen Wachstumsbedingungen in den Trockenen Mittelbreiten sind sowohl durch winterliche Abkühlung als auch durch sommerliche

Trockenheit auf höchstens vier (seltener fünf) Monate begrenzt. Zudem liegen die sommerlichen Lufttemperaturen sehr hoch. So können insbesondere im Süden hochkontinentaler Trockengebiete bis zu fünf Monate eine Monatsmitteltemperatur von $>18^{\circ}\text{C}$ erreichen. Die winterlichen Monatsmittel fallen dagegen meist für 3-5 Monate unter 5°C . Die Jahresniederschlagssummen liegen zwischen <200 bis <400 mm (SCHULTZ 2000, 44–45).

Je nach Feuchteangebot lassen sich in den Trockenen Mittelbreiten verschiedene Steppentypen ausgliedern: Wald-, Langgras-, Kurzgras- und Wüstensteppen. In diesen Grasfluren dominieren Hemikryptophyten, meist Gräser, aber auch Therophyten. Liegt der Jahresniederschlag unter 100 mm prägen auch temperate Wüsten die Landschaft; hier dominieren eher Chamaephyten (SCHULTZ 2001d, 94–95).

Die Pflanzen müssen sich in dieser Ökozone sowohl an Winterkälte als auch an Sommerdürre anpassen. Für die dominierenden Wuchsformen ist Kältestress hier kaum von Bedeutung, da sie ihre Erneuerungsorgane im Boden oder kurz darüber tragen oder als Samen die Ungunstzeit überdauern. Die größere Belastung entsteht für sie durch Dürrestress im Sommer, dem viele mit xeromorphen Merkmalen begegnen. So werden mit zunehmender Aridität die Blätter kleiner und dicker, die Zahl der Stomata pro Blattfläche steigt und es treten mehr Arten mit eingerollten Blättern auf. Zudem bilden insbesondere die Gräser ein weit verbreitetes Wurzelsystem aus. An physiologischen Anpassungen ist auffällig, dass insbesondere unter den Gräsern in südlicher Richtung C4-Pflanzen zunehmen (SCHULTZ 2000, 287).

Winterfeuchte Subtropen

Die Ökozone der winterfeuchten Subtropen finden sich in kleineren, voneinander isolierten Regionen. So bedecken sie die küstennahen Gebiete Kaliforniens; in Eurasien ziehen sie sich als breiter Saum am nördlichen und östlichen Mittelmeerrand entlang und setzen sich bis in den Iran nach Osten fort. In Südamerika zählt das mittlere Chile, in Australien sind die Region um Perth und Adelaide zu dieser Zone. Im Norden Afrikas gehören die Küstensäume Marokkos, Algerien, Tunesien zu den winterfeuchten Subtropen, in Südafrika die Kapregion (ebd., 26). Die winterfeuchten Tropen bedecken mit 2,5 Mio. km^2 nur 1,7 % der Festlandsfläche und sind somit die kleinste Ökozone (SCHULTZ 2001e, 86).

Wie der Name dieser Ökozone bereits suggeriert, konzentrieren sich die Niederschläge auf die kühle Jahreszeit. Diese niederschlagsreiche Zeit ist

zugleich die Vegetationsperiode; d. h. diese ist hier weniger thermisch, sondern eher hygrisch bedingt. Die Jahresniederschlagssummen liegen zwischen 500-1000 mm. In mind. vier Sommermonaten liegen die Lufttemperaturen $>18^{\circ}\text{C}$, im Winter fallen die Monatsmittel nicht unter 5°C . Dennoch kommt auch Frost vor. Die Sonneneinstrahlung während der Vegetationsperiode liegt zwischen 200 und $300 \times 10^8 \text{ kJ/ha}$ (ebd.).

Zwar ist hier ganzjährig eine Primärproduktion möglich, dennoch ist diese nur schwach ausgeprägt, da harte Lebensbedingungen wie Dürrestress im Sommer, nährstoffarme Böden und häufige Feuer eine enorme Herausforderung darstellen. Die Bedeutung dieser Einflussfaktoren spiegelt sich in der konvergenten Entwicklung insbesondere morphologische Anpassungen vieler Pflanzenarten wider. Dies betreffen überwiegend den skleromorphen Bau der Blätter (Sklerophyllie, extrem hartlaubige Blätter). Andere Pflanzen hingegen sind dimorph-blättrig, d. h. sie bilden in der ariden Zeit deutlich kleinere Blätter aus.

In den mediterranen Gebieten liegen im Schnitt nur wenige Jahrzehnte zwischen den Feuerereignissen. Brände gehören von Natur aus hierher, auch wenn sie heutzutage eher von Menschen initiiert werden. Die mediterrane Vegetation ist höchst feuergefährdet, weil Hitze und Trockenperiode jahreszeitlich zusammenfallen. Zudem stehen die Gehölze recht dicht beieinander; ätherische Öle und Harze machen Blätter und Holz leicht entflammbar. Busch- und Waldbrände richten in diesem Ökosystem schwerwiegendere Schäden an als die oftmals nur flüchtigen Grasfeuer in den wintertrockenen tropischen Savannen (SCHULTZ 2000, 330). Eine Pflanzengesellschaft an einem Standort wird zwar in ihrer Gesamtheit von einem Feuer beeinflusst, jedoch variieren die Reaktionen der Individuen dieser Gesellschaft oft sehr unterschiedlich. So kann zwar der Jungwuchs einer Art durch einen Brand komplett zerstört werden, adulte Exemplare können dennoch überleben, denn oftmals erreichen die Brände die Kronen nicht (GILL et al. 1981, 167). In der Anpassung an Feuer werden unterschiedliche Strategien verfolgt. So gibt es Gehölze wie beispielsweise die Korkeiche (*Quercus suber*), die sich durch eine dicke Borke und Knospenschutz vor den Flammen schützen, andere hingegen zeichnen sich durch eine hohe Regenerationsfähigkeit aus und reagieren auf Hitzeeinwirkungen mit Wachstumsschüben. Aus dem sogenannten Lignotuber treiben einige Gehölze nach Bränden sehr schnell wieder aus (Strategie der *resprouters*). Diese unterirdische, verholzte Anschwellung im Bereich der Keim- und Primärblätter inklusive des Wurzelhalses dient als Speicherorgan, aus dem nach dem Brand neue Triebe sprießen. Einige Pyrophyten benötigen sogar das Feuer zum Öffnen ihrer Samen.

Zu Vertretern dieser *nonsprouters* oder *seeders* zählen beispielsweise Zapfen der Aleppokiefern (*Pinus halepensis*) (SCHULTZ 2000, 330). Viele der in Australien endemischen *Hakea*, *Banksia*- und *Casuarina*-Arten tragen Samenvorräte, die sich erst nach einem Brand öffnen (GILL et al. 1981, 168). Insbesondere bei Arten mit verholzten Fruchtständen trocknet die Exine erst nach einer Feuereinwirkung und gibt erst dann den Samen frei. Dies gewährleistet eine Verjüngung zu einem günstigen Zeitpunkt, da nach dem Brand die Licht- und Wurzelkonkurrenz deutlich vermindert und der Bestandsabfall in nährstoffreiche Asche umgewandelt ist (GILL 1975, 16).

Ursprünglich prägten in dieser Zone immergrüne Hartlaubwälder die Landschaft. Diese sind heute jedoch meist zu Hartlaubstrauchformationen oder bei extremer Störung gar zu Magerrasen degradiert. Bei den Hartlaubstrauchformationen lassen sich je nach Wuchshöhe zwei Ausprägungen untergliedern, die regional eine unterschiedliche Artenzusammensetzung und Bezeichnungen tragen. So werden die hochwüchsigen, dichten Hartlaubstrauchgesellschaften in Frankreich mit *macchien*, in Chile mit *matorral denso*, in Australien mit *mallee*, in Südafrika mit *fynbos* und in Kalifornien mit *chaparral* bezeichnet. Die niederwüchsigen, eher offenen Hartlaubformationen heißen in Frankreich *garrigues*, in Australien *kwongan*, in Südafrika *renosterveld* und in Chile *jaral* (SCHULTZ 2001e, 86). Die Teilgebiete zeichnen sich jeweils durch einen hohen Artenreichtum aus. Sie liegen weit getrennt voneinander, weshalb der Florenbestand sehr unterschiedlich. So gehören die einzelnen Vorkommen vier verschiedenen Florenreichen an. C4-Pflanzen kommen nicht vor (SCHULTZ 2000, 344).

Immerfeuchte Subtropen

Auch die Vorkommen der Immerfeuchten Subtropen sind ähnlich kleinräumig und zerteilt wie die Winterfeuchte Subtropen und liegen um 25°N - 35°N. Sie sind auf die Ostseiten der Kontinente beschränkt (SCHULTZ 2001f, 86). Die Immerfeuchten Subtropen finden sich in Nordamerika im Südosten der USA, in Eurasien im mittleren China sowie im südlichen Küstensaum Koreas und in der südlichen Hälfte Japans. In Südamerika bedecken sie die Südstaaten Brasiliens, die östliche Pampa Argentiniens und Uruguay. Ostaustraliens Küstenzone mit der Great Dividing Range sowie die Nordinsel Neuseelands sind ebenfalls zu den Immerfeuchten Subtropen zu zählen, ebenso wie östliche Teile Südafrikas (SCHULTZ 2000, 26). Zusammen nehmen sie mit rund 6 Mio. km² einen Festlandsanteil von 4 % ein (SCHULTZ 2001f, 86).

In den Immerfeuchten Subtropen fallen die Niederschläge über das Jahr verteilt, erreichen jedoch in den Sommermonaten ihre Maxima. Lediglich in küstenfernen Gebieten können die Niederschläge so gering ausfallen, dass subhumide Bedingungen entstehen, die das Pflanzenwachstum einschränken können. Im Sommer übersteigen in mind. vier Monaten die Mitteltemperaturen die 18°C-Marke. Auch in den kältesten Wintermonaten bleiben die Monatsmittel >5°C, nur in einigen kontinentalen Regionen sinken sie mitunter auf etwa 4°C ab. Leichte Fröste sind die Regel; sie schränken das Pflanzenwachstum um 1 bis 2 Monate ein. Seltener sind tiefe Fröste bis etwa -10°C. In dieser Ökozone treffen Hurrikans bzw. Taifune auf die Küstenregionen (ebd., 86–87).

Die winterliche Abkühlung und/oder mangelnder Niederschlag in einigen Monaten können die Vegetationsperiode durchaus begrenzen (ebd., 87). Üppige, mehrschichtige Regenwälder sind die natürliche Vegetation in den küstennahen, regenreichen Regionen. Insbesondere die Gebirgsregenwälder ähneln denen der Tropen stark, sind jedoch deutlich artenärmer als diese. Mit abnehmender Niederschlagsmenge Richtung Landesinnere folgen zunächst halbimmergrüne Feuchtwälder oder immergrüne Lorbeerwälder. Ihr Lebensformenspektrum weist einen extrem hohen Anteil an Phanerophyten aus: mit rund 85 % liegt dieser Anteil mehr als dreimal so hoch wie in den sommergrünen Laubwäldern der Feuchten Mittelbreiten. Die Lorbeerwälder sind noch artenärmer als die küstennahen Regenwälder. Im Vergleich zu den skleromorphen Blättern der Hartlaubvegetation in den Winterfeuchten Subtropen, sind die Blätter dieser Gesellschaften weniger fest und relativ groß. Baumfarne, Epiphyten und Lianen kommen häufig vor. Die Baumhöhe erreicht 20-25m. Diese natürlichen Waldformationen sind fast alle gerodet und durch Kulturland ersetzt. Mit der südamerikanischen Pampa sind auch Hochgrasfluren in dieser Ökozone vertreten (SCHULTZ 2000, 353).

Tropisch/subtropische Trockengebiete

Subtropische Trockengebiete bedecken den Nahen Osten, Pakistan und das nordwestliche Indien auf dem eurasischen Kontinent. In Mittelamerika zählen hierzu die Sonora und Chihuahua Wüste, bedecken also Teile Nordmexikos und zieht sich in den Südwesten der USA. Südamerikanische Landschaften wie der Gran Chaco in Paraguay und Nordargentinien und die Caatinga in Nordostbrasilien sowie die Atacama in Chile und Peru sind durch diese Trockengebiete geprägt. In Nordafrika gehören die Sahara und Sahelzone hierzu, im Süden Afrikas die Namib, Kalahari und Karoo. Auch in Ostafrika sind Teile Somalias und Nordtansanias zu dieser Ökozone zu zählen. Auch der

südwestliche Küstensaum Madagaskars gehört zu dieser ariden Zone. Den größten Flächenanteil hat diese Ökozone in Australien, hier nimmt sie außer den sie einrahmenden Küstenregionen den zentralen Teil einschließlich Teile der Westküste ein (ebd., 26). Sie bedecken 31 Mio. km² Fläche und stellen mit 20,8 % Festlandsanteil die größte Ökozone dar (ebd.).

In den Tropischen/Subtropischen Trockengebieten sind die Wachstumsbedingungen meist ganzjährig durch Trockenheit eingeschränkt; es gibt maximal 4-5 mäßig humide Monate. Im Winter bleiben die Lufttemperaturen über dem Gefrierpunkt oder fallen nur leicht darunter. Die sommerlichen Monatsmittel sind hingegen sehr hoch. Die Sonneneinstrahlung erreicht hier 700-800 x 10⁸ kJ/ha und liegt damit höher als in jeder anderen Ökozone. Da hier kaum Wasser zur Verfügung steht, wird die eintreffende Energie fast vollständig in fühlbare Wärme umgesetzt. Insbesondere die bodennahen Luftschichten heizen sich stark auf. Somit sind die Tagesamplituden sehr groß (SCHULTZ 2002a, 86).

Der Wassermangel schränkt die Ausbreitung einer natürlichen Vegetationsdecke massiv ein. Rund drei Fünftel dieser Ökozone sind mit Wüsten und Halbwüsten bedeckt. Dort erreichen die Deckungsgrade der Dauervegetation kaum 50 %. Chamaephyten und Hemikryptophyten sind die vorherrschenden Wuchsformen (ebd.). Ephemere Vegetation aus Annuellen überdauern die Dürrezeit als Samen (Pluviotherophyten). In den Wüsten liegt das Wurzel-Spross-Verhältnis zwischen zwei und fünf. Bäume kommen in Trockentälern und Fußzonen von Bergländern vor, erreichen aber nur geringe Wuchshöhen von wenigen Metern. Zu Abgrenzung von Wüste zur Halbwüste wird ebenfalls der Deckungsgrad der Vegetation herangezogen: Ist diese weitgehend diffus verteilt ohne erkennbare Konzentration auf wenige (meist linienhafte) Flächen, handelt es sich um Halbwüsten. Bei einem Deckungsgrad unter 10 % in den Wüsten hingegen gibt es keine zusammenhängende Dauervegetation. Die wenig vorhandene Vegetation ist linear angeordnet und folgt edaphisch bedingten Feuchteunterschieden durch im Wesentlichen reliefbedingten Umverteilungen des Niederschlagswassers (SCHULTZ 2000, 379–380).

Überall dort, wo sich an die Tropischen / Subtropischen Wüsten und Halbwüsten polwärts die Winterfeuchten Subtropen anschließen, bilden sommerdürre Gras- und Strauchsteppen einen schmalen Übergangssaum. Lediglich im südlichen und östlichen europäischen Mittelmeerraum bedecken sie eine größere Fläche und erreichen über den Iran auch Pakistan. Sie unterscheiden sich in ihrem Artenbestand (meist mediterrane Arealtypen) und Physiognomie deutlich von

den Steppen der mittleren Breiten. Dornige Zwergsträucher, Sukkulente und auch Bäume mit geringer Wuchshöhe prägen das Bild. Winterannuelle bilden nach Zeiten mit Niederschlag auffällige Blütenteppiche. Gräser kommen zwar vor, bilden aber nur selten zusammenhängende Grasfluren. Äquatorwärts schließen sich an die Wüsten / Halbwüsten Dornsteppen und -savannen an. Ähnlich den echten Savannen der Sommerfeuchten Tropen ist ihr Erscheinungsbild nach Dichte und Höhe der Gehölze sehr unterschiedlich; reine Grasfluren zählen ebenso zu dieser Pflanzenformation wie geschlossene Baum- bzw. Strauchbestände. Anpassungen zeigen sich in trockenzeitlichem Laubwurf, in der Ausbildung kleiner, häufig fein gefiederter Blätter (Mimosentyp), aber auch in zu Dornen reduzierte Blätter, sowie sukkulenten Formen. Auch hier kam es zu einer konvergenten Entwicklung nicht verwandter Arten. So kommen in der Wuchsform der Tonnen- oder Flaschenbäume in Amerika Arten der Gattungen *Chorisia* und *Bombax* vor, in Afrika steht ihnen der Affenbrotbaum (*Baobab*) gegenüber, in Australien *Sterculia*-Arten. Stammsukkulente sind in Amerika durch die Familie der *Cactaceae*, in Afrika durch die Familie der *Euphorbiaceae* vertreten (ebd., 381–383).

Sommerfeuchte Tropen

Die sommerfeuchten Tropen schließen sich nördlich und südlich an die Regenwälder im Äquatorbereich an und dehnen sich bis an die Wendekreise aus.

Zu den sommerfeuchten Tropen zählen das östliche und südöstliche Indien, Thailand, Kambodscha, Vietnam und der äußerste Süden Chinas. In Mittelamerika bedecken sie die größten Teile Mexikos. In Südamerika nehmen sie große Teile Brasiliens südlich des Amazonasbeckens ein und prägen hier die Landschaften der Campos cerrados und Llanos des Orinoco. Auf dem afrikanischen Kontinent sind die sommerfeuchten Tropen in der Sudan Zone südlich des Sahel sowie südlich des Kongobeckens verbreitet. Auch das mittlere Madagaskar fällt in diese Ökozone (ebd., 26). Mit 24,5 Mio. km² bedecken sie rund 16 % des Festlandes (SCHULTZ 2002b, 86).

Die Sommerfeuchten Tropen werden von einer strengen Saisonalität des Feuchteregimes geprägt, die meist durch eine sommerliche Regenzeit, die zugleich die Vegetationsperiode darstellt, und Trockenheit im Winter (nicht jedoch Abkühlung) charakterisiert werden kann. In Abgrenzung zu den Tropischen Regenwäldern sind in dieser Ökozone weniger als neun Monate humid. Die Jahresniederschläge summieren sich auf 500-1500 mm, die Globalstrahlung liegt zwischen 350-550 x 10⁸ kJ/ha (ebd.).

Die natürliche Vegetation der Sommerfeuchten Tropen ist überwiegend geprägt durch Savannenlandschaften. Diese geschlossenen Grasfluren mit einer oftmals unzusammenhängenden Baum- oder Strauchschicht weisen regional unterschiedliche Deckungsgrade auf. Je nach Dauer und Ergiebigkeit der Niederschlagsperiode werden Trockensavannen (5-7 Regenmonate, 500-1.000 mm Niederschlag, Synonym: Kurzgrassavanne) und Feuchtsavannen (7-9 Regenmonate, 1.000-1.500 mm Niederschlag, Synonym: Hochgrassavanne) klimatisch voneinander abgegrenzt (ebd.). Bei dichterem Baumbestand zeichnet sich deren vorrangiges Vorkommen auch in der Formationsbezeichnung ab, so werden diese als Trocken- und Feuchtwälder bezeichnet, im Gegensatz zu Trocken- und Feuchtsavannen mit lichtem Baumbestand. Diese Ökozone vereint daher - floristisch und physiognomisch - betrachtet, sehr unterschiedliche Vegetationstypen, wie die Campos cerrados in Brasilien, Miombo- und Mopande-Wälder in Zentral- und Ostafrika, Australiens Eukalyptuswälder sowie die Monsunwälder in Südostasien. Trotz dieser Vielfalt ist allen gemein, dass stets Baumbestand und Graslandschaften in Kombination auftreten. Zudem ist die Artenvielfalt generell hoch (SCHULTZ 2000, 444). Auch wenn sich Trocken- und Feuchtsavanne durchaus klimatisch abgrenzen lassen (s.o.), so gilt dies nicht in gleichem Maße für die mit Grasfluren durchzogenen Wälder. Die Dichte der Baumbestände korreliert nicht linear mit der jährlichen Niederschlagsmenge. Vielmehr ist entscheidend, wie die einzelnen Ökosystemfaktoren zusammenwirken, insbesondere edaphische Faktoren wie die Wasserverfügbarkeit im Boden nach Menge und räumlich-zeitlicher Verteilung, die Nährstoffverfügbarkeit und insbesondere Tierfraß sowie das Eingreifen von Menschen (Brände, Beweidung, Holzeinschlag) beeinflussen die Ausbildung der Waldbestände (AARRESTAD et al. 2011, 290). Durch die alleinige Betrachtung der potentiell natürlichen Ausbildung der Baumbestände gelingt eine Differenzierung nach edaphischen Faktoren: hochwüchsige, mehr oder weniger zusammenhängende Savannenwälder stocken eher auf gut drainierten, sandigen Böden, lichtere Parksavannen dagegen eher auf lehmigen bis tonigen Böden. Auf schweren Tonböden, v. a. an Stellen mit Staunässe kommen schließlich nur noch Grasfluren vor. An Lebensformen beherrschen Phanerophyten und Hemikryptophyten, letztere insbesondere als mehrjährige Gräser die Savannen. Die Baumhöhen übersteigen nur in Feuchtwäldern 20 m, in den Trockensavannen um 10 m. Die knorrigen Stämme der Bäume tragen eine dicke Rinde, die Krone setzt weit unten an und sie werfen in der Trockenzeit ihr Laub ab. Bei den Gräsern dominieren Formen mit Horst- bzw. Büschelwuchs. Die meisten Gräser gehören zu den C4-Pflanzen, die durch diese physiologische Anpassung mit der hohen Sonneneinstrahlung, den hohen Temperaturen und den hohen Verdunstungsraten in dieser Ökozone leistungsfähiger als C3-

Pflanzen sind (SCHULTZ 2000, 448). Charakteristisch für diese Savannenlandschaften sind Grasbrände, die vorrangig in der Trockenzeit auftreten. Auch zu Beginn der Regenzeiten können sie auf natürliche Weise durch Blitze entstehen. Die überwiegende Zahl der Brände wird jedoch von Menschen gelegt. Das Vorkommen von Bränden fehlt in den Halbwüsten und Dornsavannen der Tropischen / Subtropischen Trockengebiete weitgehend, da grundsätzlich eine geschlossene Grasdecke mit einer Mindesttrockenmasse (etwa 1 t/ha) erforderlich ist (ebd., 453). Savannenbrände breiten sich mit einer Geschwindigkeit von mehreren Metern pro Minute aus, mit Rückenwind deutlich schneller. So ist die Vegetation nur wenige Minuten hohen Temperaturen ausgesetzt. Zwar erreichen diese an der Bodenoberfläche 100°C bis 500°C, erwärmen jedoch den Boden kaum. Unterirdische Organe der Pflanzen werden durch diese relativ kühlen Oberflächenfeuer (Feuerintensität um 2.888 kW/m²) kaum in Mitleidenschaft gezogen. Der Büschelwuchs der Gräser wirkt ebenfalls isolierend und schützt die Erneuerungsknospen, sodass sie nach Bränden sofort wieder neu austreiben. In 50 cm Höhe erreichen die Temperaturen 500°C bis 600°C und auch an den höchsten Stellen der Flammen (ca. 3 m) werden noch mehrere hundert Grad erreicht. Unter den Holzpflanzen sind daher Pyrophyten weit verbreitet (ebd., 455–456).

Immerfeuchte Tropen

Zwischen jeweils 10° N und 10° S erstrecken sich die Immerfeuchten Tropen parallel zum Äquator. In Mittelamerika bedecken sie das südliche Mexiko bis Panama, große Teile der Karibischen Inseln zählen auch hierzu. In Südamerika liegt das Amazonasbecken und die Küstenregionen Südostbrasilien ebenfalls in den Immerfeuchten Tropen. In Afrika sind sie in der Guinea Zone im westlichen Afrika, im Kongobecken in Zentralafrika sowie auf der Ostseite Madagaskars verbreitet. Die Immerfeuchten Tropen bedecken Sri Lanka, Burma, Malaysia, Indonesien, die Philippinen und Neuguinea (ebd., 26). Ihre Gesamtfläche beläuft sich auf 12,5 Mio. km², sodass sie einen Festlandsanteil von 8,4 % ausmachen (SCHULTZ 2002c, 86).

In den Immerfeuchten Tropen weisen alle wichtigen Klimaparameter einen gleichförmigen Jahresverlauf auf; es gibt keine auffälligen Jahreszeiten. Die Niederschläge (Jahressumme 2.000-4.000 mm) fallen über das ganze Jahr verteilt mit meist zwei Spitzen bzw. max. zwei regenlosen Monaten. Die Tagessummen an Niederschlägen überschreiten häufig 100 mm. Die Monatsmittel der Lufttemperatur liegen ganzjährig zwischen 25-27°C, wobei die Tagesamplituden eine Spanne von max. 6-11°C erreichen. Es herrschen

ganzjährig Kurztagbedingungen mit 12 Stunden Tageslänge. Die jährliche Globalstrahlung liegt zwischen $500-650 \times 10^8$ kJ/ha (ebd.).

Der immergrüne tropische Tieflandsregenwald als vorherrschende zonale Vegetation der Immerfeuchten Tropen ist geprägt durch 30-40 m hohe, äußerst artenreiche, immergrüne Laubwälder. Eine Jahresperiodizität ist höchstens in Regionen mit mehr als zwei Trockenmonaten schwach vorhanden, daher gibt es keine saisonale Aspektwechsel, Jahresringe an Baumstämmen fehlen (ebd., 87). Die Regenwälder weisen einen Stockwerkbau auf, in denen das Bestandsklima stark variiert (u.a. Intensität und spektrale Zusammensetzung der Sonnenstrahlung, Luftfeuchte, Temperaturgang) (SCHULTZ 2000, 486). Die Bestände in Lateinamerika, Afrika, Südostasien und Australien weisen erhebliche floristische Differenzierungen auf, nur wenige Gattungen sind überall vertreten (ebd., 494).

Laubbäume bilden mit >70 % die vorherrschende Lebensform. Viele zeigen auffällige Anpassungen an die hohe Feuchte, gehören daher zu den Hygrophyten. So sorgen Trüfelspitzen an den Blattenden für ein Abfließen des Niederschlagswassers. Insbesondere die hochwachsenden Bäume stützen ihre schlanken, säulenförmigen Stämme mit Brettwurzeln ab. Die Rinde der Bäume ist meist dünn und glatt, eine ausgeprägte Borkenbildung fehlt. Jahresringe sind, wenn überhaupt, nur undeutlich ausgebildet. Die Blätter haben überwiegend große, ungeteilte Blattflächen, um in dem dichten Bestand Licht einzufangen (hygromorphe Schattenblätter). Dagegen sind die Blätter im Kronenraum starker Einstrahlung ausgesetzt und stärker windexponiert, sodass diese zumindest kurzfristig unter Dürrestress geraten. Daher tragen sie auch Einrichtungen zum Transpirationsschutz (z. B. Wachsschicht) und sind etwas kleiner und ledriger als in den unteren Etagen (xeromorphe Sonnenblätter). Weitere Anpassungsstrategien sind Laubschüttungen und Stammblütigkeit (Kauliflorie). Ebenfalls zu den Phanerophyten zu zählen sind vaskuläre Epiphyten und Lianen, die in den tropischen Regenwäldern weit verbreitet und sehr divers sind (ebd., 503–504).

Abbildung der Ökozonen im Lernzirkel

Die Ökozonen werden im Lernzirkel didaktisch reduziert dargestellt. So wird die polare/subpolare Zone vereinfacht als Kalte Zone repräsentiert. Die Feuchten Mittelbreite und Teile der Boreale Zone finden sich in der Gemäßigten Zone wieder. Die winterfeuchten und immerfeuchten Subtropen werden zusammen mit den tropischen/subtropischen Trockengebieten zur subtropischen Zone zusammengefasst. Die Ökozonen der Sommerfeuchten und Immerfeuchten Tropen wird durch die Tropische Zone repräsentiert.

4. Digitale Umsetzung in einer Web-Applikation

Eine reine Adaption vorhandener Desktop-Anwendungen und -konzepte auf mobile Systeme und Geräteklassen ist nicht ratsam (KRANNICH 2010, 15). Das Design mobiler Anwendungen erfordert weit mehr als das Verkleinern der Inhalte für das Display des Endgerätes. Die Entwicklung von Lerninhalten für mobile Endgeräte kann über native Apps umgesetzt werden. Dies setzt allerdings Kenntnisse der verschiedenen Plattformen wie iOS, Android, Windows Phone voraus, ist daher zeit-, wartungs- und kostenintensiv. Jedes dieser Betriebssysteme hat andere Ansprüche an Entwicklungsumgebungen, Schnittstellen und auch Programmiersprachen (GERLICHER & JORDINE 2018, 164). Native Apps zeigen eine bessere Performanz sowie eher erwartungskonforme Benutzerschnittstellen, d. h. es müssen i.d.R. keine neuen Bedienelemente gelernt werden. Sie zeichnen sich somit durch eine bessere Usability und User-Experience aus als Web-Apps (ebd., 168). Eine freiere Vorgehensweise ermöglichen webbasierte Anwendungen. Die meisten Webbrowser von Smartphones und Tablet-PCs unterstützen neue HTML5- und CSS3-Funktionen, sodass webbasierte Applikationen, sogenannte Web-Apps, eine vergleichsweise plattformunabhängige Umsetzung bieten (ebd., 164). In Abgrenzung zu mobilen Webseiten, die nur der Repräsentation von Inhalten dient, kann eine Web-App auch interaktive Elemente enthalten. Ein entscheidender Vorteil einer webbasierten Anwendung ist deren Flexibilität in Bezug auf Updates. Inhalte können geändert werden, Fotos ausgetauscht, Daten aktualisiert werden und stehen dem Nutzer bei jedem Start der Web-App sofort zur Verfügung. Bei nativen Apps müssen hierfür ständig update-Pakete erstellt bzw. per Download überspielt werden. Ein Nachteil von Web-Apps ist jedoch, dass sie eine Internetverbindung benötigen. Zudem können ältere Browser ggf. HTML5 und CSS der Internetseiten der Anwendung nicht richtig darstellen, was aber durch ein Browserupdate auf dem Endgerät behoben werden kann.

4.1. Strukturierung – eine Aufgabe des Instruktionsdesigns im digitalen Lernsetting

Während die Auswahl der Unterrichtsinhalte eher den didaktischen Entscheidungen zuzuordnen ist, fallen die Überlegungen zur Strukturierung des Unterrichts (vgl. Kap. 2.2.6) eher in den Bereich methodischer Maßnahmen (vgl. Abb. 29). Diese zielen darauf ab, das komplexe Ganze inhaltlich zu gliedern und in Teilschritte zu zerlegen, sowie Beziehungen und Zusammenhänge herzustellen, um an Vorwissen anzuknüpfen. So wird eine Rhythmisierung aber auch eine Dynamisierung des Lernprozesses ermöglicht (RINSCHÉDE 2009, 187)

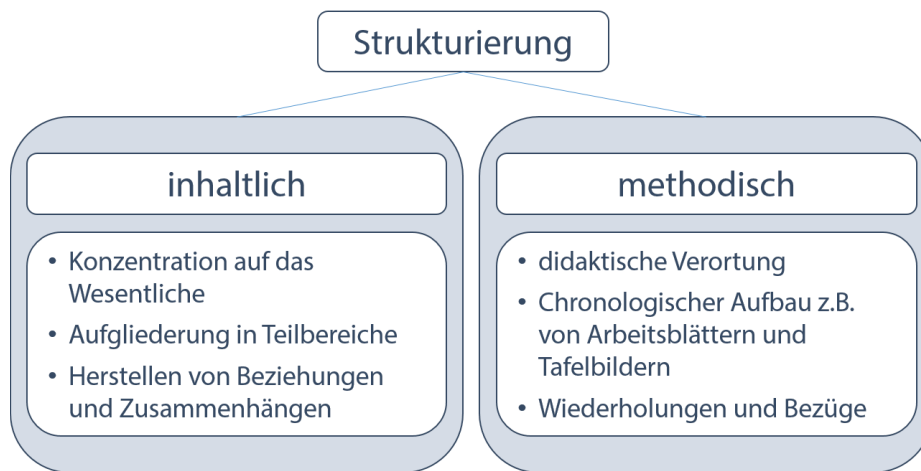


Abb. 29: Aspekte des didaktischen Prinzips Strukturierung (eigene Darstellung nach RINSCHÉDE 2009, 187)

Nun ist zwar jedes Lernen mit Selbstanstrengung und eigener Konstruktion verbunden, aber ohne Instruktionshilfen nicht möglich. Daher kommt im Rahmen dieser Arbeit der der Entwicklung eines angemessenen Instruktionsdesigns des Tablet-geführten Lernzirkels eine hohe Bedeutung zu.

4.2. Funktionen der Web-App

4.2.1. Orientierung und Navigation

Die Lernsequenz wird in Form einer interaktiven projekteigenen Web-App umgesetzt, die den SuS auf Tablet-PCs zur Verfügung gestellt wird. Die Lernsequenz kann je nach verfügbarer Zeit der besuchenden Schulen im Lang- oder Kurzmodus genutzt werden. Im Langmodus bearbeiten alle Gruppen alle 16 Stationen. Im Kurzmodus wird der Kurs geteilt und jeweils die Hälfte der SuS arbeitet an acht Stationen. Bei beiden Modi starten die Gruppen versetzt an unterschiedlichen Startstationen. Nach einer kurzen mündlichen Einführung können die Teilnehmenden in Zweier- bzw. Kleingruppen eigenständig den Lernzirkel durchlaufen. Der Tablet-PC übernimmt sowohl die „Navigation“ der

Lernenden durch den Realraum der Gewächshäuser als auch durch den virtuellen Raum der Lernsequenz.

Dem Begriff Navigation kommen somit zwei Bedeutungsfelder zu: zum einen die Führung durch die Anwendung der Web-Applikation, zum anderen die zielgerichtete Bewegung eines Individuums in seiner Umgebung, wie Montello (2005, 257) folgendermaßen umschreibt: „*Navigation is coordinated and goal-directed movement through the environment by organisms [...]. It involves both planning and execution of movements. It may be understood to include the two components of locomotion and wayfinding. Locomotion is body movement coordinated to the local surrounds; wayfinding is the planning and decision-making coordinated to the distal as well as local surrounds.*“ Diese Orientierung und Navigation im Realraum stellt gleich die erste Herausforderung dar. Mittels eines Lageplans, verbaler Beschreibungen oder Fotoausschnitten (vgl. Abb. 30) hilft die Applikation, die Lernstationen in den Gewächshäusern zu finden.



Abb. 30: Exemplarische Screenshot-Ansicht einer Orientierungshilfe: Mittels Fotoausschnitt kann die Station gefunden werden (Screenshot, eigene Darstellung).

Für eine grobe Orientierung ist ein Link zum Lageplan aller Stationen in den Gewächshäusern eingebaut; dieser wird durch Antippen des Textes „Nicht gefunden? Schaut hier auf der Übersichtskarte nach!“ eingeblendet.

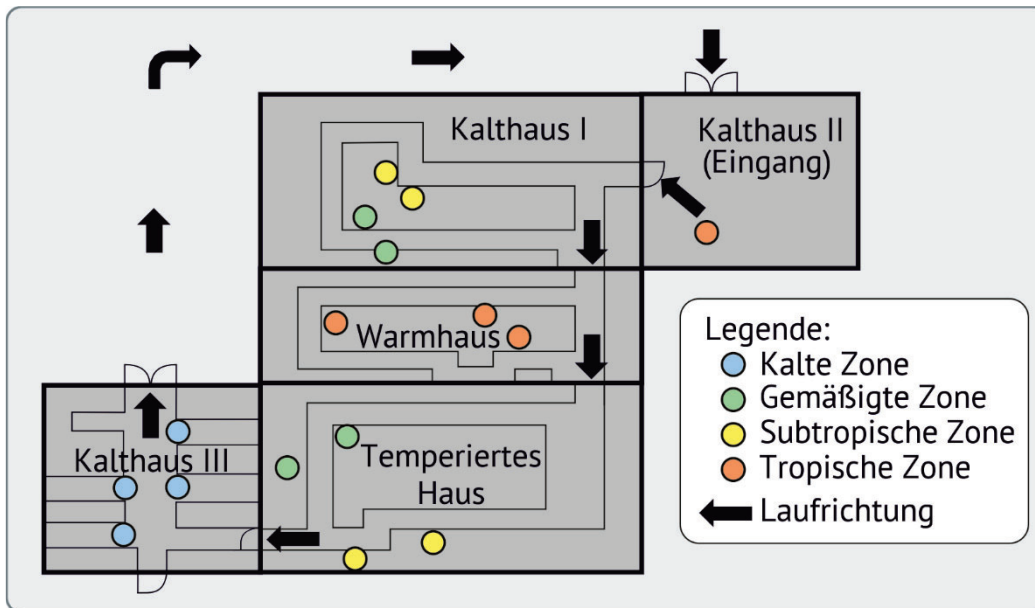


Abb. 31: Der verlinkte Lageplan hilft, die Stationen in den Gewächshäusern zu lokalisieren (eigene Darstellung).

Im Lageplan sind die Stationen der einzelnen Zonen farbig markiert, jedoch nicht nummeriert. So kann zwar das richtige Gewächshaus identifiziert werden, doch vor Ort muss mit dem Bildausschnitt und der verbalen Beschreibung die Station gefunden werden.

4.2.2. Inszenierung der Originale und Problemstellungen

Die Erzeugung und Steuerung von Aufmerksamkeit spielt sowohl in der Medienrezeptions- als auch in der Lehr-Lernforschung eine bedeutende Rolle (BUCHER & SCHUMACHER 2012, 83–110, HOMMEL 2012, KRUMMENACHER & MÜLLER 2017, 103, REH et al. 2015). Daher ist es erforderlich, nach Ankunft an der Station, das Original bzw. die Aufgabenstellung zunächst in einen Kontext zu setzen. Im Unterricht käme dieser Funktion der Steuerung des Lernprozesses der Lehrperson zu, die in der Einstiegsphase im Unterrichtsgespräch in das Thema einführt und die Entwicklung von Vorstellungen moderiert. Im Tablet-geführten Lernzirkel werden hierfür Informationsseiten angeboten (vgl. Abb. 32), mit dem Ziel, Neugierde zu wecken.

ZUCKERROHR UND ZUCKERRÜBE

Brauner Zucker -> Zuckerrohr, weißer Zucker -> Zuckerrübe???

Diese weit verbreitete Vorstellung stimmt nicht. Durch die braune Farbe wird oft ein Unterschied zwischen den Zuckersorten impliziert. Die braune Färbung liegt jedoch nur daran, dass ein Reinigungsschritt im Prozess der Zuckerraffination des braunen Rohrzuckers ausgelassen wurde. Man kann sowohl aus Zuckerrohr als auch aus der Zuckerrübe beide Zuckersorten herstellen. An dieser Station werdet ihr herausfinden, warum beide Pflanzen angebaut werden, obwohl das Produkt identisch ist.



Zuckerrübe und Zuckerrohr

Abb. 32: Beispiel für eine Informationsseite, die der Inszenierung bzw. Kontextualisierung dient (Screenshot, eigene Darstellung).

Nach Abschluss einer Station gibt es eine zusammenfassende Information, welche auf die eingangs eingeführte Problemstellung Bezug nehmen.

Die generelle Anforderung an Lernprogramme nach einem durchgängig interaktiven Konzept konnte nicht umgesetzt werden. Insbesondere bei offenen Fragen kann kein automatisiertes Feedback gegeben werden. Daher wird nach Beantwortung der Frage mittels einer kurzen Infoseite eine Lösungsmöglichkeit eingeblendet. Bei Multiple-Choice-Antworten kann das Feedback dagegen automatisiert erfolgen (s.u., vgl. Abb. 35).

4.2.3. Bereitstellung der Lernmaterialien, Aufgabenstellung, und Erfassung der Schülerantworten

Nach der Einführung werden u. a. Forschungsaufträge zu Beobachtungen morphologischer Besonderheiten an Pflanzen angezeigt. Neben Textinformationen bietet die App auch Klimadiagramme, Grafiken und Karten, sodass die SuS fachspezifische Medien auswerten und so aktiv Informationen erarbeiten, um ihre Beobachtungen zu deuten. Der Tablet-PC ersetzt somit das Arbeitsmaterial in Papierform. Der Tablet-PC mag in diesem Kontext nur substituierende Funktion innehaben, jedoch wäre das Einbinden von Videos in einen papierbasierten Lernzirkel nicht möglich. Lehrvideos können den Lehr-Lernprozess unterstützen. Sie werden im Lernzirkel mit unterschiedlichen Zielsetzungen eingesetzt. So gibt es Videos, die reine Inhalte vermitteln, Videos, die Emotionen auslösen, beispielsweise um zu Beginn einer Station Neugierde zu erwecken oder einen kognitiven Konflikt aufzuwerfen. Insbesondere bei nicht beobachtbaren Inhalten wie physiologischen Abläufen werden Videos zu Erläuterung dieser Phänomene eingesetzt. Videotutorials zu bestimmten Arbeitstechniken werden ebenfalls angeboten. Je nach Zielsetzung unterscheiden sich die Videos in ihrem Drehbuch. Deklarative Videos komplexer Sachverhalte sind ähnlich einer Unterrichtseinheit aufgebaut: Problem / Fragestellung - erklärender Inhalt – zusammenfassende Sicherung. Neugierde erweckende Videos führen in den Kontext ein, inszenieren das Original, fokussieren auf Teilaspekte und leiten zu einer Problemfrage hin, haben also ein eher offenes Ende und bieten Raum, eigene Hypothesen zu entwickeln. Die Zielsetzung zum Einsatz des Videos hat auch Auswirkungen auf die Wahl der Darstellungsweise. Um reine Inhalte zu vermitteln oder komplexe, nicht beobachtbare physiologische Abläufe zu veranschaulichen werden im Lernzirkel Sketch-Videos eingesetzt. Bei diesen werden Grafiken und Schrift direkt im Verlauf skizziert, sodass es aussieht, als würde die Skizze direkt während der Aufnahme entstehen. Der Inhalt wird so, ähnlich einem deklarativen Vortrag durch eine Lehrperson an der Tafel, schrittweise aufgebaut. Einige Sketch-Videos sind mit gesprochenen Text hinterlegt, andere gänzlich ohne Ton angefertigt, da die Umgebung an der Station aufgrund externer Geräusche (z. B. Pumpen, vgl. Kap. 3.1.2) keine Verwendung von Ton zulässt oder im Video Informationen als Text allmählich erscheinen und der Inhalt sich aus einer Text-Bildabfolge ergibt. Nachfolgende Tab. 5 stellt die im Lernzirkel verfolgten Zielsetzungen zum Videoeinsatz, deren technische Umsetzung und Beispiele aus dem Lernzirkel vor.

Zielsetzung	Umsetzung	Beispiel
Nicht makroskopisch beobachtbare morphologische Ausprägungen aufzeigen	Scribble-Video (Videoscribe)	Unterschiede im Gewebeaufbau von C3- und C4-Pflanzen an Station T2
Nicht beobachtbare Prozesse erläutern	Scribble-Video (Videoscribe)	C3-/C4-Fotosynthese an Station T2
Nicht makroskopisch beobachtbare morphologische Ausprägungen aufzeigen	Realdreh: Ausschnitt aus Reportage mit Makro- bzw. Mikroskopaufnahmen	Fangmechanismen Karnivoren an Station G1
Emotionen/Neugierde auslösen	Realdreh: Ausschnitt aus Reportage	Methankrater an Station K4
Arbeitstechniken vermitteln	Slide-basiertes Videotutorial (Power Point)	Vegetationszeit aus Klimadiagramm ermitteln an Station K2
Reine Inhalte vermitteln	Scribble-Video (Videoscribe)	Wuchsformen an Station K1

Tab. 5: Zielsetzung, Umsetzung und Verwendung von Videos im Lernzirkel

Neben der Informations- und Aufgabendarbietung bietet die App im Rahmen der Schülerantworten auch interaktive Elemente. Hierfür wurden drei Eingabemodi mit den GUI-Elementen „Button“ und „Texteingabe“ angelegt:

1. Texteingabe: Sie werden meist für Aufgaben im Anforderungsbereich III genutzt (vgl. Abb. 33). Hier geben die SuS ihre Hypothesen, Interpretationen und Rückschlüsse ein. Wenn die Tabletoberfläche auf dem Text-Icon berührt wird, erscheint die Tablettastatur für die Eingabe. Diese ist so konfiguriert, dass erst nach Eingabe von mindestens fünf Zeichen der „weiter“-Button erscheint. Dies soll ein Weiter Navigieren ohne Antworteingabe erschweren.



Abb. 33: Beispiel einer Aufgabe, die eine Texteingabe erfordert (Screenshot, eigene Darstellung).

- Multiple-Choice-Auswahloptionen: meist für Aufgaben im Anforderungsbereich I genutzt und ermöglicht schnelles Zuordnen durch Optionenauswahl. Wie Abb. 34 zeigt, erscheint erst nach erfolgter Auswahl der „weiter“-Button, um die Aufgabe abzuschließen, sodass die Frage zwingend beantwortet werden muss.



Abb. 34: Beispiel einer Aufgabenstellung im Multiple-Choice-Format (Screenshot, eigene Darstellung).

Während bei offenen Aufgaben im Texteingabeformat direktes Feedback schwierig ist, können bei Multiple-Choice-Antworten direkt die korrekten Lösungen angezeigt werden (vgl. Abb. 35).



Abb. 35: Beispiel für direktes Feedback nach Multiple-Choice-Antworten (Screenshot, eigene Darstellung).

3. Foto oder Video: Dieser Modus erlaubt den SuS visuelle Lernprodukte zu erstellen, wofür sie genau beobachten und geeignete Motive auswählen müssen. Nach Antippen des Smartphone / Tablet-Symbols (vgl. Abb. 36) kann auf die Tablet-Kamera zugegriffen werden. Hier werden die Vorteile der digitalen Umsetzung deutlich: Lernprodukte in Form von Fotos und Ergebnisse in Form von Video-Reportagen bieten eine deutliche Modifikation zu papierbasierten Lernzirkeln.



Abb. 36: Beispiel einer Aufgabenstellung, die per Foto beantwortet wird (Screenshot, eigene Darstellung).

4.3. Aufbau der datenbankbasierten Web-App

Die webbasierte Anwendung wurde unter Verwendung von HTML, JavaScript und CSS, entwickelt sowie in geringem Umfang php zur Verbindung mit der Datenbank. Bei der Verwendung der App ist eine Internetverbindung notwendig. Die Verwendung von JavaScript erfordert eine relativ hohe Rechenleistung des Endgerätes und macht damit die Anwendungen für ältere mobile Endgeräte nicht nutzbar.

Im Folgenden wird der Aufbau der Web-App beschrieben; dabei wird für jede Darstellung zunächst die Frontend-Sicht der User (Anwender, Lerntandems) erläutert. Daran anschließend erfolgt die technische Umsetzung im Backend seitens des Anbieters.

Start der Lernsequenz aus Sicht des Users

Die einzelnen Stationen des Lernzirkels werden über das Spielfeld angewählt (vgl. Abb. 37). Dabei repräsentieren die hellroten Felder die Stationen der Tropen, die gelben Felder die Subtropen, die grünen Felder die Stationen der Gemäßigten Zone und die blauen Felder schließlich die Stationen der Kalten Zone. Bei der Farbwahl wurde auf die Assoziation von rot = warm und blau = kalt geachtet. Diese Farben finden sich auch in der dem Lernzirkel zugrundeliegenden Klimazonenkarte wieder, sowie in allen assoziierten Printprodukten (z. B. Poster, Protokollbögen). Obwohl die Startseite in Anlehnung an ein Spielfeld gestaltet wurde, verfolgt das Lernarrangement keinen Game-based Learning-Ansatz (Verknüpfung von Unterhaltung mit Lerninhalten). Es werden weder Punkte gesammelt noch auf Zeit gearbeitet. Dieser bewusste Verzicht auf Wettbewerb und Zeitdruck soll eine angenehme Arbeitsatmosphäre ermöglichen, in der Zeit für eigene Entdeckungen und Fragen bleibt (HENNINGER & KAISER 2019, im Druck). Die Spielfeldansicht dient der Aktivierung der folgenden Station und gibt den Lernenden gleichzeitig einen Überblick über ihren Bearbeitungsstand, sowie einen Kontext, in welcher Klimazone die Stationen eingebettet sind.

Die Nutzerführung läuft streng linear im Uhrzeigersinn, d. h. es bleiben den Lernenden keine Wahlmöglichkeiten in Bezug auf die Reihenfolge der Stationen. Die SuS erarbeiten den Lernzirkel meist im Gruppenpuzzle, d. h. die Gesamtgruppe wird halbiert und jede Hälfte bearbeitet acht der 16 Stationen. Dabei beginnen sie jeweils um zwei Stationen versetzt. So starten vier Teams der ersten Hälfte an den Stationen T1, S1, G1 und K1, die vier Lerntandems der zweiten Hälfte starten an T3, S3, G3 und K3. Abb. 37 zeigt exemplarisch eine mögliche Startansicht im Frontend. Die Lernenden in diesem Beispiel starten an

Station T3; diese ist mit einem Pfeil als Startstation ausgewiesen und auch freigeschaltet, was an der hellen Hervorhebung zu erkennen ist. Alle inaktiven Stationen sind etwas abgedunkelt. Die weiteren zu bearbeitenden Stationen dieser Gruppe sind mit einem Fragezeichen gekennzeichnet und werden erst dann aktiv, wenn die vorausgegangene Station abgeschlossen wurde. Die für dieses Team irrelevanten Stationen bleiben gesperrt.

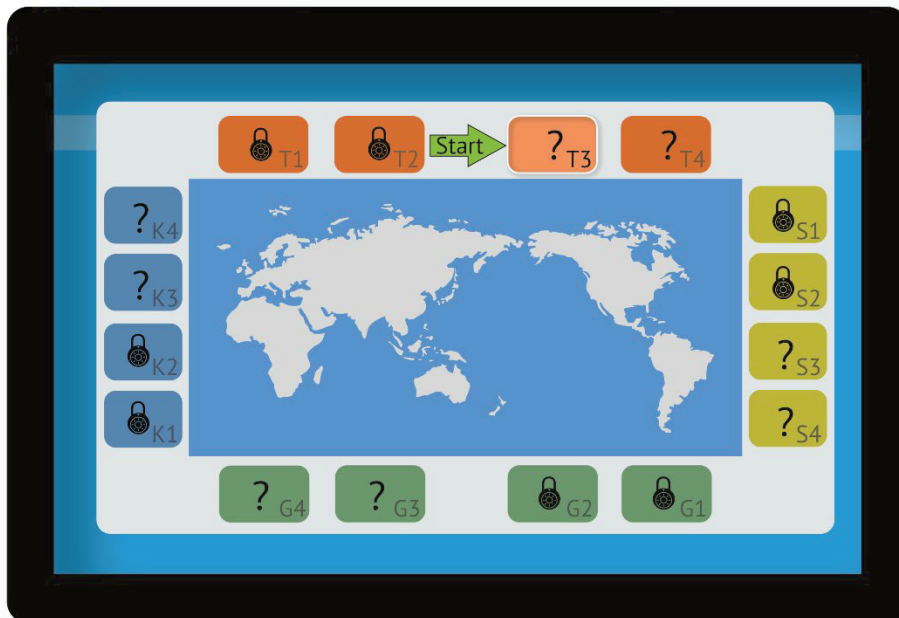


Abb. 37: Exemplarische Startansicht aus Sicht des Users (eigene Darstellung).

Nach Abschluss einer Station wird das entsprechende Spielfeld mit einem Häkchen als bearbeitet markiert und ist danach ebenfalls gesperrt. Das nächste zu bearbeitende Spielfeld wird hervorgehoben. Wie in Abb. 38 exemplarisch zu sehen ist, hat die Gruppe an T3 gestartet, T4 ebenfalls abgeschlossen, die nächste aktive Station ist nun S3.

Es ist auch möglich, alle 16 Stationen im Langmodus zu nutzen. Dann sind alle Stationen aktiv, jedoch starten die Kleingruppen auch wieder um zwei Stationen versetzt und nur die aktuell aktive Station ist nutzbar.



Abb. 38: Exemplarische Spielfeldansicht aus Sicht des Users nach zwei abgeschlossenen Stationen (eigene Darstellung).

Diese stringent lineare Nutzerführung bietet zum einen Orientierung im Lernzirkel, zum anderen wird so Stau an den einzelnen Stationen minimiert, zumindest in dem Hinblick, dass mehrere Tandems eine Station gleichzeitig bearbeiten möchten, was bei einer freien Auswahl der Fall wäre. Zudem sind einige Stationen miteinander verknüpft, eine Bearbeitung in der vorgegebenen Reihenfolge daher zum Verständnis dringend erforderlich.

Generieren der Zugriffsdaten für die Tablet-PCs aus Sicht des Anbieters

Um diese Führung der Gruppen zu erreichen muss der Anbieter vor Ankunft der Gäste die Tablet-PCs entsprechend einrichten. Über die Control-Seite (control.html, vgl. Abb. 39) kann in der „Beschreibung der Session“ ein Kürzel für die besuchende Schule angelegt werden. Das Feld „Gruppengröße“ ist derzeit irrelevant; es wurde implementiert, um ggf. über die App auch die Befragung mittels online-Fragebogen zu erfassen. Dies wurde jedoch verworfen, da hierfür das Evasys-Tool der Universität genutzt werden konnte. Hier kann demnach eine beliebige Zahl eingegeben werden. Das Feld „#Gruppen“ definiert, wie viele Tablet-Teams unterwegs sein werden. Meist werden alle acht Tablet-PCs genutzt, sodass hier die acht eingegeben wird. Bei Kursen mit weniger als 16 SuS können hier auch weniger Gruppen angelegt werden.



Abb. 39: Exemplarische Ansicht der Control-Seite control.html: hier konfiguriert der Anbieter die Startstationen und Modi für die einzelnen Tablet-Gruppen (eigene Darstellung).

Der Lernzirkel kann in zwei Versionen genutzt werden. Im Langmodus (Modus 1) bearbeiten alle Gruppen alle 16 Stationen und starten jeweils um zwei Stationen versetzt. Wird der Kurs geteilt (Gruppenpuzzle-Modus), bearbeitet jeweils die Hälfte des Kurses acht der sechzehn Stationen. Auch hier starten die Gruppen um zwei Stationen versetzt. Über das Feld „Modus“ wählt der Veranstalter zwischen Langmodus (Auswahl 1) und den beiden Gruppenpuzzle-Modi (Auswahl 2 und 3). Im Gruppenpuzzle-Modus zwei starten die Gruppen versetzt jeweils auf den Feldern T1-K1, im Modus drei starten die Gruppen auf den Feldern T3-K3. Die Kommunikation zwischen Control-Seite und Datenbank zeigt nachfolgendes Sequenzdiagramm (vgl. Abb. 40). Nach Eingabe von Beschreibung, Anzahl der Gruppen, Gruppengröße und Auswahl des gewünschten Modus auf der control.html-Seite werden in der Datei generate.php entsprechende Logins generiert und auf der control.html-Seite wieder ausgegeben.

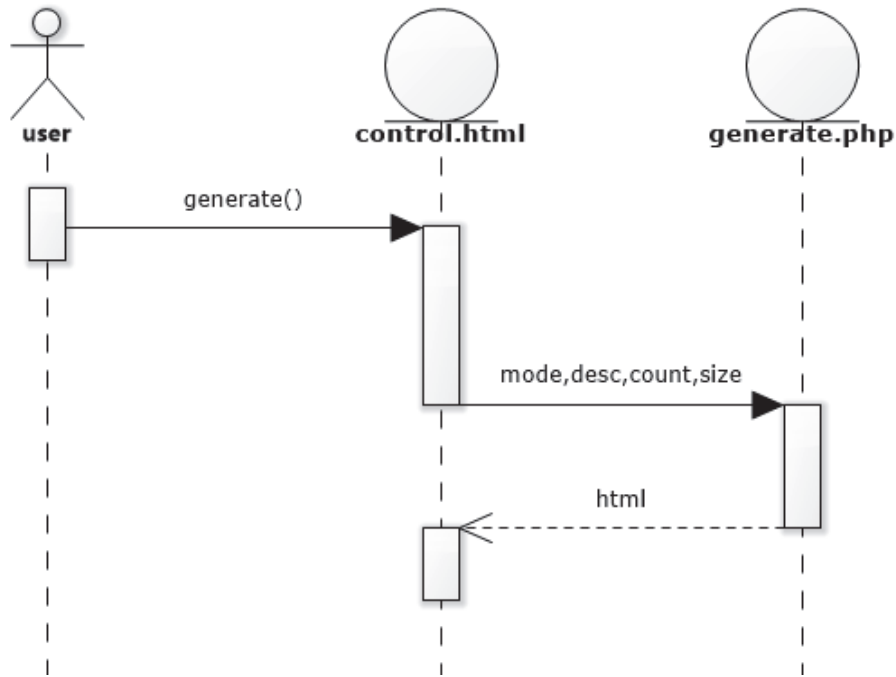


Abb. 40: Ablaufschema der Kommunikation mit der Datenbank (Sequenzdiagramm) (Darstellung: Maurice Hoogenhout).

Nach erfolgter Eingabe der Daten werden Logins für die gewünschte Zahl der Gruppen generiert und auf der Seite control.html ausgegeben (vgl. Abb. 41). Die Angaben werden in der Tabelle „session“ in der Datenbank abgelegt:



Abb. 41: Exemplarische Ansicht der generierten Logins (eigene Darstellung).

Die hier in kleinerer Schrift dargestellten Logins für die einzelnen Nutzer sind irrelevant; wie oben beschrieben waren sie für die Befragung vorgesehen. Die

Session-Logins enthalten einen aus der „Beschreibung der Session“, also der Schule, generiertem Kürzel als Benutzername sowie ein Passwort.

Die vier Session-Logins werden dann an den vier Tablet-PCs, die im Gruppenmodus an den Stationen T3-K3 (Modus 2) starten sollen, auf der Login-Seite index.html (vgl. Abb. 42) eingegeben.



Abb. 42: Exemplarische Ansicht der Login-Seite: Hier werden die auf der Control-Seite generierten Login-Daten der jeweiligen Gruppe eingegeben und so deren Modus und Startposition festgelegt (eigene Darstellung).

Analog werden für die vier Gruppen, die an den Stationen T1-K1 starten sollen weitere Logins mit Modus 3 generiert und eingegeben. Nach dem Einloggen erfolgt eine Weiterleitung auf main.html über die Lernsequenz im ausgewählten Modus gestartet wird. Wie das Sequenzdiagramm in Abb. 43 laufen gleichzeitig im Hintergrund einige Prozesse ab. Es werden alle relevanten Stationen mit zugehörigen Arbeitsmaterialien in den Cache des Tablet-PCs geladen (Prozess „initializeStations“ im Sequenzdiagramm). Der Lernzirkel (Prozess currentgame:Game) und die Spielfeldansicht (Prozess gui:GUI:) werden entsprechend konfiguriert: nicht zu bearbeitende sowie noch inaktive Stationen werden gesperrt (Prozess currentgame:Game/„lockStations“) und die Reihenfolge der Fragen wird gespeichert („setOrder“). Dazu wird auch die GUI der Spielfeldansicht entsprechend graphisch angepasst (Setzen des Startpfeiles „setStartIcon“, Abdunkelung gesperrter Stationen „darkenLightenStation“). Für die SuS erscheint nun die für diese Gruppe konfigurierte Spielfeldseite map.html (s.o., vgl. Abb. 37):

- Startstation mit Pfeil markiert
- aktive Station hervorgehoben
- zu spielende Stationen mit Fragezeichen versehen aber gesperrt
- für zugewiesenen Modus nicht aktive Stationen als gesperrt markiert und deaktiviert

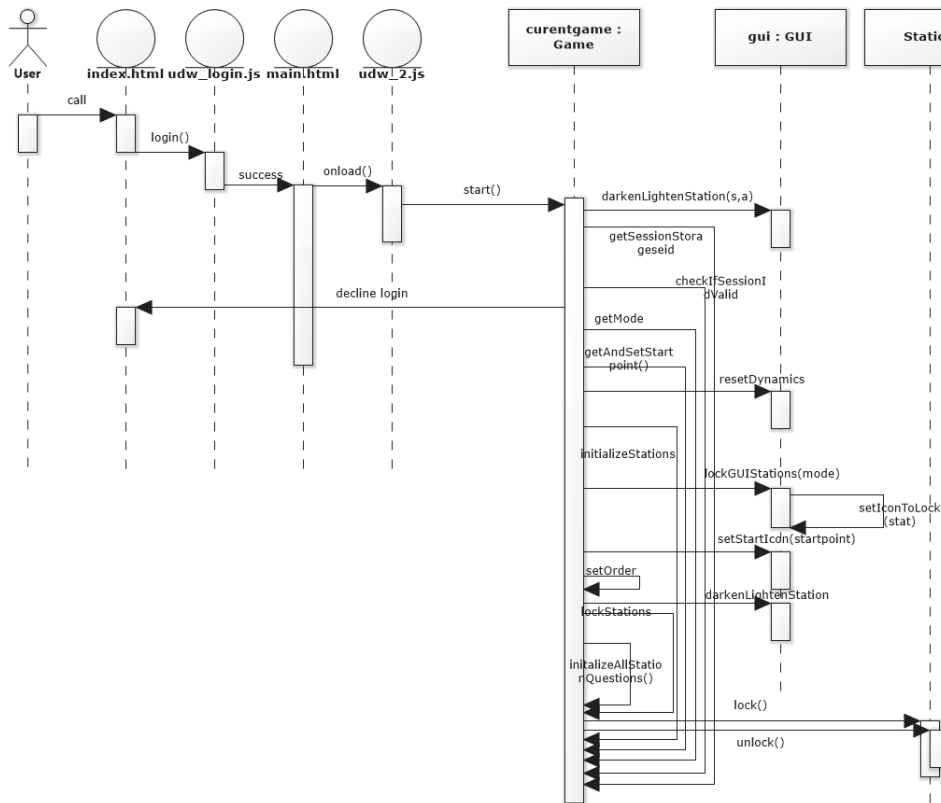


Abb. 43: Sequenzdiagramm nach Eingabe der Logins: alle für den gewählten Modus relevanten Stationen werden geladen, die Startstation hervorgehoben, inaktive und für den Modus nicht relevante Stationen gesperrt (Quelle: Maurice Hoogenhout).

Nach dieser Darstellung der Konfiguration des Lernzirkels, die der Veranstalter vor Eintreffen des Kurses durchführt und Erläuterung der Prozesse, die im Programm der App ablaufen, wird nachfolgend die Nutzung der App aus Sicht des Nutzers beschrieben.

Aufbau einer Station aus Sicht des Users

Nach dem Antippen des Spielfeldes der Station werden alle Fragen und Informationen zu dieser Station in den Cache geladen.

Wie in Kap. 4.2.1 bereits ausgeführt, ist die Orientierung im Realraum gleich die erste Herausforderung für die Lerntandems (zu didaktischen Überlegungen hierzu siehe Kap. 5): mittels verbaler Beschreibungen, einem Lageplan und Fotoausschnitten hilft die Applikation, die Stationen in den Gewächshäusern zu finden (HENNINGER & KAISER 2017, 200). Die Frage „Wo befindet sich unsere

Station?“ kann mit diesen Orientierungshilfen auf den welcome.html-Seiten gelöst werden. Daran anschließend stellt sich die Frage „Worum geht es hier?“. Hierzu dienen die in Kapitel 4.2.2 beschriebenen intro.html-Seiten, die in das Thema einführen und so den Kontext klären. Nachfolgend erscheint dann die erste Aufgabenstellung.

Wenn es sich um eine Multiple-Choice Frage handelt werden die Antwortmöglichkeiten zu der entsprechenden Frage aus der Tabelle „answer“ aufgerufen und angezeigt. Bis zu fünf Antwortoptionen pro Frage können angelegt werden, wobei von einer bis alle Optionen als korrekt deklariert werden können. Haben die Benutzer mindestens eine Antwort angewählt, erscheint ein Button mit der Beschriftung „weiter“. Bei Betätigung dieser Schaltfläche werden die ausgewählten Antwortoptionen in der Tabelle „Guesshasanswer“ in der Datenbank gespeichert. Als direktes Feedback erscheint anschließend ein Fenster, welches die korrekten Antworten anzeigt. Dieser Dialog wird über eine Schaltfläche „ok“ geschlossen und die nächste wird Frage geladen.

Bei einer Aufgabe, die eine offene Texteingabe als Antwort erforderlich macht, erscheint unter der Aufgabenstellung ein Notizen-Symbol welches ein separates Dialogfenster öffnet. Dort kann durch Antippen des Bildschirms die Tastatur des Tablet-PCs aufgerufen und die Antwort eingegeben werden.

Bei Fragen, die eine Antwort im Foto- oder Video-Format erwarten, ist unter der Aufgabenstellung das Symbol eines Smartphones / Tablets eingeblendet. Wird dieses angewählt, greift die App auf das einstreichende Menü des Tablet-PCs zu. Hier wird die Kamerafunktion ausgewählt und die SuS können ihr Foto bzw. Video erstellen.

Ist für die Bearbeitung weiteres Arbeitsmaterial (z. B. in Form von Videos, Textinformationen, Versuchsbeschreibungen, Karten, etc.) notwendig, werden diese in der Menüleiste als Anhang mit dem Symbol einer Büroklammer angezeigt. Sie können wiederholt geöffnet und geschlossen werden, sodass die Nutzer zwischen Aufgabenstellung und Materialseiten wechseln können. Die Auswahl der Lernmaterialien an den Stationen ist für diese jeweils passend zugeschnitten, eigene Recherchen durch Verlassen der Web-App sind daher überflüssig.

In der Menüleiste, über die die Arbeitsmaterialien in Form von Anhängen über das Symbol der Büroklammer aufgerufen werden, befindet sich ganz links ein Labyrinth-Icon. Hier sind in der App verwendete Fachbegriffe in Form eines lexikalischen Glossars angelegt.

Abschließend wird nachfolgend die redaktionellen Bestandteile der App beschrieben. Hier konfiguriert der Anbieter die Aufgaben und ordnet diesen Material und Informationen zu.

Aufbau einer Station aus Sicht des Backend

Die Applikation ruft nach dem Aktivieren der Station über das Spielfeld zunächst die welcome.html-Seite auf. Wird diese geschlossen, wird die erste Aufgabenstellung aufgerufen. Sofern es hierfür vorgeschaltet Informationen zur Kontextualisierung gibt, werden diese intro.html-Seiten zuerst angezeigt, nach Schließen dieser Seite erscheint erst dann die Aufgabenstellung, die aus der Datenbank abgerufen wird. Dort verwaltet die Tabelle „question“ alle Aufgabenstellungen. Diese können, wie in Abb. 44 dargestellt, konfiguriert werden: Die QID als Primärschlüssel kann leer bleiben und wird automatisch aus der Datenbank generiert. Die Angabe „active“ kann 1 (aktiv) oder 0 (deaktiviert) sein. So können Fragen auch innerhalb einer Station deaktiviert werden.

Die Angabe „type“ legt das Eingabeformat für diese Aufgabe fest; dabei ist 1 = Multiple Choice, 2 = Texteingabe und 3 = Foto / Video. Als Web-App ist die Anwendung durch den Browser des Endgerätes in seinen Möglichkeiten begrenzt. So steht derzeit keine standardisierte Browserschnittstelle für den Zugriff auf die Kamera des Endgeräts zu Verfügung. Daher wird an dieser Stelle die Web-App verlassen und über das Menü der Tablet-PCs die Kamera angesteuert, eine Fotoaufnahme gemacht, diese zunächst lokal gespeichert. Danach ist die Applikation wieder aktiv und das erstellte Foto kann in die Datenbank hochgeladen werden.

Im Feld „questiontext“ wird der Wortlaut der Aufgabenstellung eingegeben, hierfür stehen 500 Zeichen zur Verfügung. Die Position der Aufgabe innerhalb des Ablaufes an der entsprechenden Station wird über das Feld „innerpos“ geregelt; pro Station sind bis zu 20 Aufgaben technisch möglich, per Zahleneingabe wird die Reihenfolge der Aufgaben gesteuert.

Entscheidend für das Chunking der Informationen und Trennung von Kontextinformationen (Nutzer nur Rezipient) von Fragen und Handlungsaufforderungen (Nutzer interagiert mit App) war die Implementierung der Möglichkeit, vor und/oder nach einer Frage eine Informationsseite einzubauen. Dies wurde mittels der Option „intro“ bzw. „outro“ realisiert. Soll vor dem Einblenden der Aufgabe noch Informationen zur Kontextualisierung erscheinen, wird der Pfad zu der zugehörigen intro.html-Seite im Feld „intro“ angegeben. Analog dazu gibt es die Möglichkeit, zum Abschluss der Aufgabe noch eine Informationsseite z. B. mit der Auflösung anzeigen zu lassen. Der Pfad zu diesen outro.html-Seiten wird im Feld „outro“

hinterlegt. Im Fremdschlüssel FSTID wird die Nummer der zugehörigen Station eingegeben.

Ist die Aufgabe mit einer Texteingabe verbunden (type=2) werden die Antworten der SuS in der Tabelle „answerPlayer“ in der Datenbank gespeichert und die nächste Frage wird geladen. Ist die Aufgabe mit einer Foto- bzw. Videodokumentation verbunden (type=3), wird ein Foto zunächst lokal gespeichert und erst über den Button „hochladen“ als binäre Datenobjekte (BLOB-Dateien) in der Datenbanktabelle „pictures“ abgelegt. Ist als Antwort ein Video zu drehen, ist das Vorgehen für den User analog zur Fotodokumentation. Allerdings können die Videos derzeit nur lokal auf den Tablet-PCs gespeichert werden.

Spalte	Typ	Funktion	Null	Wert
QID	int(11)	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
active	tinyint(1)	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
type	int(11)	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
questiontext	varchar(500)	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
innerpos	int(3)	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
intro	varchar(100)	<input type="text"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>
outro	varchar(100)	<input type="text"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>
FSTID	int(11)	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>

Abb. 44: Screenshot des Backend zur Konfiguration einer Aufgabenstellung (eigene Darstellung).

Ist die Aufgabenstellung als Multiple Choice Aufgabe angelegt (type=1), muss in der Tabelle „answer“ auch alle Antwortoptionen angelegt werden. Die hierzu erforderlichen Angaben zeigt Abb. 45. Auch hier bleibt der Primärschlüssel AID frei und wird vom System vergeben. Der Wortlaut der Antwortoption wird im Feld „answertext“ eingegeben, hierfür stehen 100 Zeichen zur Verfügung. Im Feld „shown“ muss zwingend eine 1 eingegeben werden, damit die Option angezeigt werden kann. Im Feld „valid“ wird definiert, ob die Antwortoption richtig (valid=1) oder falsch (valid=2) ist. „Activ“ kann - wie bei den Fragen auch - 0 oder 1 sein, je nachdem ob die Antwort zurzeit angezeigt werden soll oder nicht. Über den Fremdschlüssel FQID wird die Antwortoption mit der

zugehörigen Frage verknüpft; hier ist die QID der Aufgabenstellung aus der Tabelle „question“ einzutragen. Das Feld „time“ bleibt frei, hier wird beim Anwählen der Option durch den User eine Zeitmarke mitgespeichert.


Spalte	Typ	Funktion	Null	Wert
AID	int(11)	<input type="text"/>		<input type="text"/>
answertext	varchar(100)	<input type="text"/>		<input type="text"/>
shown	tinyint(1)	<input type="text"/>		<input type="text"/>
valid	tinyint(1)	<input type="text"/>		<input type="text"/>
active	tinyint(1)	<input type="text"/>		<input type="text"/>
FQID	int(11)	<input type="text"/>		<input type="text"/>
time	timestamp	<input type="text"/>		CURRENT_TIMESTAMP 

Abb. 45: Screenshot der Eingabemaske für eine Antwortoption bei MC-Fragen (eigene Darstellung).

Zu einer Frage können bis zu fünf Materialanhänge eingebettet werden. Diese Material-html-Seiten werden über die Tabelle „material“ mit der zugehörigen Frage über die QID verknüpft.

Wenn alle Aufgaben der Station bearbeitet wurden, wird die Mitteilung „Ihr habt die Station gemeistert! Geht nun zur nächsten Station weiter“ angezeigt. Die SuS wählen über das Wegweiser-Symbol in der Menüleiste der App das Spielfeld an, dort ist die nächste Station aktiv und hervorgehoben, die gerade abgeschlossene Station wird mit einem Häkchen gekennzeichnet.

Die Datenbank hinter der Lernsequenz „In 80 Minuten um die Welt“

Wie oben beschrieben sind in der Datenbank die Stationen (STID), Orientierungshilfen (WID), Aufgabenstellungen (QID), zugehöriges Arbeitsmaterial (MAID) sowie Antwortoptionen (AID) für die MC-Fragen angelegt. Von Seiten der SuS speichert sie Datum des Besuches und Logins (SEID), Antworten in Text (APID), Foto (PID) und MC-Auswahl (GID). Die Datenbank basiert auf dem Entity-Relationship-Modell (ER-Modell), welches beschreibt, wie die einzelnen Tabellen der Datenbanken miteinander verknüpft sind und wechselwirken. Im ER-Diagramm sind die einzelnen Entitäten (die Rechtecke) mit ihren Attributen (die Ellipsen) und deren Beziehungen

Dort sind auch die verwendeten Dateien und Sequenzdiagramme zwischen Datenbank und GUI detailliert abgebildet und die verwendeten Dateien aufgelistet.

4.4. Design der Lernmaterialien: Chunking, Sprachgestaltung und mediale Repräsentation

Gemäß der Cognitive Load Theory ist auf eine Reduktion der Belastung durch das Arbeitsmaterial zu achten (vgl. Kap. 2.1.2). Insbesondere in Lernsettings für mobile Endgeräte sollten die Lerninhalte in kleine Einheiten zerlegt werden (ELIAS 2011, 150). Dieses Chunking resultierte in dem generellen Aufbau analog zu den intendierten Funktionen:

- Welcome-html-Seiten: Informationen zur Orientierung -> Finden der Station
- Intro-html-Seiten: Informationen zur Kontextualisierung -> Neugierde, Kontext, Inszenierung des Originals
- Question-Seiten: Formulierung des Arbeitsauftrages -> Aufgabenstellung
- Mat-html-Seiten: Bereitstellung der Arbeitsmaterialien in einzeln aufrufbare Seiten -> wiederholter Zugriff möglich
- Outro-html-Seiten: Auflösung der Aufgabe / Rückbezug auf Eingangsproblem / ggf. Überleitung zur folgenden Station / ggf. Hinweis zum Aufräumen

In Anlehnung an die in Kap. 2.1.2 dargelegten Theorien zum Lernen mit Multimedia werden folgende Prinzipien nach Horz & Ulrich (2015, 33–34) berücksichtigt:

- *Kohärenzprinzip*: In multimedialen Lernumgebungen sollte zur Steigerung der Effizienz eines Lernprozesses auf für den Lerninhalt irrelevante Informationen verzichtet werden.
- *Kontiguitäts-Prinzip*: Inhaltlich aufeinander bezogene Bilder und Texte sollten möglichst gemeinsam in möglichst geringer räumlicher und zeitlicher Distanz präsentiert werden.
- *Multimedia-Prinzip*: Texte sollten durch auf sie bezogene instruktionale Bilder präsentiert werden.
- *Personalisierungsprinzip*: Lernende sollten eine direkte, persönliche Ansprache in einer Lernumgebung erhalten.
- *Redundanz-Prinzip*: Redundanzen (insbesondere zwischen gesprochenen und geschriebenen Texten) in einer Lernumgebung sollten minimiert werden.

Auch in Bezug auf die Gestaltung der einzelnen Medien in Form von Text, Fotos, Grafiken und Videos wurden allgemeine Designkriterien berücksichtigt:

Texte

- *Sprachliche Einfachheit*: Ein Text sollte soweit wie möglich kurze, einfache Formulierungen mit geläufigen, konkret-anschaulichen Wörtern verwenden.
- *Gliederung/Ordnung*: Ein Text sollte eine klar erkennbare äußere Gliederung und logische innere Ordnung haben.
- *Kürze/Prägnanz*: Texte sollten sich auf das Notwendige beschränken und auf weitschweifige oder redundante Darstellungen verzichten.
- *Zusätzliche Stimulanz*: Texte sollten die Lernenden durch anschauliche, auf die Rezipienten bezogene, originelle Darstellungen auf einem mittleren Motivationsniveau halten (HORZ & ULRICH, 28–29)(LANGER et al. 2011, 32).

Bei der Umsetzung dieser Prinzipien wurde daher auf eine kurze Satzlänge geachtet. Die Verständlichkeit kann durch die Vermeidung von Schachtelsätzen erhöht werden, denn zu viele Informationen überlasten das Kurzzeitgedächtnis der Lernenden und erschweren so die Entnahme inhaltlicher Zusammenhänge (STRITTMATTER & NIEGEMANN 2000, 103). Zusammengesetzte Wörter können den Arbeitsspeicher des Gedächtnisses belasten. Solche Komposita sollten daher zerlegt werden (BALLSTAEDT 1997, 59–61). Daher wurden in der Schriftsprache gebräuchliche Substantivierungen durch Formulierung im Verbalstil ersetzt, sowie Passiv-Formulierungen durch Aktiv substituiert. Um die Vorstellungskraft und das selbständige Denken anzuregen, wurden anschauliche Formulierungen und eine bildhafte Sprachgestaltung angewandt. Auch bildhafte Stilmittel wie Metaphern und Analogien, die als geistige Stimuli wirken, wurden eingebaut, um eine lebendige Sprachgestaltung zu gewährleisten (ebd., 74–77)

Bilder & (animierte) Grafiken

Bei wiederkehrenden Grundelementen wie Weltkarten und Klimadiagramme wurde auf ein einheitliches Layout geachtet. Bei der Farbwahl wurde berücksichtigt, dass einige Farben gewisse Assoziationen auslösen. Zudem wurde auf Farbharmonien geachtet, d. h. es wurden ähnliche Helligkeits- und Sättigungswerte gewählt, sowie auf allzu starke Kontraste verzichtet (SCHELLMANN et al. 2017, 152). Ein Corporate Design wurde entwickelt; es erleichtert die Zuordnung der Stationen zu den Klimazonen in der App, sowie assoziierten Printprodukten (z. B. Lehrerhandreichung, Poster zum Austausch am Ende des Lernzirkels). Mit dynamischen Visualisierungen sollten Lerninhalte illustriert werden, bei denen das Nachvollziehen von raum-zeitlichen Prozessen entscheidend für das Verständnis ist. Studien schreiben dynamischen Visualisierungen häufig bessere Lernergebnisse zu als statischen Bildern (vgl.

SCHEITER et al. 2014, 282). So wurde beispielsweise für die Veranschaulichung enzymatischer Transportprozesse ein animiertes Gif erstellt.

Die Gestaltung des Instruktionsdesigns zielt darauf ab, folgende didaktischen Feindimensionen des Konzeptes umzusetzen (vgl. Abb. 47):



Abb. 47: Didaktische Feindimensionen der Wissensvermittlung des Konzeptes des Lehr-Lernangebotes „In 80 Minuten um die Welt“ (eigene Darstellung in Anlehnung an FREERICKS et al. 2017, 18, erweitert in Anlehnung an MAYRBERGER 2018, 76)

Die mediale Repräsentation soll die Brücke zwischen Informationen in der App und dem Original schlagen. Das Design ist eher funktional gehalten, narrative Elemente sind für diese Zielgruppe nicht geeignet. Lediglich die Personifizierung von Forschern (z.B. im Video an K1) intendiert eine narrative Perspektive. Die Funktion der Medien dient der Kollaboration, allerdings nur in dem Team vor Ort und nutzt das Peer-Lernen. Weiterhin soll trotz digitaler Umsetzung die physische Aktivität im Vordergrund stehen.

5. Der Lernzirkel im Detail - Kompetenzbereiche, Lernziele und Aufbau der einzelnen Stationen

Franz E. Weinert definiert Kompetenzen als „die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können“ (WEINERT 2001, 27). Ein besonderes Augenmerk liegt in der Nachhaltigkeit des lebenslangen Prozesses des Kompetenzerwerbs. In den Bildungsstandards Geographie konkretisieren Regelstandards die einzelnen Kompetenzen über die die SuS am Ende eines zu definierenden Ausbildungsabschnittes verfügen sollten. Wie Abb. 48 zeigt, weist die Geographie als Brückenfach zwischen Natur- und Gesellschaftswissenschaften in Anlehnung an die naturwissenschaftlichen Fächer die Kompetenzbereiche Fachwissen (F), Methoden (M), Kommunikation (K) und Beurteilung/Bewertung (B) aus. Um der gesellschaftswissenschaftlichen Komponente Rechnung zu tragen wird auch der Kompetenzbereich Handlung (H) ergänzt. Als Alleinstellungsmerkmal schließlich ist der Kompetenzbereich der Räumlichen Orientierung (O) zu verstehen (DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOGRAPHIE (DGFG) E.V. 2014, 8). Diese Kompetenzbereiche werden wieder in Teilkompetenzen untergliedert, die wiederum in Standards feiner formuliert werden. In Abb. 48 ist exemplarisch dargestellt, dass der Kompetenzbereich ‚Erkenntnisgewinnung / Methoden‘ in vier Teilkompetenzen untergliedert wird. Diesen sind jeweils zwei bis drei Standards zugeordnet.

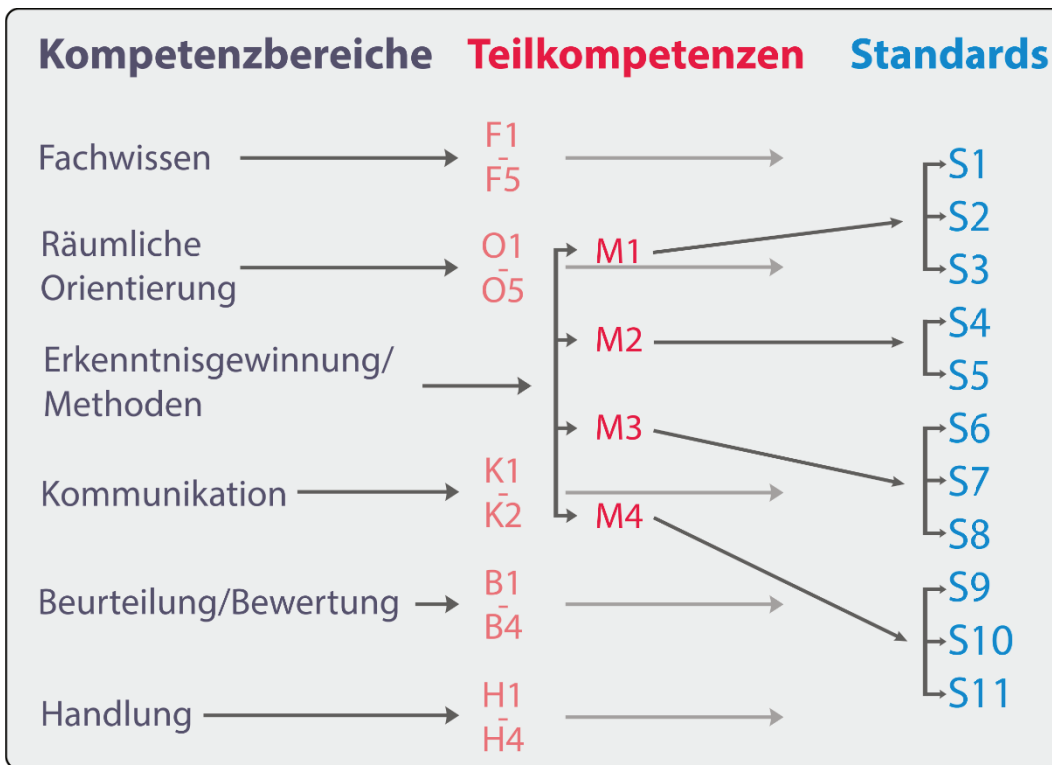


Abb. 48: Kompetenzbereiche des Schulfaches Geographie (eigene Darstellung nach Deutsche Gesellschaft für Geographie (DGfG) e.V.)

Bildungsstandards sind Output-orientiert formuliert und beschreiben somit das Ziel als zu entwickelnde Kompetenz. Sie beschreiben jedoch nicht den Weg dorthin, wie die Lernenden dies erreichen (HOFFMANN 2015, 108). Kompetenzen können innerhalb des Unterrichts demnach nicht erreicht, sondern nur gefördert werden.

Nach diesen allgemeinen Ausführungen zur Kompetenzorientierung in der Geographiedidaktik wird nachfolgend dargelegt, welche Kompetenzen und Standards durch den Lernzirkel angesprochen werden. Dabei sind die Ausführungen zum Kompetenzbereich ‚Räumliche Orientierung (O)‘ übergreifend für alle Stationen zu verstehen. Im Rahmen des Lernzirkels werden insbesondere die Kartenkompetenz sowie die Orientierung im Realraum geschult, wie folgende Auflistung der Teilkompetenzbereiche und der zugehörigen Standards zeigt:

Kompetenzbereich Räumliche Orientierung (O)	
O1 Kenntnis grundlegender topographischer Wissensbestände	
S2	SuS kennen die Klima- bzw. Geoökozonen der Erde als grundlegende räumliche Ordnungssysteme.
O3 Fähigkeit zu einem angemessenen Umgang mit Karten (Kartenkompetenz)	

S6	SuS können thematische Karten lesen und unter einer zielführenden Fragestellung auswerten.
O4 Fähigkeit zur Orientierung in Realräumen	
S11	SuS können mithilfe eines Lageplanes ihren Standort im Realraum bestimmen.
S13	SuS können sich mithilfe eines Lageplanes und anderen Orientierungshilfen (z. B. Landmarken, verbalen Beschreibungen und Bildausschnitten) im Realraum bewegen und ihre Station finden.

Zur Orientierung im Realraum stellt die Applikation verbale Beschreibungen, einen Lageplan und Fotoausschnitte zur Verfügung. Mit diesen Hilfsmitteln lassen sich die Stationen in den Gewächshäusern finden (vgl. Kap. 4.2.1). Auf auffällige Beschilderung der Stationen wurde zugunsten des Trainings des Abgleichs der Informationen aus Lageplan und Bildern mit dem Realraum verzichtet.

Während o.g. Standards der räumlichen Orientierung für alle Stationen zutreffen, werden nachfolgend Teilkompetenzen und Standards nach Kompetenzbereichen aufgelistet und den Stationen zugeordnet.

Kompetenzbereich Fachwissen (F)		
F1 Fähigkeit, die Erde als Planeten zu beschreiben		
S1	SuS können die Neigung der Erdachse als grundlegendes planetares Merkmal beschreiben.	Station T1
S2	SuS können die Stellung und die Bewegungen der Erde im Sonnensystem im Hinblick auf deren Auswirkungen auf die Bildung von Klimazonen und Jahreszeiten erläutern.	Station T1
F2 Fähigkeit, Räume unterschiedlicher Art und Größe als naturgeographische Systeme zu erfassen		
S6	SuS können die Bedeutung des Klimas für die Vegetation beschreiben und erklären.	Stationen T2, S1, S3, S4, G4, K1 - K4
S8	SuS können das Zusammenwirken von Geofaktoren als System darstellen.	Stationen S4, G2, K2 - K4
F4 Fähigkeit, Mensch-Umwelt-Beziehungen in Räumen unterschiedlicher Art und Größe zu analysieren		
S18	SuS können Auswirkungen der Nutzung und Gestaltung von Räumen (z. B. Rodung, Naturrisiken, Klimawandel, Wassermangel) erläutern.	Stationen T2, G4, K2 - K4

F5 Fähigkeit, individuelle Räume unterschiedlicher Art und Größe unter bestimmten Fragestellungen zu analysieren		
S24	SuS können Räume unter ausgewählten Gesichtspunkten (z. B. das Klima) vergleichen.	Stationen T2, G1, K2

Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung/Methoden (M)		
---	--	--

M1 Kenntnis von geographisch relevanten Informationsstrategien		
S3	SuS können grundlegende Strategien der Informationsgewinnung aus traditionellen und technikgestützten Informationsquellen und -formen sowie Strategien der Informationsauswertung beschreiben.	alle Stationen

M2 Fähigkeit, Informationen zur Behandlung von geographischen/geowissenschaftlichen Fragestellungen zu gewinnen		
---	--	--

S4	SuS können problem-, sach- und zielgemäß Informationen aus Karten, Texten, Bildern, Statistiken, Diagrammen usw. auswählen.	alle Stationen
S5	SuS können problem-, sach- und zielgemäß Informationen am Original (z. B. durch Beobachten, Messen) oder durch einfache Versuche gewinnen.	Stationen T1, T3, T4, S1-4, G1-4, K2 - K4

M3 Fähigkeit, Informationen zur Behandlung geographischer/geowissenschaftlicher Fragestellungen auszuwerten		
---	--	--

S6	SuS können geographisch relevante Informationen aus klassischen und technisch gestützten Informationsquellen sowie aus eigener Informationsgewinnung strukturieren und bedeutsame Einsichten herausarbeiten.	alle Stationen
S7	SuS können die gewonnenen Informationen mit anderen geographischen/biologischen Informationen zielorientiert verknüpfen.	alle Stationen

M4 Fähigkeit, die methodischen Schritte zu geographischer/geowissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung in einfacher Form zu beschreiben und zu reflektieren		
--	--	--

S9	SuS können selbstständig einfache geographische Fragen stellen und dazu Hypothesen formulieren.	S1, S4, G1, G3, K1, K3, K4
S10	SuS können einfache Möglichkeiten der Überprüfung von Hypothesen anwenden.	T1, S2, S4, G2, G3, K2 - K4

Kompetenzbereich Kommunikation (K)		
K1 Fähigkeit, geographisch/geowissenschaftlich relevante Mitteilungen zu verstehen und sachgerecht auszudrücken		
S1	SuS können geographisch relevante schriftliche und mündliche Aussagen in Alltags- und Fachsprache verstehen.	alle Stationen
S2	SuS können geographisch relevante Sachverhalte/Darstellungen (in Text, Bild, Grafik etc.) sachlogisch geordnet und unter Verwendung von Fachsprache ausdrücken.	alle Stationen

K2 Fähigkeit, sich über geographische/geowissenschaftliche Sachverhalte auszutauschen, auseinanderzusetzen und zu einer begründeten Meinung zu kommen		
S6	SuS können an ausgewählten Beispielen fachliche Aussagen und Bewertungen abwägen und in einer Diskussion zu einer eigenen begründeten Meinung kommen.	K4, G4

Kompetenzbereich Beurteilung/Bewertung (B)		
B1 Fähigkeit, ausgewählte Sachverhalte im Raum unter Anwendung geographischer Kenntnisse zu beurteilen		
S1	SuS können fachbezogene und allgemeine Kriterien des Beurteilens (wie z. B. ökologische Adäquanz, Zukunftsbedeutung) nennen.	T2, G4, K3, K4
S2	SuS können geographische Kenntnisse und die o. g. Kriterien anwenden, um ausgewählte geographisch relevante Sachverhalte und Risiken zu beurteilen.	T2, G4, K3, K4

B3 Fähigkeit, ausgewählte geographische Erkenntnisse und Sichtweisen hinsichtlich ihrer Bedeutung und Auswirkungen für die Gesellschaft angemessen zu beurteilen		
S6	zu ausgewählten geographischen Aussagen hinsichtlich ihrer gesellschaftlichen Bedeutung (z. B. Vorhersagen von Naturrisiken und Umweltgefährdung) kritisch Stellung nehmen.	G4, K3, K4

Kompetenzbereich Handlung (H)		
H2 Motivation und Interesse für geographische/geowissenschaftliche Handlungsfelder		
S4	SuS interessieren sich für die Vielfalt von Natur im Heimatraum und in anderen Lebenswelten.	stationen- übergreifend

H4 Fähigkeit zur Reflexion der Handlungen hinsichtlich ihrer natur- und sozialräumlichen Auswirkungen		
---	--	--

S11	SuS können naturräumliche Auswirkungen einzelner ausgewählter Handlungen abschätzen und in Alternativen denken.	stationen- übergreifend
-----	---	----------------------------

Zentrale Merkmale eines kompetenzorientierten Unterrichts sind u. a. vom Lernprozess ausgehende Planung, eine auf Handlung und Anwendung ausgerichteter Unterricht, Verwendung authentischer und lebensnaher Beispiele sowie die Gestaltung auswertbarer Lernprodukte (GAFFAL et al., 5). Kompetenzen eignen sich nicht für die Formulierung von Einzelstunden. Hierfür bietet sich die Formulierung von Lernzielen an. Diese beschreiben Kenntnisse, Fertigkeiten und Einstellungen, die die SuS nach einem zielgerichteten Lernprozess erworben haben soll (LENZ 2008, 14). Das Groblernziel für diesen Lernzirkel ist, dass die SuS verschiedene Anpassungen und Anpassungsstrategien von Pflanzen an geoklimatische Faktoren in den vier großen Klimazonen erarbeiten. Als leitendes affektives Lernziel nach (KRATHWOHL et al. 1975) kann formuliert werden, dass SuS gegenüber der Pflanzenwelt, deren Vielfalt und Leistung in Bezug auf Anpassung an Widrigkeiten aufmerksam werden.

In den Feinzielen wird das ganz konkrete und eindeutige Endverhalten der SuS an den einzelnen Stationen in zu beobachtenden Handlungen formuliert. Sie beschreiben die Bedingungen unter denen die Handlung aufzutreten hat. Insbesondere kognitive Lernzielformulierungen beinhalten folgende Bausteine (vgl. LENZ 2008, 15; BLOOM 1972; KRATHWOHL et al. 1975; MAGER 1961/65; RINSCHDE 2009):

1. Inhalt: was gelernt werden soll.
2. Beschreibung des Endverhaltens mit Operatoren.
3. Angabe von Bedingungen und/oder Mitteln, z.B. die zu benutzenden Medien.
4. Angabe eines Bewertungs-/Beurteilungsmaßstabes für die Qualität des Verhaltens.

Die Nennung des Bewertungsmaßstabes ist allerdings nur selten möglich und erscheint nur bei Lernzieltests sinnvoll (RINSCHDE 2009, 156).

Die Feinlernziele der jeweiligen Station schließen Alternativen für anderes Handeln aus, sind daher in ihrer Formulierung eindeutig, transparent und überprüfbar (ebd.). Die Formulierung der Lernziele erfolgt im Rahmen dieser Arbeit performanzorientiert, d.h. beobachtbares Verhalten bzw. ein auswertbares Lernprodukt wird im Lernziel mitformuliert (SCHEEFER 2009). Inwiefern die unterrichtlichen Ziele erreicht worden sind, lässt sich aufgrund des beobachteten Verhaltens der Lernenden erkennen. Diese Performanz

beschreibt somit ein bestimmtes Schülerverhalten, welches auf eine Zielerreichung schließen lässt. Im weiteren Verlauf werden die Lernziele bei der Beschreibung der einzelnen Stationen aufgeführt.

Im Folgenden wird der Aufbau der Stationen und die intendierten Aktionen der SuS beschrieben. Dabei wird auch die technische Umsetzung in der Datenbank dokumentiert. Screenshots veranschaulichen die Ansichten der Instruktionen und des medial bereitgestellten Arbeitsmaterials, Fotos des Stationenaufbaus zeigen das Arbeitsmaterial vor Ort. Dabei wird exemplarisch nur an Station K1 alle Seiten, sowohl als Screenshots als auch als Darstellung der Seiteninhalte, dokumentiert, da diese auch in der Videoanalyse behandelt wird. Da die Inhalte der Screenshots kaum lesbar sind, werden an allen Stationen nur die Seiteninhalte aufgeführt. Die Darstellung der Fragen ist analog zu den Ausführungen im Abschnitt „Aufbau einer Station aus Sicht des Backend“ (vgl. S. 113) angegeben. So bezeichnet „QID“ die Fragenummer, „type“ den Fragetyp, „innerpos#“ die Position der Frage innerhalb des Fragekanons an der betreffenden Station, „FSTID“ die Stationsnummer in der Datenbank.

Die selbst erstellten Videos sind auf der beiliegenden CD verfügbar. Bei Darstellungen von Grafiken aus der Web-App wurden nur Quellennachweise angeführt, wenn sie nicht von der Autorin stammen.

Anzumerken ist ferner, dass die SuS die Versuche an Stationen nur durchführen müssen, die Versuche sind bereits fertig aufgebaut. Die SuS werden lediglich zum Wiederherstellen des Ausgangszustandes für die nachfolgenden Gruppen werden angehalten.

Nachfolgend wird der Aufbau der einzelnen Stationen zonenweise dargestellt. Um spätere Rückbezüge in nachfolgenden Kapiteln nachvollziehbar zu gestalten ist im Anhang XIII, S. A171 eine Stationenübersicht abgebildet.

5.1. Tropische Zone: Lernziele und Aufbau der Stationen T1 bis T4

Die Stationen der Tropischen Zone thematisieren das Zustandekommen der unterschiedlichen Klimazonen der Erde, physiologische Anpassung an hohe Temperaturen sowie Licht als Mangelfaktor in tropischen Wäldern und Anpassungsstrategien an diesen Lichtmangel.

Station T1:

Station T1 der tropischen Zone demonstriert, welche Auswirkung der Einstrahlungswinkel der Sonneneinstrahlung auf die Temperatur der Erde hat (vgl. Lambert'sches Gesetz, S. 75). Dies soll durch einen Modellversuch zur Auswirkung der Sonneneinstrahlung, bei dem Sonnenstrahlen mittels einer Infrarot-Leuchte nachgestellt werden, dem Ausfüllen eines Protokollbogens und einer Abbildung zur Wärmestrahlung ermöglicht werden.

Material an der Station:

Material	Menge
Stativ	2
Infrarot-Leuchte	2
Pappteller	2
Mutterboden	Ca. 500 g
Stoppuhr	1
Digital-Thermometer	2
Mehrfachsteckdose	1
Protokollbogen	Ca. 5
Stift	1

Lernziele Station T1:

Die SuS ordnen in Partnerarbeit beziehungsweise Gruppenarbeit die Versuchsgegenstände (Wärmelampe und die Behälter mit Erde) der Realität zu, indem sie dem Infotext entnehmen, dass die Sonneneinstrahlung Auswirkungen auf die Erde hat und dies in ihre Zuordnung einbeziehen.

Die SuS protokollieren in Partner- bzw. Gruppenarbeit die Temperaturen der beiden Erdproben vor und nach der Bestrahlung, indem sie die Daten auf dem Protokollbogen tabellarisch notieren.

Die SuS beschreiben in Partner- bzw. Gruppenarbeit das Klima der tropischen Zone mit eigenen Worten, indem sie sich mindestens zwei Minuten im Warmhaus aufhalten, das Klima mit ihren Sinnen wahrnehmen und Stichpunkte zum Klima als Texteingabe im Tablet-PC formulieren.

Die SuS arbeiten in Partner- bzw. Gruppenarbeit die unterschiedlichen Temperaturerhöhungen der beiden Erdproben heraus, indem sie die jeweilige Temperaturzunahme mithilfe ihrer Messergebnisse berechnen.

Die SuS beschreiben in Partner- bzw. Gruppenarbeit die Auswirkung der unterschiedlichen Einstrahlwinkel der Sonneneinstrahlung auf die Erde im Hinblick auf die Temperatur, indem sie die Ergebnisse der höheren Steigerung der Temperatur der direkten Bestrahlung und dem geneigten Einstrahlwinkel eine geringere Temperatursteigerung zuordnen.

Über die Spielfeldansicht (vgl. Abb. 49) wird die Station ausgewählt. Die Grafik in diesem Beispiel zeigt, dass die Station T1 die Startstation der Gruppe ist.

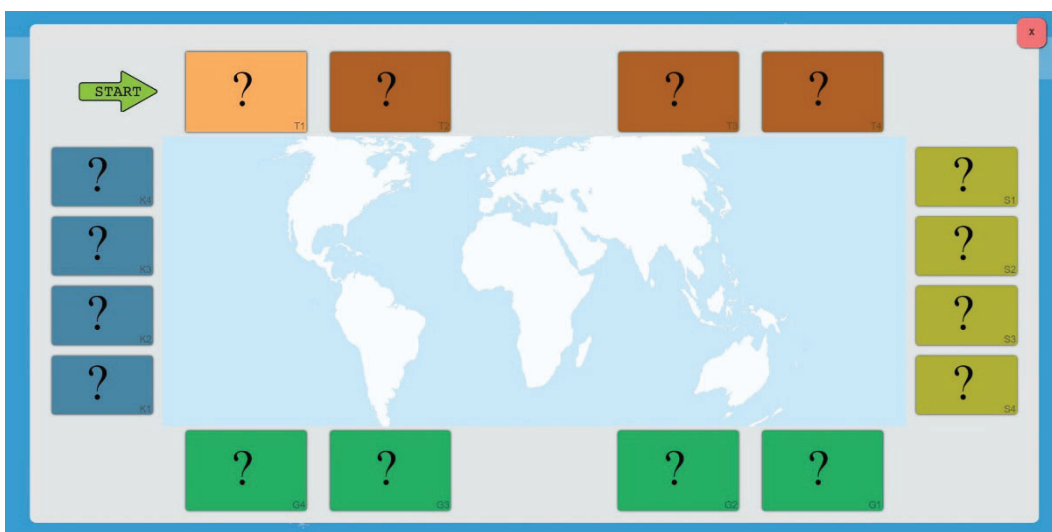


Abb. 49: Screenshot-Ansicht der Startseite: Station T1 wird über die Spielfeldansicht ausgewählt.

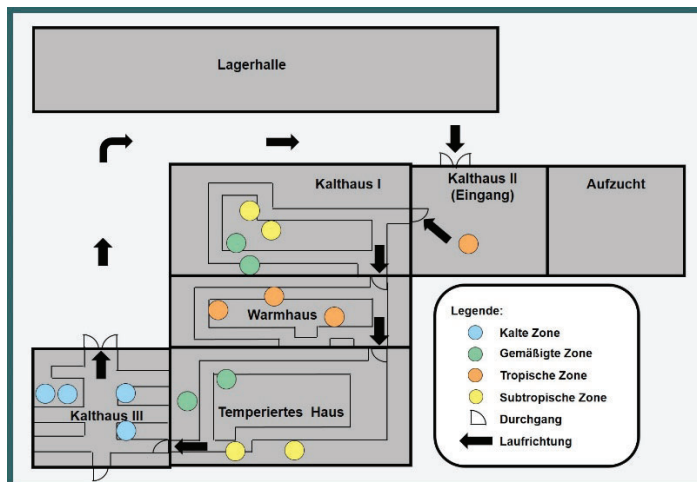
Nach der Auswahl der Station über die Spielfeldansicht bietet die Welcome-Seite, welcome/T1_Welcome.html, Informationen, wo diese Station zu finden ist.

Inhalt der Seite welcome/T1_Welcome.html

An dieser Station werdet ihr das tropische Klima etwas näher betrachten. Begeht euch dazu zu Station T1 im Kalthaus II.



Nicht gefunden? Schaut [hier](#) [Link zum Lageplan, s.u.] auf der Übersichtskarte nach!



Lageplan der Stationen



Abb. 50: Screenshot-Ansicht der Welcome-Seite [welcome/T1_Welcome.html](#)

Die verbale Beschreibung „Begeht euch an Station T1 im Kalthaus II.“ verweist auf das aufzusuchende Gewächshaus und dient der groben Orientierung. Für das Auffinden in Kalthaus II dient ein Foto mit dem Aufbau der Station.

Die Seite [intro/T1 FSTID 1 QID 1.html](#) dient der Einführung in das Thema.

Inhalt der Seite [intro/T1 FSTID 1 QID 1.html](#)

Welche Auswirkung hat der Winkel der Sonneneinstrahlung auf die Temperatur der Erde?

Das Zustandekommen des tropischen Klimas wird geprägt von der Sonneneinstrahlung. Welche Auswirkung die Sonneneinstrahlung auf die

Temperatur der Erde hat, werdet ihr euch im Modellversuch genauer anschauen.

Modellversuch

Material:



Eure Versuchsmaterialien

Daran schließen sich zwei Fragen bzgl. der Modell-Realität-Zuordnung der Versuchsgegenstände an. Es wird erwartet, dass SuS der Wärmelampe die Sonne als Energiequelle und die Behälter mit Erde als Erdoberfläche angeben.

QID 1 | type 2 | innerpos 1 | FSTID 1

In diesem Versuch wird die Realität modellhaft nachgebildet. Ordnet zunächst die Versuchsgegenstände der Realität zu.

Was repräsentiert die Wärmelampe in diesem Versuch?

QID 87 | type 2 | innerpos 2 | FSTID 1

Was repräsentieren die Behälter mit Erde in diesem Versuch?

Anschließend wird der Versuch angeleitet. Zur Überbrückung der Wartezeit von vier Minuten werden die SuS aufgefordert, im Warmhaus das tropische Klima wahrzunehmen. Um diese Impression zu intensivieren, gießen die Mitarbeiter des Gartens je nach Witterung das Warmhaus vor dem Besuch der Schulklasse. Als Erwartung der Antwort können hier die Begriffe feucht, warm, schwül, nass, sommerlich, drückend und stickig genannt werden.

QID 96 | type 2 | innerpos 3 | FSTID 13

Lasst die Lampen noch aus!

Durchführung Teil 1:

1. Messt zunächst die Starttemperatur der Erdproben und notiert diese auf dem Protokollbogen. Die Thermometer sind schon richtig positioniert.
2. Schaltet die Rotlichtlampe ein und startet vier min auf der Stoppuhr.



3. Begeht euch in der Zwischenzeit in das Warmhaus und erlebt dort das tropische Klima für mind. 2 min. Beschreibt danach das Klima stichwortartig.
4. Klickt dann auf "Weiter"

QID 96 | type 2 | innerpos 4 | FSTID 13

Durchführung Teil 2:

1. Geht zurück zum Versuchsaufbau.
2. Sobald die vier Minuten um sind, lest die Temperatur der Erdproben erneut ab.
3. Notiert die Daten auf dem Protokollbogen.
4. Berechnet die jeweilige Temperaturzunahme
5. Macht abschließend noch ein Foto von eurem Protokollbogen.

Protokollbogen vor Ort:

Tropische Zone		
Versuchsprotokoll		
		
Temperatur zu Beginn		
Temperatur nach 4 min		
Temperaturänderung		
Differenz der Temperaturen		
Station T1		

Der Protokollbogen vor Ort war zunächst beschriftet mit „Senkrechte Einstrahlung“ und „Geneigte Einstrahlung“, führte jedoch sehr oft zu Verwechslungen. Daher wurden die Spalten mit Icons des Versuchsaufbaus beschriftet.

Abschließend sind die SuS gefordert, ihre Ergebnisse aus dem Modellversuch auf die Realität zu übertragen.

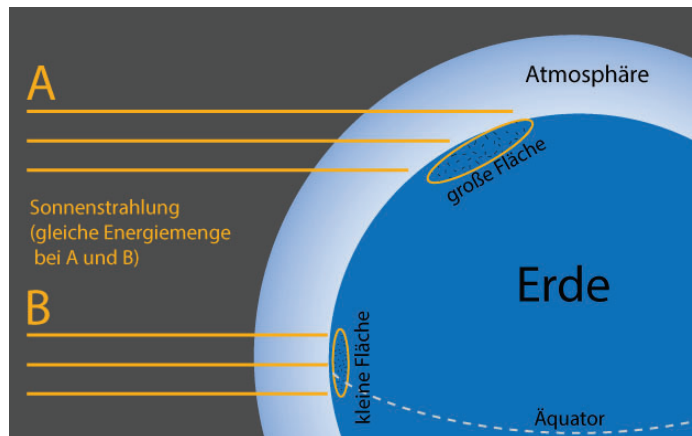
QID 3 | type 2 | innerpos 5 | FSTID 13

Beschreibt nun die Auswirkung der unterschiedlichen Einstrahlwinkel der Sonneneinstrahlung auf die Temperatur der Erde. Bezieht euch dabei auf eure Ergebnisse!

Die Seite [outro/T1 outro FSTID1 QID3.html](#) bietet die Auflösung und fordert zum Aufräumen auf.

Inhalt der Seite [outro/T1 outro FSTID1 QID3.html](#)

Durch den geneigten Einstrahlwinkel nördlich und südlich des Äquators verteilt sich dort die gleiche Energiemenge auf eine größere Fläche. Dort ist es demnach kühler als am Äquator.



Erderwärmung in Abhängigkeit vom Einstrahlwinkel

Schaltet bitte die Lampen und Thermometer wieder aus, bevor ihr zur nächsten Station weitergeht.

Station T2

An dieser Station sollen die SuS Anpassungsstrategien der Zuckerrübe und dem Zuckerrohr an die klimatischen Bedingungen in den Tropen und der Gemäßigte Zone vergleichen. Dies wird durch das Auswerten einer Karte zu den Anbauflächen der beiden Zuckerlieferanten, einem Klimadiagramm von Brasilien und Videos zur C3- und C4-Fotosynthese ermöglicht. Die Station ist überwiegend medial repräsentiert, da die hier thematisierten physiologischen Aspekte nicht in einem Versuch vermittelbar sind. Hier bietet die digitale Umsetzung jedoch durch die Einbindung von Videos eine gute Möglichkeit, einen Blick ins Pflanzeninnere zu werfen.

Material an der Station:

Material	Menge
Zuckerrohr <i>Saccharum officinarum</i>	1
Zuckerhut (Eyecatcher)	1

Für Station T2 lassen sich folgende Lernziele formulieren:

Die SuS nennen in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die Klimazonen, in denen Zuckerrüben angebaut werden, indem sie die Anbauflächen mithilfe der Karte zu den Anbauländern von Zuckerrohr und Zuckerrübe ermitteln und schriftlich im Tablet festhalten.

Die SuS charakterisieren in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die Klimabedingungen für den Zuckerrohranbau, indem sie aus dem Klimadiagramm von Recife (Brasilien) Besonderheiten (ganzjährig Temperaturen zwischen 25 -30 °C) des Klimas entnehmen.

Die SuS nennen in Partner- bzw. Gruppenarbeit die Klimazone in denen die Zuckerrübe angebaut wird, indem sie diese Informationen der Karte entnehmen und als Textantwort eingeben.

Die SuS charakterisieren in Partner- bzw. Gruppenarbeit die Unterschiede des Gewebesaufbaus von Zuckerrübe und Zuckerrohr, indem sie diese Informationen den graphisch aufbereiteten Mikroskopbildern im ersten Video entnehmen.

Die SuS begründen in Partner- bzw. Gruppenarbeit die Begrenzung des Anbaus von Zuckerrohr auf die Tropen, indem sie die Unterschiede der C3- und C4-Fotosynthese dem zweiten Video entnehmen und sinnstiftend in Bezug zur Leitfrage stellen.

Die Seite [welcome/T2_Welcome.html](#) fordert die SuS auf, im Warmhaus das Zuckerrohr zu finden. Auch hier dient der verlinkte Lageplan zur groben

Orientierung. Um das Zuckerrohr in dem dichten Grün leichter zu finden wird als Eyecatcher mit Bezug zum Original ein Zuckerhut neben dem Zuckerrohr platziert.

Inhalt der Seite welcome/T2_Welcome.html

Das heiße Klima der Tropischen Zone stellt in vielerlei Hinsicht eine große Herausforderung für Pflanzen dar. Wie dieses Klima entsteht habt ihr eben erforscht. In dieser Station werdet ihr durch den Vergleich von Zuckerrübe und Zuckerrohr Anpassungsstrategien von Pflanzen an unterschiedliche Klimate kennen lernen.

Sucht in der Tropischen Zone im Warmhaus das Zuckerrohr!



Orientierungshilfe

Nicht gefunden? Schaut [hier](#) auf der Übersichtskarte nach!

Die anschließende Intro-Seite intro/T2_FSTID2_QID4.html fhrt über die weit verbreitete Fehlvorstellung, dass brauner Zucker aus Zuckerrohr und weißer Zucker aus der Zuckerrübe gewonnen wird, zur Problemstellung hin.

Inhalt der Seite intro/T2_FSTID2_QID4.html

Zuckerrohr und Zuckerrübe

Brauner Zucker → Zuckerrohr, weißer Zucker → Zuckerrübe???

Diese weit verbreitete Vorstellung stimmt nicht. Durch die braune Farbe wird oft ein Unterschied zwischen den Zuckersorten impliziert. Die braune Färbung liegt jedoch nur daran, dass ein Reinigungsschritt im Prozess der

Zuckerraffination des braunen Rohrzuckers ausgelassen wurde. Man kann sowohl aus Zuckerrohr als auch aus der Zuckerrübe beide Zuckersorten herstellen.

An dieser Station werdet ihr herausfinden, warum global beide Pflanzen angebaut werden, obwohl das Produkt identisch ist.



Zuckerrübe und Zuckerrohr

[Anm.: Bildquelle: Zuckerrübe: sugar-beet-837810_640 pixaby CC0 Public Domain.jpg, Zuckerrohr: sugarcane-439880_640_pixaby CC0 Public Domain James DeMers.jpg]

Es schließt sich ein Arbeitsauftrag zur Kartenauswertung an.

QID 4 | type 2 | innerpos 1 | FSTID 2

Analysiert nun die Karte im Anhang.

Nennt die Klimazonen, in denen überwiegend die Zuckerrübe angebaut wird.

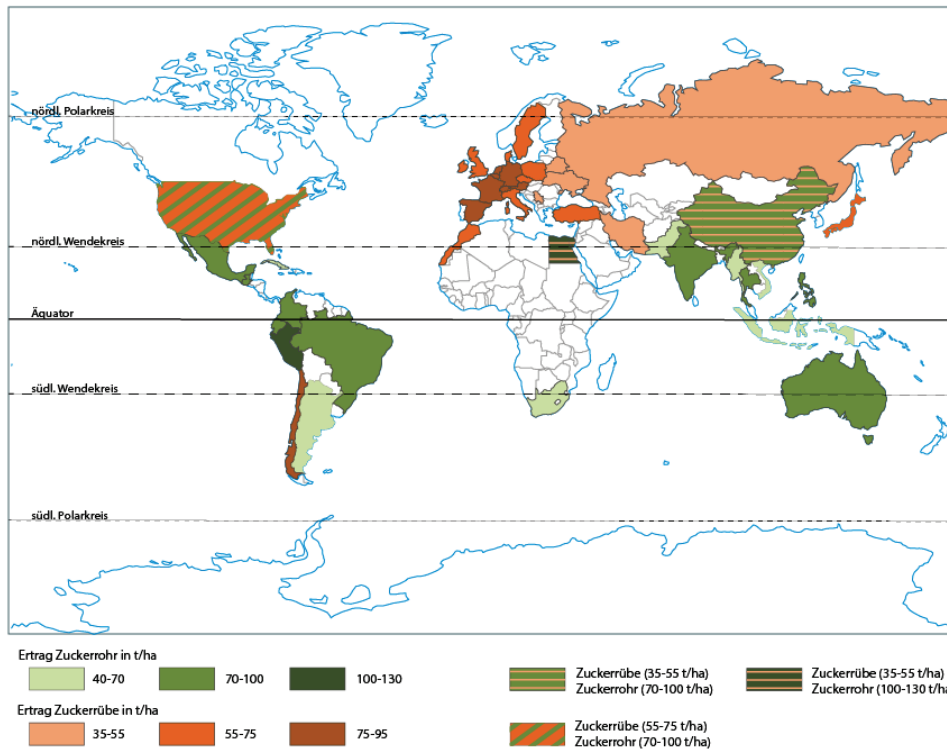
Die zugehörige Materialseite mat/T2_1_Anbau_Zuckerpflanzen.html hält die benötigte Karte bereit.

Inhalt der Seite mat/T2_1_Anbau_Zuckerpflanzen.html

Anbauggebiete der Zuckerrübe und des Zuckerrohrs

Warum werden beide Pflanzen angebaut, obwohl das Produkt identisch ist?
Analysiert die Karte. In welchen Klimazonen werden Zuckerrübe bzw. Zuckerrohr angebaut?

Ertrag der führenden Anbauländer von Zuckerrohr und Zuckerrübe weltweit im Jahr 2014 pro ha Anbaufläche



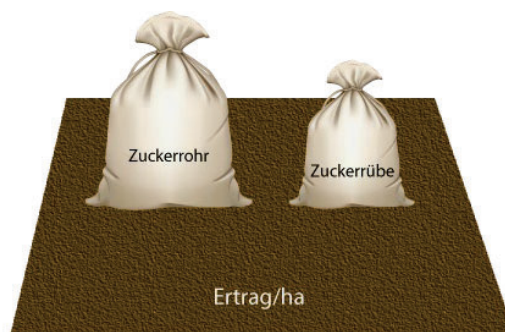
Hauptanbaubereiche von Zuckerrohr und Zuckerrübe

[Anm.: Karte: eigene Darstellung, Daten: FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION]

Da die Station recht zeitaufwendig ist, ist hier nur die Verbreitung der Zuckerrübe zu ermitteln. Die Auflösung erfolgt auf der Seite [outro/T2 FSTID2 QID 4.html](#); sie führt die Fragestellung ein und visualisiert die Ertragsunterschiede.

Inhalt der Seite [outro/T2 FSTID2 QID 4 .html](#)

Die Zuckerrübe wird hauptsächlich in den gemäßigten Breiten angebaut. Das Zuckerrohr ist mit einem Ertrag von 2 t Zucker pro Hektar jedoch deutlich ertragreicher als die Zuckerrübe mit 1,5 t Zucker pro Hektar. Doch warum wird Zuckerrohr nicht auch bei uns in den gemäßigten Breiten angebaut, sondern nur in den tropischen/subtropischen Gebieten?



Ertragsverhältnis Zuckerrübe und Zuckerrohr

Mithilfe der Auswertung eines Klimadiagramms aus Brasilien beschreiben SuS die klimatischen Anbaubedingungen für Zuckerrohr.

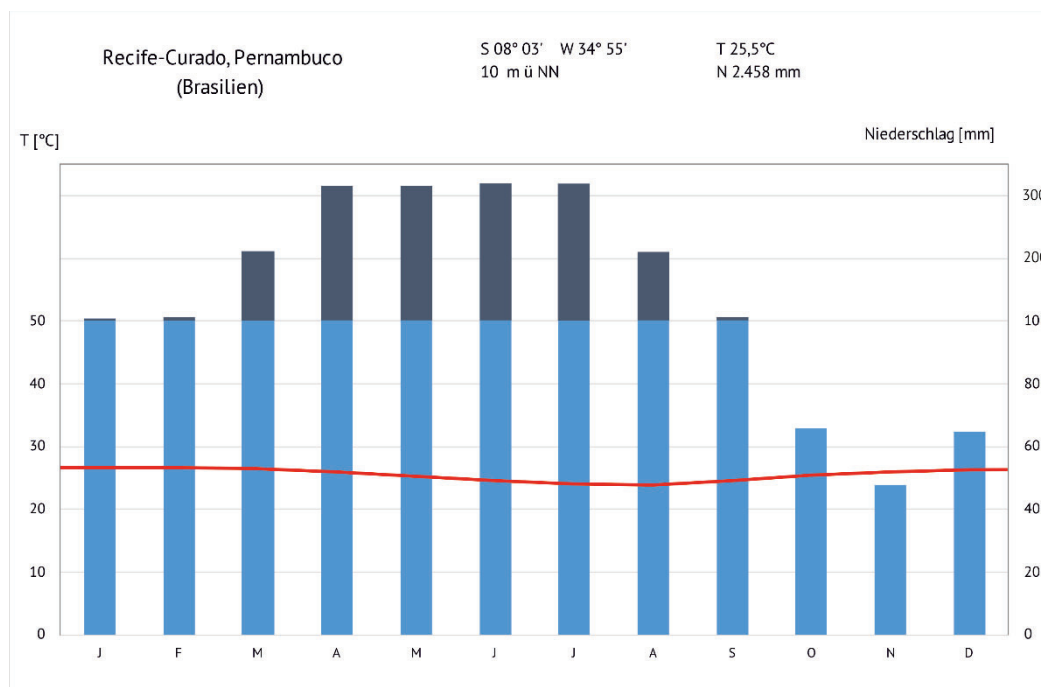
QID 5 | type 2 | innerpos 2 | FSTID 2

Brasilien gehört zu den Hauptproduzenten für Zuckerrohr. Analysiert das Klimadiagramm von Recife (Brasilien) im Anhang. Charakterisiert diese Klimabedingungen für den Zuckerrohranbau in Stichpunkten!

Auf der zugehörigen Material-Seite mat/T2_3_Klima_Recife.html ist das Klimadiagramm eingebettet. Die Frage wird darauf noch einmal wiederholt, um ausufernde Interpretationen zu vermeiden, eine stichpunktartige Darstellung der wesentlichen Charakteristika genügt. Als Punkte, die die Antwort der SuS beinhalten soll werden im Erwartungshorizont ganzjährig Temperaturen zwischen 25°C und 30°C und ganzjährig hohe Niederschlagsmengen, der auf einen hohen Wasserbedarf schließen lässt aufgeführt.

Inhalt der Seite mat/T2_3_Klima_Recife.html

Brasilien gehört zu den Hauptproduzenten für Zuckerrohr. Analysiert das Klimadiagramm von Recife (Brasilien). Charakterisiert diese Klimabedingungen für Zuckerrohranbau in Stichpunkten!



Klimadiagramm Recife (Brasilien)

[Anm.: Eigene Darstellung, Daten: (DEUTSCHER WETTERDIENST)]

Die Seite intro/T2_FSTID2_QID6.html setzt den Kontext auf physiologische Unterschiede.

Inhalt der Seite intro/T2 FSTID2 QID6.html

Das Zuckerrohr zählt zu den C4-Pflanzen, die Zuckerrübe dagegen zu den C3-Pflanzen.

Beide betreiben demnach auf unterschiedliche Arten Fotosynthese. Genaueres zu dieser Anpassung an spezielle klimatische Bedingungen erfahrt ihr hier.

Da die SuS mit unterschiedlichem Vorwissen kommen, geschieht der Einstieg zunächst über „sichtbare“ Unterschiede. Daher steht zunächst der Gewebeaufbau der beiden Zuckerlieferanten im Fokus.

QID 127 | type 1 | innerpos 3 | FSTID 2
Multiple Choice Antwortoptionen (0=invalid, 1=valid)

Werft mal einen Blick durch das Mikroskop - das stumme Video im Anhang zeigt euch Unterschiede beider Pflanzen im Aufbau der Blätter. Beschreibt die Anordnung der Mesophyllzellen in beiden Zuckerlieferanten und wählt im Anschluss an das Video die richtigen Optionen aus.

Antwortoptionen AID zu QID 127

AID	Beschriftung Auswahlbutton	valid
136	Zuckerrohr: geschichtet	0
137	Zuckerrohr: ringförmig	1
138	Zuckerrübe: geschichtet	1
139	Zuckerrübe: ringförmig	0

Die ursprüngliche Idee, den SuS hier ein Mikroskop anzubieten und selbst Blattgewebe von Zuckerrübe und Zuckerrohr zu vergleichen und ggf. mit dem Tablet-PC und einem entsprechenden Anschluss für das Mikroskop Fotos anzufertigen, die dann interaktiv auf dem Tablet-PC beschriftet werden können, wurde verworfen, da zum einen die Tablet-PCs nicht die geeignete Sensitivität des Touch-Screens für Zeichnungen besitzen, zum anderen das Mikroskopieren für Ungeübte auch mit Dauerpräparaten zu lange dauern und wohl auch kaum zufriedenstellend gelingen würde. Daher wurden eigene Schnitte durch eine wissenschaftliche Hilfskraft angefertigt und Aufnahmen davon in das an dieser Stelle auf der Materialseite mat/T2 KranzanatomieQID127.html angebotene Video eingebunden. Es werden zunächst den beiden Blattgeweben gemeinsame Merkmale auf den Mikroskop-Bildern nachgezeichnet, dann werden Unterschiede deutlich gemacht, die am Ende einander gegenübergestellt werden. Aus den Grafiken im Video können in Frage 127 genannte verbalen MC-Optionen zugeordnet werden. Das Video ist auf der CD im Anhang zu finden (Datei: T2 Kranzanatomie.mp4). Es wurde als Sketch-Video mit VideoScribe produziert, da dies ermöglicht, dass durch die Verwendung einer Hand den Fokus auf die zu beobachtenden Gewebebereiche lenkt.

Inhalt der Seite mat/T2 KranzanatomieQID127.html

Warum wird das ertragreichere Zuckerrohr nicht auch bei uns in den gemäßigten Breiten angebaut, sondern nur in den tropischen/subtropischen Gebieten?

Der Film ermöglicht einen Blick ins Gewebe. Er zeigt euch die Unterschiede im Gewebeaufbau.



[Anm.: Screenshot-Ansicht des Startbildes des Videos, Videodatei „Kranzanatomie v3.mp4“ auf beiliegender CD. Eigene Produktion mit VideoScribe.]

Nach der Betrachtung der beobachtbaren Strukturunterschiede wird nun die Physiologie näher betrachtet. Mit den Informationen aus dem zweiten Video und der Einbeziehung der klimatischen Bedingungen lässt sich die Leitfrage lösen.

QID 128 | type 2 | innerpos 4 | FSTID 2

Zuckerrohr und Zuckerrübe unterscheiden sich im Aufbau ihres Blattgewebes. Wozu das gut ist, erfahrt ihr im Film (mit Ton) im Anhang.

Begründet anschließend kurz, warum das ertragreichere Zuckerrohr in den gemäßigten Breiten nicht angebaut wird.

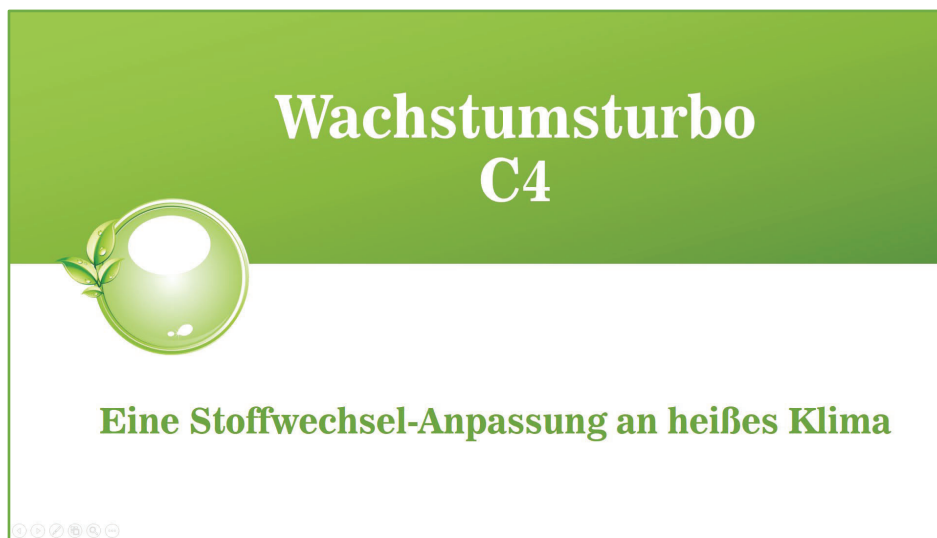
In einem zweiten Video werden schließlich die beiden unterschiedlichen Fotosynthesarten vorgestellt. Am Ende wird zusammenfassend auch auf die Bedingungen, unter denen die beiden Arten ablaufen aufgeführt, sodass SuS aus der Auswertung des Klimadiagramms und den Informationen im Video begründen können, weshalb Zuckerrohr in den gemäßigten Breiten nicht

angebaut werden kann. Das Video ist auf der Materialseite mat/T2_4_C4_Film.html eingebettet. Es wurde als Slide-Video mit Power Point produziert und vertont. PowerPoint ermöglichte die Erstellung animierter Sequenzen. Auf der beiliegenden CD ist das Video unter dem Dateinamen „T2_Wachstumsturbo C4.mp4“ zu finden.

Inhalt der Seite mat/ T2_4_C4_Film.html

Warum wird das ertragreichere Zuckerrohr nicht auch bei uns in den gemäßigten Breiten angebaut, sondern nur in den tropischen/subtropischen Gebieten?

Der Film zeigt euch die Unterschiede der beiden Fotosynthesarten. Er hilft euch zu beantworten, warum Zuckerrohr bei uns nicht gedeiht.



[Anm.: Screenshot-Ansicht des Startbildes des Videos, Videodatei „Wachstumsturbo C4_mit Audio_v5.mp4“ auf beiliegender CD. Eigene Produktion mit Power Point.]

Station T3

An Station T3 der tropischen Zone arbeiten die SuS die Lichtverhältnisse in Waldbeständen der Klimazone heraus und begegnen verschiedenen Anpassungsstrategien. Hierzu werden als Einstieg in die Problematik des Lichtmangels zwei Messungen der Lichtintensität im Unterwuchs und im „Kronendach“ des Pflanzenbestandes im Warmhaus durchgeführt. Der Ort für die Lichtmessung wird jeweils so gewählt, dass die SuS sowohl einen verdunkelten Bodenbereich als auch in einen lichterem Kronenbereich höherer Pflanzen erreichen können, ohne die Beete zu betreten. Weiterführend wird je nach Verfügbarkeit eine epiphytisch lebende Pflanze im Garten vorgestellt.

Material an der Station:

Material	Menge
Lichtmessgerät	1
Holztablett	1
Tabletablagefläche	1
Vertreter an Epiphyten nach Verfügbarkeit: <ul style="list-style-type: none">- Trichterbromelie <i>Nidularium innocentii</i> (Temperiertes Haus)- Tillandsie <i>Tillandsia usneoides</i> (Temperiertes Haus)- Orchidee <i>Brassavola flagellaris</i> (Temperiertes Haus)- Geweihfarn <i>Platyterium bifurcatum</i> (Warmhaus)	1

Für Station T3 lassen sich folgende Lernziele formulieren:

Die SuS führen in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit zwei Messungen mit dem Lichtmessgerät (Luxmeter) zur Bestimmung der Lichtintensität am Boden und im Kronendach des Pflanzenbestandes im Warmhaus durch, indem sie den einzelnen Schritten der Bedienungsanleitung im Anhang genau folgen und Messungen in beiden Höhen vornehmen.

Die SuS vergleichen in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die beiden Messpunkte in ihrer Lichtintensität, indem Sie die unterschiedlichen Messergebnisse gewichtend gegenüberstellen.

Die SuS formulieren in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit das auftretende Probleme kleinerer, am Boden wachsender Pflanzen, indem sie mithilfe der erhobenen Daten feststellen, dass am Boden tropischer Wälder wenig Licht zur Verfügung steht.

Die SuS beschreiben in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die Strategie epiphytisch wachsender Originale um an mehr Licht zu gelangen, indem sie Beobachtungen zu deren Wuchsort anstellen.

Nach Anwählen der Station T3 über die Spielfeldansicht erscheint zur Orientierung die Seite [welcome/T3_Welcome.html](#). Der Bildausschnitt zeigt auch das Tablet mit dem Lichtmessgerät, sodass die Station leicht zu finden ist.

Inhalt der Seite [welcome/T3_Welcome.html](#)

Begeht euch in die Tropische Zone im Warmhaus. Dort findet ihr im Dschungel eure Station.



Orientierungshilfe

Nicht gefunden? Schaut [hier](#) auf der Übersichtskarte nach.

Nach dem Schließen der Seite werden die SuS aufgefordert, die Lichtmessung durchzuführen.

QID 7 | type 2 | innerpos 1 | FSTID 3

Hier im botanischen Garten ist zwar kein tropischer Regenwald angelegt, dennoch könnt ihr hier ähnliche Lichtverhältnisse vorfinden. Diese untersucht ihr nun mit dem Lichtmessgerät.

Führt gemäß der Anleitung im Anhang zwei Lichtmessungen durch.

Vergleicht beide Werte und formuliert in einem Satz, welches Problem sich vor allem für kleinere, am Boden wachsende Pflanzen im tropischen Regenwald ergibt.

Die zugehörige Anleitung findet sich auf der Materialseite [mat/T3_1_Lichtmessung.html](#).

Inhalt der Seite [mat/T3_1_Lichtmessung.html](#)

Bedienung des Lichtmessers:

1. Schaltet den Drehschalter des Licht-Intensitätsmessgerätes auf "200".

2. Entfernt die Schutzkappe vom Lichtsensor und haltet den Sensor waagrecht. Richtet den Lichtsensor so aus, dass das Licht senkrecht auf den Sensor trifft.
3. Lest den im Display angezeigten Wert ab. In den Messbereichen 200 und 2000 entspricht der angezeigte Wert der Lichtstärke in Lux.
4. Wird im Display "1" angezeigt, bedeutet dies, dass der Messbereich zu klein ist. Stellt dann auf den nächst höheren Bereich. Achtung: Im Messbereich 20000 muss der Wert im Display mit 10 und im Messbereich 50000 mit 100 multipliziert werden, um die korrekte Lichtstärke zu ermitteln.
5. Nach Abschluss der Messungen, dreht den Drehschalter auf "OFF" und setzt die Schutzkappe wieder auf den Sensor.

Orte für die Messungen:

1. Messt nach, welche Lichtintensität am "Boden des tropischen Regenwaldes" ankommt. Haltet dazu den Sensor waagrecht in Bodennähe unter den Pflanzenbestand.
2. Führt die Messung nun auch in den oberen Regionen, im "Kronendach des Regenwaldes", durch, indem ihr den Sensor waagrecht in die Höhe haltet.
3. Vergleicht beide Werte und formuliert in einem Satz, welches Problem sich vor allem für kleinere, am Boden wachsende Pflanzen im tropischen Regenwald ergibt.



Anschließend wird je nach Verfügbarkeit ein Original mit epiphytischer Lebensweise vorgestellt. In dem dargestellten Beispiel wurde die Trichterbromelie *Nidularium innocentii* verwendet. Da hierfür ein Ortswechsel nötig ist, erhalten SuS auf der Seite <intro/T3 FSTID3 QID8.html> auch wieder eine Hilfestellung mit einem Bildausschnitt der Epiphytenwand.

Inhalt der Seite [intro/T3 FSTID3 QID8.html](#)

Der Kampf um Licht

Einige Pflanzen haben eine ganz bestimmte Strategie entwickelt, um besonders viel Licht einzufangen zu können.

Macht einen kurzen Ausflug ins temperierte Haus.

Sucht dort nach der Trichterbromelie *Nidularium innocentii*. Sie kommt übrigens aus der gleichen Familie wie die Ananas.

Schaut euch an, wie und wo sie wächst.



[Hier werdet ihr sie finden.](#)

Anschließend werden die Lernenden gefordert, aus ihrer Beobachtung eine Strategie der Pflanze abzuleiten, wie der Kampf um das Licht in tropischen Wäldern gewonnen werden kann.

QID 8 | type 2 | innerpos 2 | FSTID 3

[Beschreibt die Strategie, die die Pflanze nutzt, um an mehr Licht zu gelangen.](#)

Auf der abschließenden outro-Seite [outro/T3 outro FSTID3 QID8.html](#) wird jeweils das Original näher beschrieben und seine Anpassung an die Wuchsform in der Höhe ohne Kontakt zum Boden vorgestellt. Ein abschließendes Real-Video zeigt dokumentarisch weitere Epiphyten in den Gewächshäusern.

Inhalt der Seite [outro/T3 outro FSTID3 QID8 .html](#)

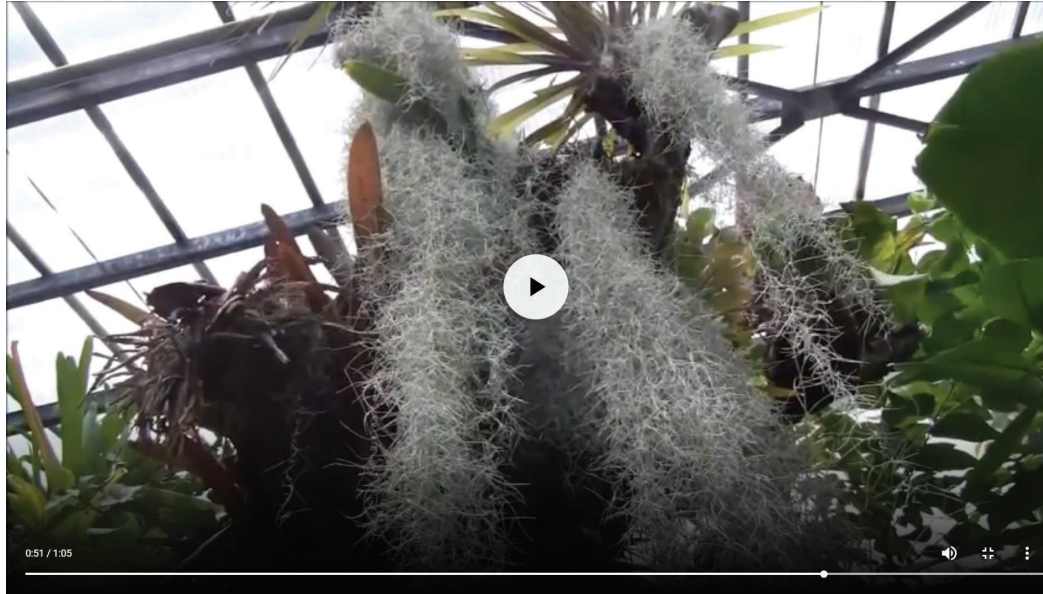
Die Trichterbromelie wächst in den Baumkronen auf Ästen anderer Bäume und nutzen diese als "Podest", um dem Licht näher zu kommen.

Solche Aufsitzerpflanzen -auch Epiphyten genannt- entziehen ihrem Trägerbaum weder Wasser noch Nährstoffe. Sie sind also keine Parasiten.

Um oben in den Baumkronen auch an Wasser und Nährsalze zu kommen, haben sie unterschiedliche Strategien entwickelt.

Diese Bromelie bildet kleine Trichter, in denen sich das Regenwasser sammelt. Mit Saugschuppen können sie dieses dann aufnehmen - also über den Blattgrund statt über die Wurzel.

Auch ihre epiphytischen Nachbarn die ihr hier an der Wand seht (z. B. Orchideen) haben Strategien entwickelt, um in den Baumkronen zu leben. Schaut euch dazu abschließend das Video an.



[Anm.: Screenshot-Ansicht aus dem Video „T3_Epiphyten_Uni Innsbruck.mp4“
Quelle: BOTANISCHER GARTEN DER UNIVERSITÄT INNSBRUCK]

Station T4

An Station T4 erarbeiten die Teams weitere Strategien zur Lichtgewinnung am Beispiel der Würgefeige *Ficus virens*. Im Gegensatz zu den dauerhaft epiphytisch lebenden Originalen, die an T3 eingeführt wurden, hat diese nur eine epiphytische Lebensphase im Anfangsstadium; zudem schädigt sie ihren Wirt nachhaltig, indem sie nach Bodenkontakt Wurzeln schlägt, die dann durch sekundäres Dickenwachstum den Trägerbaum abschnüren.

Material an der Station:

Material	Menge
<i>Ficus virens</i>	1

Für Station T4 lassen sich folgende Lernziele formulieren:

*Die SuS erarbeiten in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die Funktion der "Fäden" der Würgefeige *Ficus virens*, indem sie anhand von bereits ausgebildeten Fäden an einer Würgefeige im Warmhaus eine Vermutung aufstellen und diese mithilfe des Materials „Reihenfolge des Wachstums“ überprüfen.*

Die SuS bestimmen in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die Stadien des Wachstums der Würgefeige, indem sie die Stadien des Wachstums der richtigen Reihenfolge nach sortieren und dies protokollieren.

Die SuS beschreiben in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die Funktion der "Fäden", indem sie die wichtige Information (Fäden = Wurzelansätze) aus dem Material „Reihenfolge des Wachstums“ erschließen.

Zunächst gilt es, den Ficus zu finden, was mithilfe der Welcome-Seite [welcome/T4_Welcome.html](#) ermöglicht wird. Hier wird auf ein Bild verzichtet, da die SuS sich mit den Originalen auseinandersetzen sollen. Im Abschlussvideo an T3 wurden weitere Epiphyten vorgestellt. Diese sind leicht im Warmhaus zu identifizieren, das gesuchte Original steht genau gegenüber. Als Zusatzhilfe kann der Lageplan konsultiert werden.

Inhalt der Seite [welcome/T4_welcome.html](#)

[Weitere Strategien im Kampf um Licht](#)

[Die Epiphyten haben mit ihrer Strategie, ihren Wuchsort vom Boden in die Baumkronen zu verlagern, das Ziel erreicht, an Licht zu gelangen.](#)

[Die folgende Station stellt euch eine ähnliche Strategie vor, um im tropischen Regenwald an die lebensnotwendige Ressource Sonnenlicht zu gelangen.](#)

[Geht zurück ins Warmhaus und sucht dort die Würgefeige *Ficus virens*.](#)

Sie ist ein ca. 2 m hohes Bäumchen am Kopfende des inneren Beetes. Es hat nicht weit von den Epiphyten entfernt seinen Platz hat.

Nicht gefunden? Schaut [hier](#) auf der Übersichtskarte nach!

Auf der Einführungsseite [intro/T4 FSTID4 QID9.html](#) wird zunächst ein Foto eines jüngeren Entwicklungszustandes gezeigt. Es wird zur Hypothesenbildung aufgefordert.

Inhalt der Seite [intro/T4 FSTID4 QID9.html](#)

Schaut euch die Würgefeige an und betrachtet euch den Stamm genauer. Vielleicht könnt ihr sogar solche "Fäden" entdecken, wie sie hier auf dem Bild hatte. Wozu könnten diese Auswüchse dienen?



Stamm einer jungen Würgefeige

[Anm.: Bildquelle: WOHNSLAND 2015]

Diese Hypothese wird in der anschließenden Frage schriftlich festgehalten.

QID 9 | type 2 | innerpos 1 | FSTID 4

Stellt eine Vermutung auf, wozu die im Bild gezeigten "Fäden" am Stamm dienen könnten.

QID 10 | type 2 | innerpos 2 | FSTID 4

Auch die Würgefeige hat eine Strategie entwickelt, dem Lichtmangel am Boden zu entgehen. Schaut euch im Anhang an, wie Würgefeigen sich verbreiten und wachsen. Notiert dann die richtige Reihenfolge der Stadien!

Die zugehörige Materialseite [mat/T4_1_Wuergfeige.html](#) zeigt vier Abbildung der Entwicklungsstadien, die in die richtige Reihenfolge zu bringen sind.

Inhalt der Materialseite mat/T4_1_Wuergfeige.html

Mit welcher Strategie nutzt die Würgefeige ihren Lebensraum im tropischen Regenwald optimal aus?

Die Grafik zeigt einzelne Stadien der Verbreitung bzw. des Wachstums der Würgefeigen. Die Abfolge stimmt hier jedoch nicht.

Notiert die richtige Reihenfolge der Wuchsstadien.



[Anm.: Bildquelle: UMWELTHELDEN E.V. 2014]

Abschließend werden die SuS aufgefordert, ihre Eingangshypothese zu verifizieren bzw. falsifizieren und hier letztendlich die Strategie der Würgefeige zu notieren.

QID 11 | type 2 | innerpos 3 | FSTID 4

Überprüft eure Vermutung von eben und beschreibt, wozu die "Fäden" am Stamm der jungen Würgefeige einmal dienen werden.

Die abschließende Seite [outro/T4 outro FSTID4 QID10.html](outro/T4_outro_FSTID4_QID10.html) löst das Rätsel auf und verabschiedet die "Weltreisenden" in die nächste Zone.

Inhalt der Seite [outro/T4 outro FSTID4 QID10.html](outro/T4_outro_FSTID4_QID10.html)

Strategien, um im Tropischen Regenwald an Licht zu gelangen.

Bei den feinen "Fäden" am Stamm der Würgefeige auf dem Foto handelte es sich um die Wurzelansätze. Mit diesen Wurzeln wird die Würgefeige ihren Wirtsbaum umwachsen und nach und nach erwürgen. Der Vorteil für die Würgefeige liegt darin, dass sie weniger Energie in die Ausbildung stabiler Wurzeln investieren muss, da sie die Stabilität der Wirtspflanze ausnutzt.

Ihr habt nun einige Beispielpflanzen, Herausforderungen und Pflanzenstrategien der tropischen Zone kennen gelernt. Reist in die nächste Klimazone um mehr über Pflanzenanpassungen an geoklimatische Faktoren der Subtropen kennen zu lernen!

5.2. Subtropische Zone: Lernziele und Aufbau der Stationen S1 bis S4

Die Stationen der subtropischen Zone thematisieren morphologische Anpassung an aride Bedingungen. Als Pflanze mit skleromorphen Blättern, die sich durch eine Wachsschicht vor zu hoher Transpiration schützt, wird der Olivenbaum vorgestellt, dessen Früchte gleichzeitig einen Alltagsbezug herstellen. Weiterhin werden Sukkulenzformen näher betrachtet sowie eine Anpassung, die es ermöglicht, nur kurz auftretende Starkregenereignisse optimal zu nutzen.

Station S1

An Station S1 der subtropischen Zone sollen die Lernenden die Anbauggebiete der Olive, das Klima in dieser Zone und Unterschiede zwischen dem Habitus der Blätter von Basilikum und Olivenbaum herausarbeiten. Zudem soll die Wachsschicht der Olivenbaumblätter als Anpassungsstrategien des Olivenbaumes als Transpirationsschutz ermittelt werden. Als Originale dienen ein eingetopfter und damit mobiler Olivenbaum *Olea europaea* sowie ein Basilikum (*Ocimum basilicum*), das eigens für den Versuch eine Woche nicht gegossen wird und somit angetrocknet wirkt.

Material an der Station:

Material	Menge
Olivenbaum <i>Olea europaea</i>	1
Basilikum <i>Ocimum basilicum</i>	1
Glas mit Oliven (Eyecatcher)	1

Für Station S1 lassen sich folgende Lernziele formulieren:

Die SuS ermitteln in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die Klimazone, in der Olivenbäume gedeihen, indem sie aus der Karte „Olivenproduktion nach Hauptgebieten“ herausarbeiten, in welcher Klimazone diese Hauptanbaugebiete liegen.

Die SuS ermitteln in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die klimatischen Bedingungen in Alexandria, indem sie aus dem Klimadiagramm von Alexandria ganzjährig hohe Temperaturen und fehlende Niederschläge in der Jahresmitte (Juni-August) entnehmen.

Die SuS erläutern in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die Herausforderungen mit denen der Olivenbaum bezüglich Temperatur und Niederschlag zu kämpfen hat, indem sie die Lerninhalte der vorangegangenen Lernziele miteinander verknüpfen und die Klimabedingungen in den Anbaugebieten beschreiben.

Die SuS vergleichen in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die Blätter des Olivenbaumes und des Basilikums, indem sie die Blätter in Hinblick auf diverse Merkmale wie beispielsweise Farbe, Größe der Blätter, Anzahl der Blätter und Blattdicke genau untersuchen.

Die SuS beschreiben in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die Oberfläche der Blätter des Olivenbaums mit eigenen Worten, indem sie die Blätter beider Pflanzen betasten und die passende Bezeichnung aus vier Antwortmöglichkeiten für die obere Blattschicht des Olivenblattes auswählen.

Auch hier dient zunächst die Seite [welcome/S1_Welcome.html](#) zur Orientierung. Da die SuS oft einen Baum in größeren Dimensionen suchten, gab es häufig Probleme, das ca. 1 m hohe Exemplar wahrzunehmen. Daher wurde hier im Text das Diminutiv benutzt, sowie ein Glas Oliven als Eyecatcher verwendet, um einen Alltagsbezug herzustellen.

Inhalt der Seite [welcome/S1_Welcome.html](#)

Der Olivenbaum, *Olea europaea*

Sucht das Olivenbäumchen, *Olea europaea* im Kalthaus II in der Subtropischen Zone!



Orientierungshilfe

Nicht gefunden? Schaut [hier](#) auf der Übersichtskarte nach!

Zur Kontextualisierung erscheint anschließend die Seite [intro/S1 Intro FSTID 5.html](#).

Inhalt der Seite [intro/S1 Intro FSTID 5.html](#)

Der Olivenbaum und das danebenstehende Basilikum wurden das letzte Mal vor einer Woche mit der gleichen ausreichenden Menge Wasser gegossen und standen die ganze Zeit an dieser Stelle. In dieser Station werdet ihr der Frage nachgehen, warum der Olivenbaum im Gegensatz zum Basilikum nach einer Woche bei gleichen Umgebungsbedingungen noch so vital aussieht.

Als erster Arbeitsauftrag sind aus der Karte zu den Anbauregionen des Olivenbaums und einem Klimadiagramm die klimatischen Standortbedingungen zu ermitteln.

QID 13 | type 2 | innerpos 1 | FSTID 5

Beschreibt anhand der Karte und des Klimadiagramms im Anhang, mit welchen Herausforderungen bezüglich Temperatur und Niederschlag der Olivenbaum zu kämpfen hat.

Haltet dazu Stichpunkte fest!

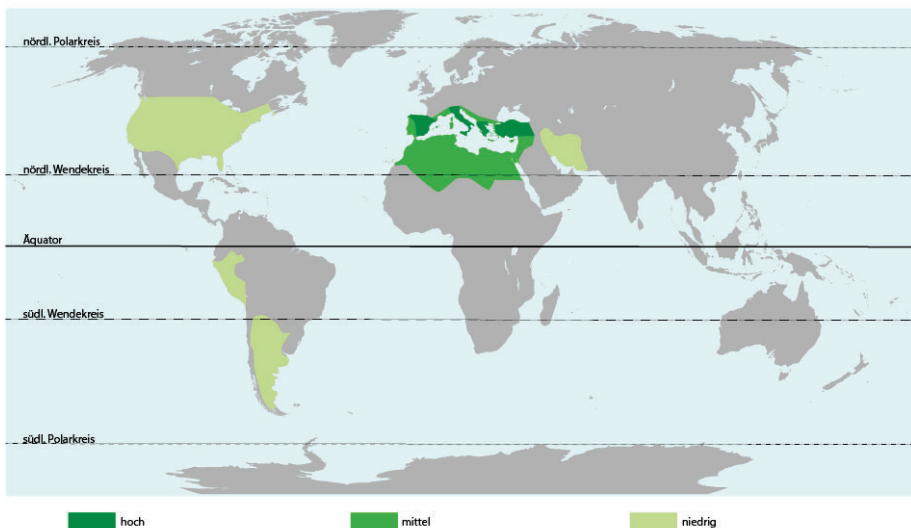
Die beiden zugehörigen Materialseiten [mat/S1_2_Anbauggebiete_Olivenbaum.html](#) und [mat/S1_3_Klimadiagramm Ägypten.html](#) stellen die benötigten Materialien bereit.

Inhalt der Seite [mat/S1_2_Anbauggebiete_Olivenbaum.html](#)

Warum sieht der Olivenbaum im Vergleich zum Basilikum noch so vital aus?

Ermittelt aus der Karte in welcher Klimazone Olivenbäume vorwiegend wachsen.

Olivenproduktion nach Hauptanbaugebieten



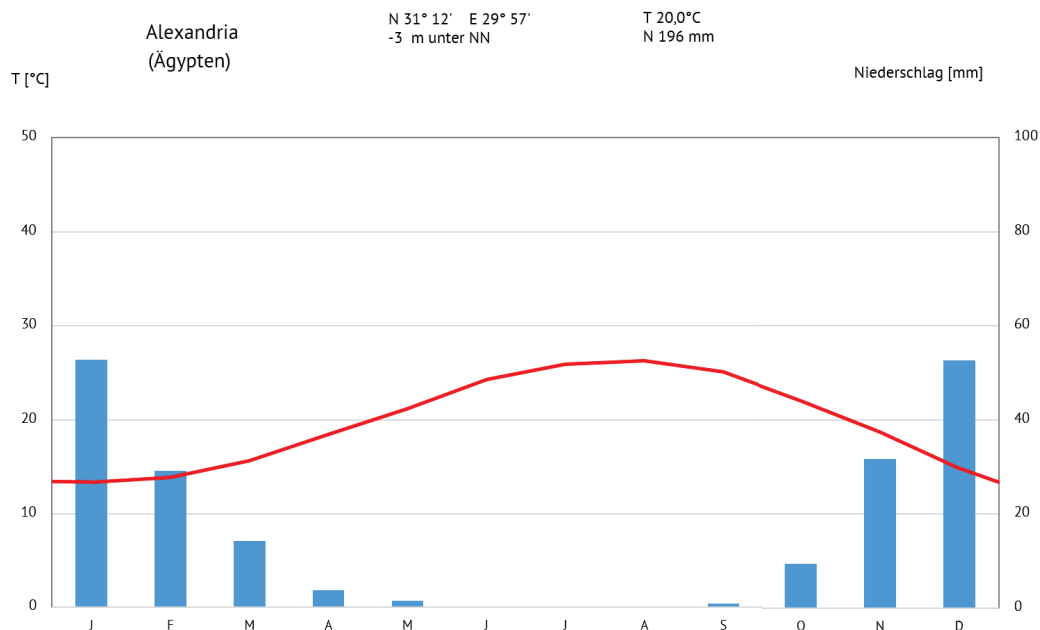
Anbauggebiete des Olivenbaumes (*Olea europaea*)

[Anm.: Karte: Eigene Darstellung nach ZIEGLER 2013]

Inhalt der Seite [mat/S1_3_Klimadiagramm Ägypten.html](#)

Wie ihr auf der Karte sehen könnt, werden beispielsweise auch in Ägypten Olivenbäume kultiviert.

Ermittelt aus dem Klimadiagramm von Alexandria (Ägypten), welche klimatischen Bedingungen dort herrschen. Charakterisiert das Klima bezüglich Temperatur und Niederschlag in Stichpunkten.



Klimadiagramm Alexandria (Ägypten)

[Anm.: Eigene Darstellung, Datenquelle: DEUTSCHER WETTERDIENST]

Anschließend leitet die Seite [intro/S1_FSTID5_QID14.html](#) auf die Beobachtungsaufgabe über.

Inhalt der Seite [intro/S1_FSTID5_QID14.html](#)

Schaut euch nun für die nachfolgenden Fragen den Olivenbaum und das Basilikum genauer an. Vergleicht die beiden Pflanzen in Hinblick auf Farbe, Form, Dicke und Beschaffenheit der Blätter.

Mittels drei Multiple-Choice-Fragen erstellen die Lernenden zunächst Vergleiche in Bezug auf Beschaffenheit der Blätter beider Pflanzen. In einer offenen Frage beschreiben sie zudem die Haptik. Sie wählen eine passende Bezeichnung aus und stellen eine Hypothese auf, wozu die Wachsschicht dienen könnte.

QID 14 | type 1 | innerpos 2 | FSTID 5
Multiple Choice Antwortoptionen (0=invalid, 1=valid)

Vergleicht zuerst die Blätter des Olivenbaums mit denen des Basilikums in Hinblick auf die Farbe.

Wählt die richtigen Farbnuancen für beide Pflanzen.

Antwortoptionen AID zu QID 14

AID	Beschriftung Auswahlbutton	valid
75	Basilikum: dunkelgrün	0
76	Olivenbaum: dunkelgrün	1
77	Basilikum: hellgrün	1
78	Olivenbaum: hellgrün	0

QID 69 | type 1 | innerpos 3 | FSTID 5
Multiple Choice Antwortoptionen (0=invalid, 1=valid)

Vergleicht die Blätter des Olivenbaums mit denen des Basilikums in Hinblick auf die Größe der durchschnittlichen Blattfläche.

Kreuzt euren Eindruck an.

Antwortoptionen AID zu QID 69

AID	Beschriftung Auswahlbutton	valid
79	Blattfläche Olive > Basilikum	0
80	Blattfläche Olive < Basilikum	1

QID 71 | type 1 | innerpos 4 | FSTID 5
Multiple Choice Antwortoptionen (0=invalid, 1=valid)

Vergleicht die Blätter des Olivenbaums mit denen des Basilikums in Hinblick auf die Blattdicke.

Wählt euren Eindruck aus.

Antwortoptionen AID zu QID 71

AID	Beschriftung Auswahlbutton	valid
83	Blattdicke: Basilikum > Olive	0
84	Blattdicke: Basilikum < Olive	1

QID 72 | type 2 | innerpos 5 | FSTID 5

Betastet die Blätter beider Pflanzen. Beschreibt kurz, wie sich die Blätter des Olivenbaumes anfühlen.

QID 15 | type 1 | innerpos 6 | FSTID 5
Multiple Choice Antwortoptionen (0=invalid, 1=valid)

Wählt die Bezeichnung für die obere Blattschicht des Olivenbaumes, die am ehesten passt:

Antwortoptionen AID zu QID 15

AID	Beschriftung Auswahlbutton	valid
10	Pelzschicht	0
11	Wachsschicht	1
12	Lederschicht	0
13	Samtschicht	0

QID 16 | type 2 | innerpos 7 | FSTID 5

Als Anpassung an ihren Standort sind die Blätter des Olivenbaumes mit einer Wachsschicht bedeckt. Stellt Vermutungen auf, welchen Zweck diese Wachsschicht erfüllt und notiert diese!

Mit dieser Vermutung endet die Station S1. Sie dient als Vorbereitung für die nachfolgende Station, ist demnach inhaltlich mit dieser verknüpft.

Station S2

Station S2 baut auf den Beobachtungen an S1 auf und bietet einen Versuch zur Untersuchung der Funktion der Wachsschicht auf den Blättern des Olivenbaumes.

Material an der Station:

Material	Menge
Stativ	1
Kerze	1
Feuerzeug	1
Föhn	1
Tablett	1
Petrischale	2
Papierstücke mit Markierung in der Mitte	8
Plastikbox	1
Plastikbecher mit Wasser gefüllt	1
Pinzette	1
Stoppuhr	1
Papiertücher	10
Verlängerungskabel	1
Abfallbehälter	1

Für Station S2 lassen sich folgende Lernziele formulieren:

Die SuS ordnen in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit das Blatt Papier, das Wachs und den Föhn (Versuchsgegenstände) aus dem Versuch der Realität zu, indem sie die Merkmale der Versuchsgegenstände in einen Zusammenhang mit der Natur stellen und die richtige Zuordnung im Tablet-PC festhalten.

Die SuS führen in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit den Modellversuch zur Funktion der Wachsschicht durch, indem sie der Versuchsanleitung im Anhang genau folgen.

Die SuS überprüfen in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die Hypothese aus der vorangegangenen Station, indem sie ihre Vermutung den Ergebnissen des Modellversuchs gegenüberstellen.

Die SuS erklären in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die Unterschiede hinsichtlich der Vitalität des Olivenbaumes im Vergleich zu der des Basilikums, indem sie ihre Versuchsergebnisse auf die Realität (Wachsschicht des Blattes) bezogen bewerten.

Die Station ist mithilfe der Orientierungsseite [welcome/S2_Welcome.html](#) gut zu finden, zudem steht sie unmittelbar neben den an S1 betrachteten Originalen.

Inhalt der Seite [welcome/S2_Welcome.html](#)

Welche Funktion hat die Wachsschicht auf den Blättern des Olivenbaums?

Wendet euch nun dem Versuchsaufbau an Station S2 zu.



Euer Versuchsmaterial

In dieser Station habt ihr die Möglichkeit, eure eben aufgestellten Vermutungen zur Funktion der Wachsschicht zu überprüfen. Dazu führt ihr einen Versuch durch.

Die Seite [intro/S2 FSTID6 QID17.html](#) führt in den Modellversuch ein, indem sie zunächst auf die Modell-Realitäts-Zuordnung lenkt, welche mit drei offenen Fragen implementiert ist. Zu diesen Aufgaben kann als Antwort ‚Papiertuch als Blatt einer Pflanze, das Wachs als Wachsschicht auf einem Blatt und der Föhn als Sonne und Wind‘ erwartet werden.

Inhalt der Seite [intro/S2 FSTID6 QID17.html](#)

Funktion der Wachsschicht auf den Blättern des Olivenbaumes

Um mehr über die Funktion der Wachsschicht heraus zu finden und um eure Vermutungen zu überprüfen, werdet ihr an dieser Station einen Modellversuch durchführen, d. h. hier wird die Realität modellhaft nachgebildet. Doch macht euch zunächst Gedanken über den Bezug der Versuchsmaterialien zur Realität. Das hilft, den Sinn des Versuches zu erfassen. Schaut euch die Versuchsmaterialien an und beantwortet zunächst die Zuordnungsfragen, bevor ihr dann mit der Durchführung des Versuches startet.

QID 17 | type 2 | innerpos 1 | FSTID 6

Was repräsentiert das Papier in diesem Versuch?

QID 74 | type 2 | innerpos 2 | FSTID 6

Was repräsentiert das Wachs in diesem Versuch?

QID 75 | type 2 | innerpos 3 | FSTID 6

Wofür steht der Föhn in diesem Versuch?

Die Seite outro/S2 outro FSTID6 QID18.html wird hier genutzt, um den Versuch schrittweise anzuleiten.

Inhalt der Seite outro/S2 outro FSTID6 QID18.html

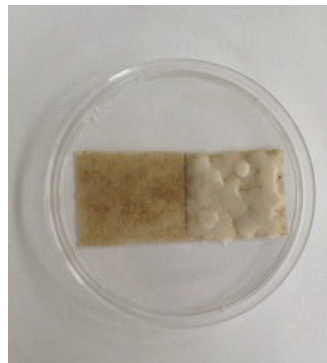
Welche Funktion hat die Wachsschicht auf den Blättern des Olivenbaums?

Modellversuch

Bereitet nun euren Versuch wie folgt vor:

Nehmt euch ein zugeschnittenes Papierstück aus der Vorratsdose und taucht es in Wasser ein, sodass es komplett nass ist. Legt es danach möglichst faltenfrei in eine Petrischale.

Zündet die Kerze an. Haltet diese waagrecht und tropft, so wie in der Abbildung gezeigt, bis zur Markierung großflächig und gleichmäßig Wachs auf das Papier bis der Bereich komplett mit Wachs bedeckt ist. Eine dünne geschlossene Schicht genügt. Pustet die Kerze wieder aus.



So sollte es aussehen: Eine Hälfte ist mit einer Wachsschicht bedeckt.

[Anm.: Bildquelle (WOHNSLAND 2015)]

Die Seite intro/S2 FSTID6 QID18.html enthält den zweiten Teil der Versuchsanleitung.

Inhalt der Seite intro/S2 FSTID6 QID18.html

Versuchsdurchführung:

Platziert die Petrischale unter den Föhn am Stativ.

Stellt die Stoppuhr auf 01:00 Minute und schaltet den Föhn auf Stufe 2.

Wenn die Minute abgelaufen ist, nehmt das Papier aus der Petrischale und drückt es fest zwischen das bereitgelegte Papier. Klappt das Papier auf und betrachtet euch den Abdruck des Papierstückchens!



So sollte euer Abdruck in etwa aussehen

[Anm.: Bildquelle WOHNSLAND 2015]

Der Versuch selbst wird bis zum Ergebnis angeleitet, da er nur der Veranschaulichung dient. Die abschließende Frage greift die Leitfrage an Station S1 wieder auf, die hier nun beantwortet wird.

QID 18 | type 2 | innerpos 4 | FSTID 6

Habt Ihr mit eurer Hypothese zur Funktion der Wachsschicht richtig gelegen? Überprüft eure Vermutungen aus der vorangegangenen Station S1! Erklärt stichpunktartig warum der Olivenbaum im Vergleich zum Basilikum nach einer Woche noch nicht verwelkt ist!

Station S3

An Station S3 der subtropischen Zone sollen die SuS die klimatischen Herausforderungen der Klimazone herausarbeiten und verschiedene Anpassungsstrategien von Sukkulente n ermitteln.

Material an der Station:

Material	Menge
Abfallbehälter	1
Messer	1
Schneidebrett	1
<i>Aloe ferox</i> , alternativ <i>Aloe vera</i>	1
Tabletablagefläche	1
Originale mit Blatt- und Stammsukkulente nach Verfügbarkeit, z. B.: <ul style="list-style-type: none">- <i>Echinocactus grusonii</i>- <i>Xerosicyos danguyi</i>- <i>Leistocactus parapetiensis</i>- <i>Rhipsalis cereuscula</i>- <i>Faucaria tigrina</i>- <i>Huernia spec.</i> sowie Vertreter der Gattung <i>Lithops</i>	

Für Station S3 lassen sich folgende Lernziele formulieren:

Die SuS beschreiben in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die klimatischen Herausforderungen am Standort der *Aloe ferox*, indem sie das Klimadiagramm der Wetterstation Laingsburg in Südafrika auswerten und ihre Erkenntnisse stichpunktartig in die Web-App eintragen.

Die SuS untersuchen in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit das wasserspeichernde Gewebe im Inneren eines Blattes der *Aloe ferox*, indem sie ein kleines Stück des Blattes abschneiden, es leicht drücken, und ihre Beobachtung mithilfe eines Fotos des Querschnittes festhalten.

Die SuS beschreiben in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die Sukkulenzformen Blatt- und Stammsukkulenz unterscheiden und entsprechende Originale diesen Formen zuordnen, indem sie die Beschreibung der einzelnen Sukkulenzformen in der Web-App mit den Pflanzen im Sukkulente nbeet abgleichen und ihre Zuordnungen jeweils durch ein Foto dokumentieren.

Die SuS beschreiben in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die Strategie der Oberflächenverkleinerung in Bezug auf Minimierung des Wasserverlustes der Pflanzen beschreiben, indem sie Informationen aus Text- und Bild entnehmen und extreme Ausprägungen der Strategie anhand der Lithops im Beet mittels Foto dokumentieren.

Die Welcome Seite S3_Welcome.html stellt mit ihrer Überschrift das Thema vor und fordert auf, eine Pflanze zu finden. Als Hilfsmittel dienen der verlinkte Lageplan sowie ein markanter Bildausschnitt aus dem temperierten Haus. Die Pflanze selbst ist hier nicht direkt erkennbar, SuS sollen erst den Ort finden und erst dort danach suchen.

Inhalt der Seite welcome/S3_Welcome.html

Welche Anpassungen an Trockenheit gibt es?

Sucht in diesem Gang der Subtropischen Zone im temperierten Haus nach der Pflanze *Aloe ferox*!



Orientierungshilfe

Nicht gefunden? Schaut [hier](#) auf der Übersichtskarte nach!

Hier gilt es, zunächst die Kompetenzen aus dem Erdkundeunterricht einzubringen und die klimatischen Standortbedingungen anhand eines Klimadiagrammes zu beschreiben.

QID 19 | type 2 | innerpos 1 | FSTID 7

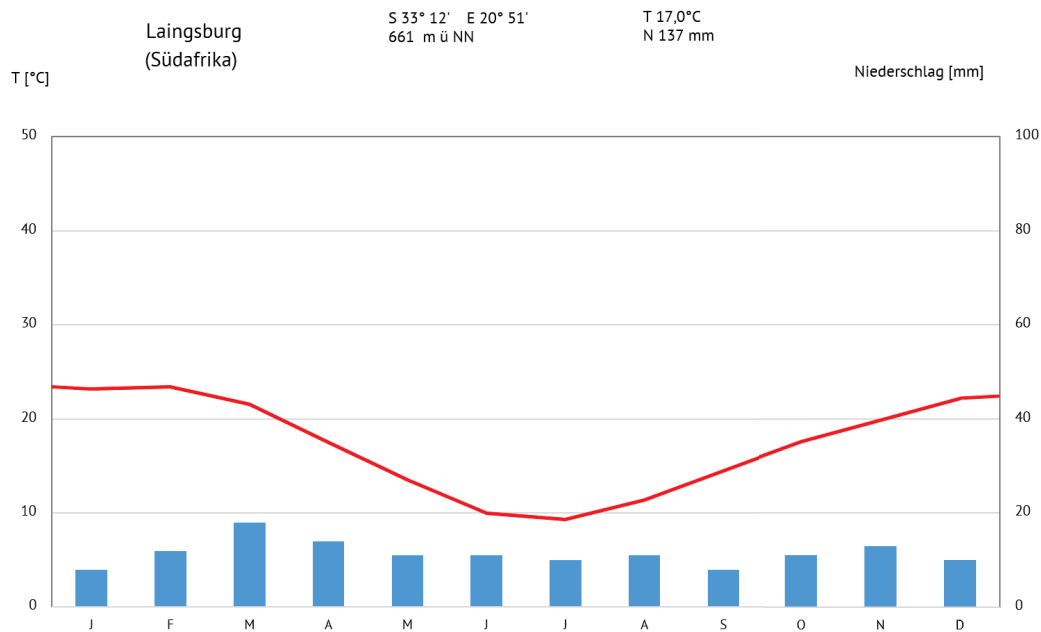
Im Anhang findet ihr ein Klimadiagramm einer Station in Südafrika, der Heimat der *Aloe ferox*.

Beschreibt stichpunktartig, mit welchen Herausforderungen bezüglich Temperatur und Niederschlag die *Aloe ferox* an ihrem Standort zu kämpfen hat!

Das Klimadiagramm ist auf der Seite [mat/S3_1_Aloe_ferox.html](#) eingebunden.

Inhalt der Seite [mat/S3_1_Aloe_ferox.html](#)

Beschreibt die Wachstumsbedingungen am Standort der *Aloe ferox* in Bezug auf Temperatur und Niederschlag stichpunktartig.



Klimadiagramm Laingsburg (Südafrika)

[Anm.: eigene Darstellung, Daten: CLIMATE-DATA.ORG]

Dem Klimadiagramm kann entnommen werden, dass *Aloe ferox* mit ganzjährig geringen Niederschlagsmengen, die sich auf wenige Regentage beschränken und mit einer durchschnittlichen Temperatur von 17°C zurechtkommen muss. Die Auflösung ist auf der nachfolgenden Seite [intro/S3 FSTID7 QID20.html](#) enthalten. Sie rückt nun auch die Arbeit mit dem Original in den Vordergrund.

Inhalt der Seite [intro/S3 FSTID7 QID20.html](#)

Anpassungen der *Aloe ferox* an ihren Standort

Das aride Klima mit Jahresniederschlägen unterhalb 200 mm charakterisiert den Lebensraum der *Aloe ferox* als wüstenartig. In dieser Station werdet ihr Anpassungsmöglichkeiten an solche extrem trockene subtropische Standorte kennenlernen.

Sehr auffällig sind die dicken, fleischigen Blätter der *Aloe ferox*. Diese werdet ihr nun etwas genauer untersuchen:

Material:



Eure Versuchsmaterialien

Versuchsdurchführung:

1. Schneidet ein kleines Stück (ca. 0,5 cm) eines Blattes der *Aloe ferox* mit dem Messer ab.
2. Drückt leicht auf das Blatt und beobachtet.

Den Blick auf das pralle wasserspeichernde Gewebe halten die Lernenden mittels eines Fotos fest.

QID 20 | type 3 | innerpos 2 | FSTID 7

Fotografiert den Querschnitt des Blattes von *Aloe ferox* nachdem ihr draufgedrückt habt!

Die nachfolgende Seite [intro/S3 FSTID7 QID21.html](#) führt den Fachbegriff für diese morphologische Anpassung ein und kündigt eine Fotosafari als nächsten Arbeitsauftrag an. Damit diese nicht ausufert wird hier noch der Raum dafür mithilfe des Bildes abgegrenzt. Es sind drei Pflanzentypen zu finden und zu dokumentieren.

Inhalt der Seite [intro/S3 FSTID7 QID21.html](#)

Anpassungen der *Aloe ferox* an Trockenheit

Wenn Blätter auf diese Weise verdickt sind, handelt es sich um eine sukkulente Pflanze.

Sukkulenz ist eine morphologische Anpassung an sehr trockene Standorte. Das Gewebe kann über längere Zeit Wasser speichern. Somit können Sukkulente zeitweise oder andauernd starke Trockenheit des Bodens und der Luft aushalten.

Ihr geht nun auf diesem Gang auf Fotosafari!



Orientierungshilfe

QID 21 | type 3 | innerpos 3 | FSTID 7

Sukkulente legen Wasservorräte in den Vakuolen der Zellen an, wodurch die betreffenden Organe sichtbar anschwellen und sich ihr Oberflächen-Volumen-Verhältnis vermindert.

Wird Wasser in den dicken, fleischigen Blättern gespeichert, spricht man von Blattsukkulenz.

Schaut euch auf diesem Gang in der subtropischen Zone um und fotografiert eine weitere blattsukkulente Pflanze.

QID 93 | type 3 | innerpos 4 | FSTID 7

Bei Stammsukkulenz fehlen die Blätter völlig bzw. sind zu Dornen umfunktioniert, um die Transpiration zu verringern.

So sind die Blätter der Kakteen zu Dornen reduziert, die Sprossachse speichert Wasser und ermöglicht die Fotosynthese. Dadurch können manche Kakteen bis zu zwei Jahre ohne Wasserzufuhr überleben.

Fotografiert eine stammsukkulente Pflanze.

Bis Juni 2018 war zudem ein Suchauftrag zu einer Rosettenpflanze implementiert. Die Analyse der Schülerfotos und explorative Beobachtungen beim Sichten der Videos wurde jedoch ersichtlich, dass SuS diese in dem Beet kaum fanden und meist Bromelien mit an der tropischen Epiphytenwand fotografierten, oder gar das Gewächshaus auf der Suche nach solchen Wuchsformen verließen. Daher wurde auf der Seite [intro/S3 FSTID7 QID21.html](#) der Hinweis eingebaut, in diesem Gang zu bleiben (s.o.). Zudem wurde die Wuchsform der Rosettenpflanze durch die Suche nach Vertretern der Gattung *Lithops* ausgetauscht. Sie passen eher in den Kontext der Sukkulenz. Zudem leitet sie auf die nachfolgende Station über, denn *Lithops* haben ihre Oberfläche extrem reduziert. Es wird deutlich gemacht, dass diese wohl nicht leicht zu finden sind, damit soll auch der Spieltrieb angesprochen werden.

QID 126 | type 3 | innerpos 5 | FSTID 7

In den Trockengebieten im südlichen Afrika lebt eine extrem spezialisierte Pflanzengattung – die Lithops. Um der Hitze zu entgehen, haben sie sich so tief in die Erde zurückgezogen, dass nur ihre Blattoberfläche an oder knapp über der Erdoberfläche zu sehen ist. So ist die transpirierende Oberfläche extrem verkleinert. Hier im Wüstenbeet findet ihr auch einige dieser Spezialisten – Augen auf, nicht umsonst heißen die Lithops auch „lebende Steine.“

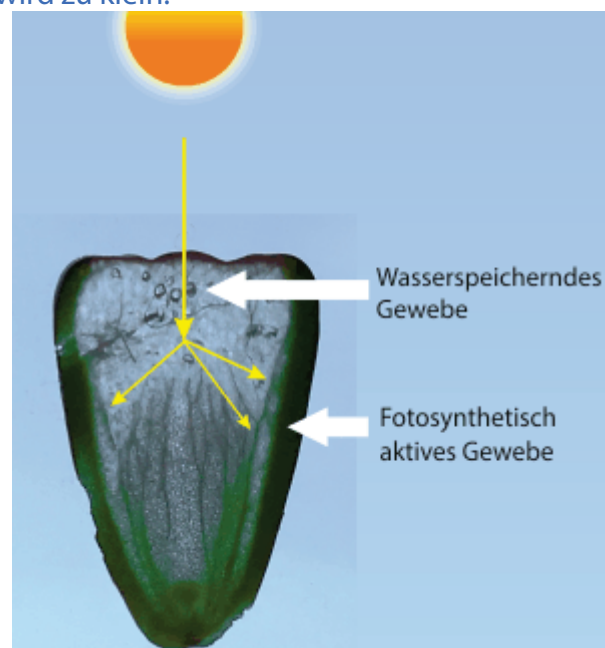
Fotografiert ein Beispiel der Lithops!

Abschließend wird auf der Seite [outro/S3 outro FSTID7 QID126.html](http://outro/S3%20outro%20FSTID7%20QID126.html) die spezielle Anpassung der Lithops vorgestellt, die mit ihren Blättern sowohl außen als auch im Inneren des Blattgewebes Fotosynthese betreiben können.

Inhalt der Seite [outro/S3 outro FSTID7 QID126.html](http://outro/S3%20outro%20FSTID7%20QID126.html)

Anpassung an extreme Hitze

Durch diese extreme Verkleinerung der transpirierenden Oberfläche haben die Lithops allerdings ein Problem: die Fläche für die fotosynthetisch aktiven Farbpigmente wird zu klein.



Streuung des Sonnenlichtes im Innern der Lithops

Verhungern müssen sie dennoch nicht!

Viele Arten helfen sich dadurch, dass die Blattoberfläche durchsichtig ist. Dadurch fällt das Licht durch die Oberfläche hindurch, durchdringt darunterliegendes ebenfalls transparentes, wasserspeicherndes Gewebe, welches das Licht zudem streut.

Station S4

Die Strategie, mit einer kleinen Oberfläche den ariden Bedingungen zu begegnen, wird an Station S4 wieder aufgegriffen. Jedoch wird nun eine Abweichung dieser Regel thematisiert.

Material an der Station:

Material	Menge
Küchenrolle	1
Abfallbehälter	1
Tablett	1
Digitale Waage	1
Flasche destilliertes Wasser	1
Abfallbecher für Flüssigkeit	1
Kunststoffbehälter	2
Gurkenscheibe	5-6
Kaktusscheibe	5-6
Protokollbogen	5-6
Pinzette	1
Tabletablagefläche	1
kleines Tablett	1
Petrischale	2
Metallmodelle (Stern-, Kreisquerschnitt)	1
Stoppuhr	1
Klapphocker	2

Für Station S4 lassen sich folgende Lernziele formulieren:

Die SuS ordnen in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit der Sternform eine höhere Transpiration zu, indem sie die Information, dass bei einer größeren Fläche eine höhere verdunstende Fläche vorliegt, nutzen und sinnstiftend die richtige Antwortmöglichkeit schlussfolgern.

Die SuS führen in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit den Modellversuch zur Wasseraufnahmekapazität von Gurke und Kaktus durch, indem sie der Versuchsbeschreibung folgen und die prozentuale Wasseraufnahmekapazität der Querschnitte berechnen.

Die SuS leiten in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit den Nutzen der Sternform für den Kaktus ab, indem sie die prozentuale Wasseraufnahmekapazität der Querschnitte gegenüberstellen und eine höhere Wasseraufnahmekapazität der Sternform bei den Antwortmöglichkeiten auswählen.

Die SuS leiten in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit den Vorteil der Sternform als reversible, dehnbare Wasserspeichermöglichkeit ab, indem sie dem Diagramm im Anhang ganzjährig geringen Niederschlag und dessen Verteilung auf nur wenige Tage entnehmen und ihre Antwort im Tablet-PC festhalten.

Die Seite [welcome/S4_Welcome.html](#) ermöglicht ein rasches Auffinden der Station, zumal die SuS bei ihrer Fotosafari in der unmittelbaren Nähe der Aufbau der Station im Beet aufgefallen sein dürfte. Der Lageplan ist daher nicht verlinkt.

Inhalt der Seite [welcome/S4_Welcome.html](#)

[Begeht euch zur Station S4 in der Subtropischen Zone!](#)



Station S4

Anknüpfend an die vorige Station greift die Seite [intro/S4 FSTID8 QID22.html](#) das Thema Oberflächenreduktion als Transpirationsschutz wieder auf und deutet eine Ausnahme dieser Regel an.

Inhalt der Seite [intro/S4 FSTID8 QID22.html](#)

[Anpassungen an Trockenheit](#)

Wie ihr an der vorherigen Station auf eurer kleinen Fotosafari gesehen habt, ist die Verkleinerung der verdunstenden Oberfläche der einfachste Weg, die Transpiration zu verringern, um so Wasser zu sparen. Doch nicht alle Sukkulente machen sich klein...

Zur Sicherung des Vorverständnisses aus Station S3 dient Frage QID 22. Daran schließt sich der Versuch an, der zunächst mit einem Foto des Protokollbogens dokumentiert werden soll.

QID 22 | type 1 | innerpos 1 | FSTID 8
Multiple Choice Antwortoptionen (0=invalid, 1=valid)

Viele Kakteen haben im Querschnitt ihrer Sprossachse eine typische Sternform. Das vergrößert jedoch die Oberfläche des Kaktus.

Wählt aus, welche Folge dies für die Transpiration und damit für den Wasserverlust hat!

Je größer die Oberfläche, desto...

Antwortoptionen AID zu QID 22

AID	Beschriftung Auswahlbutton	valid
14	höher die Transpiration	1
15	geringer die Transpiration	0

Die nachfolgende Seite [intro/S4_FSTID8_QID23.html](#) wird mithilfe der Metallmodelle eine Abweichung dieser Regel festgestellt und ein kognitiver Konflikt erzeugt.

Inhalt der Seite [intro/S4_FSTID8_QID22.html](#)

"Sich klein machen" ist also eine gute Strategie, Verdunstung zu minimieren. Betrachtet man sich einige Kakteen genauer, so fällt auf, dass sie im Querschnitt sternförmig sind und nicht rund.

Dies könnt ihr an den -> Metallmodellen an der Station gut nachvollziehen. Diese Sternform hat jedoch eine deutlich größere Oberfläche als eine Röhrenform.

Da Kakteen jedoch häufig in sehr trockenen und heißen Gebieten wachsen und dort gut zurechtkommen, muss die Sternform einen anderen, entscheidenden Vorteil bringen.

Dies werdet ihr nun erforschen.

Nach dem Schließen der intro-Seite steht die Versuchsdurchführung im Fokus.

QID 23 | type 3 | innerpos 2 | FSTID 8

Folgt der Versuchsbeschreibung im Anhang. Notiert eure Zwischenergebnisse auf dem Protokollbogen an der Station.

Fotografiert anschließend euren Protokollbogen!

Die Seite [mat/S4_3_Wasseraufnahme.html](#) liefert die benötigte Versuchsbeschreibung.

Inhalt der Seite [S4_3_Wasseraufnahme.html](#)

Welche Vorteile bietet die Sternenform dem Kaktus?

Um herauszufinden, wofür die Sternform nützlich ist, führt ihr den folgenden Modellversuch durch:

Modellversuch

Material:



Euer Versuchsmaterial

Durchführung:

Teilt euch bitte die Arbeit auf.

- Wiegt nacheinander eine Gurken- und eine Kaktusscheibe und notiert euch die jeweiligen Werte auf dem beiliegenden Protokollbogen!
- Legt nun jede Scheibe in eine Petrischale und übergießt diese mit destilliertem Wasser bis die Scheiben vollständig mit Wasser überdeckt sind!
- Stellt die Stoppuhr auf 4 Minuten und startet die Zeit.
- Sind die vier Minuten abgelaufen, nehmt beide Querschnitte aus der Petrischale, tupft sie etwas ab und wiegt diese jeweils noch einmal.
- Tragt eure Ergebnisse wieder in die Tabelle ein. Berechnet dann aus den Daten die prozentuale Gewichtszunahme beider Proben.

Protokollbogen an der Station:

Subtropische Zone		
Versuchsprotokoll Station S4		
Gewicht	Gurke [g]	Kaktus [g]
Vor dem Wässern $G(t_0)$		
Nach dem Wässern $G(t_4)$		
Wasseraufnahme [g]	Gurke [g]	Kaktus [g]
Berechnung: $\Delta G [g] = G(t_4) - G(t_0)$		
Wasseraufnahme [%]	Gurke [%]	Kaktus [%]
Berechnung: $\Delta G [g]$ $G(t_0)$		

Die Beschreibung der Ergebnisse erfolgt aus Zeitgründen (vier Minuten Wartezeit im Rahmen des Versuches) in Form einer Multiple-Choice-Frage.

QID 104 | type 1 | innerpos 3 | FSTID 8
 Multiple Choice Antwortoptionen (0=invalid, 1=valid)

Schaut euch euer Versuchsergebnis an und wählt dann die korrekte Antwort aus.

In Bezug auf die Form des Querschnitts lässt sich die Wasseraufnahmekapazität wie folgt beschreiben:

Antwortoptionen AID zu QID 104

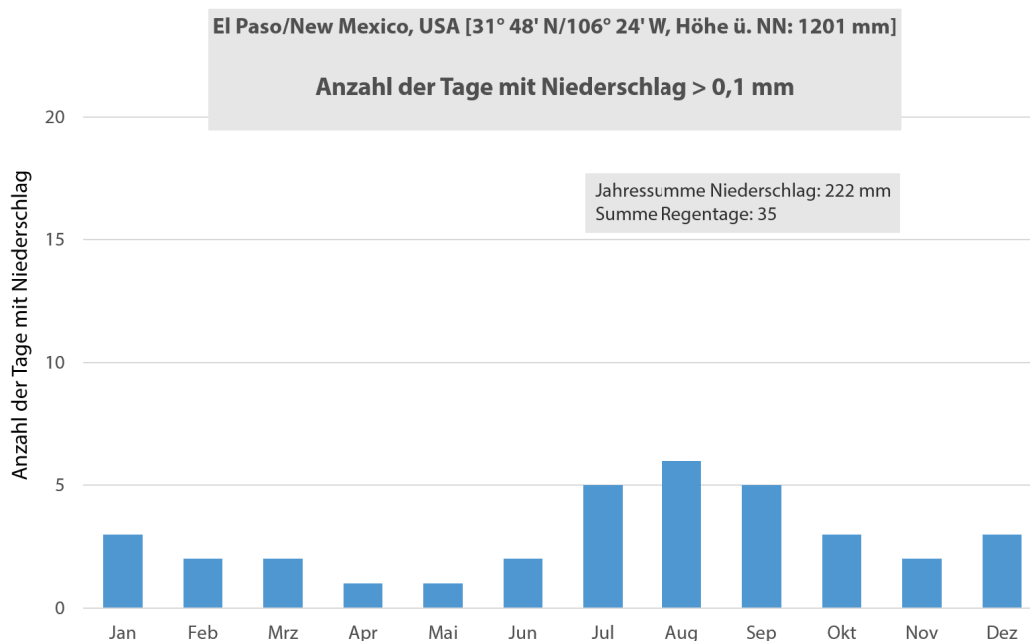
AID	Beschriftung Auswahlbutton	valid
110	runde Form > Sternform	0
111	runde Form = Sternform	0
112	runde Form < Sternform	1

Die Interpretation der Ergebnisse erfolgt wieder in Form einer freien Antworteingabe; als Hilfestellung wird wieder ein Diagramm mit der Niederschlagsverteilung auf der Seite mat/S4_Regentage El Paso.html angeboten. Es wird erwartet, dass die Lernenden den Vorteil der Wasserspeicherfunktion erkennen. In Gebieten mit wenigen Regentagen kann dieser Niederschlag schnell gespeichert werden bevor er versickert und so über eine aride Periode hinweghelfen.

QID 105 | type 2 | innerpos 4 | FSTID 8

Zieht nun Rückschlüsse, inwiefern die Sternform trotz größerer verdunstender Oberfläche dennoch an manchen Standorten Vorteile bietet. Das Diagramm im Anhang hilft euch dabei.

Inhalt der Seite mat/S4_Regentage El Paso.html



[Anm.: Eigene Darstellung, Daten: SIEGMUND 2006]

Die abschließende Seite outro/S4 outro FSTID8 QID24.html fordert die SuS zum Aufräumen auf.

Inhalt der Seite outro/S4 outro FSTID8 QID24.html

Anpassungsstrategien an Trockenheit

Bevor ihr den Platz verlasst, solltet ihr die Gurken- und die Kaktusscheibe in den kleinen Müllbehälter werfen und das Wasser in den Ausguss auf dem Boden ausleeren!

Der Platz sollte für die nachfolgende Gruppe wieder so aussehen:



Versuchsaufbau

5.3. Gemäßigte Zone: Lernziele und Aufbau der Stationen G1 bis G4

An den ersten beiden Stationen der gemäßigten Zone steht der abiotische Faktor Boden im Fokus. Hier wird an der ersten Station G1 erforscht, mit welchen Mechanismen fleischfressende Pflanzen Insekten erbeuten, an der nachfolgenden Station G2 schließlich ergründet, weshalb dies notwendig ist. In der gemäßigten Zone beschränken sich die im Lernzirkel abgebildeten Anpassungen an klimatische Herausforderung auf den Faktor Frost, der an Station G3 thematisiert wird, sowie an Herausforderungen im Zusammenhang mit dem Klimawandel, die an G4 im Mittelpunkt stehen.

Station G1

An Station G1 beschäftigen sich die SuS mit den morphologischen Besonderheiten der fleischfressenden Pflanzen, die dazu dienen, Insekten zu fangen. Dies wurde in den fachwissenschaftlichen Grundlagen in Kapitel 3.3 und 3.4 nicht beschrieben, da es sich nicht um Anpassungen an Klimafaktoren handelt, sondern um Anpassungen an Standorte mit nährstoffarmen Substraten. Da edaphische Faktoren der Geoökozonen und Anpassungen von Pflanzen an den Faktor Boden nur an dieser und der darauffolgenden Station im Lernzirkel adressiert werden, wie an dieser Stelle auch der fachwissenschaftliche Hintergrund näher ausgeführt. Anhand der im Garten verfügbaren Originale werden die vier Fangmechanismen Fallgruben, Klebe-, Klapp- und Saugfallen vorgestellt, letzte nur im Video, da die Originale zu klein sind. Die eingesetzten Pflanzen werden nachfolgend kurz portraitiert.

Material an der Station:

Originale nach Verfügbarkeit
Fallgruben: <ul style="list-style-type: none">- <i>Sarracenia spec.</i>- <i>Darlingtonia californica</i> (Kobralilie)- <i>Nepentes spec.</i> (Kannenpflanzen)- <i>Cephalotus follicularis</i> (Zwergkrug)
Klebefallen: <ul style="list-style-type: none">- <i>Pinguicula spec.</i> (Fettkraut)- <i>Drosera spec.</i> (Sonnentau)
Klappfallen: <ul style="list-style-type: none">- <i>Dionea muscipula</i> (Venusfliegenfalle)

Die Gattung *Sarracenia* umfasst acht Arten. Ihre schlauchförmigen Blätter tragen einen unbeweglichen Deckel, der das Falleninnere vor Niederschlag schützt. An ihm sitzen auch Nektarien, deren Ausscheidungen Insekten anlocken. Eine

Nektarspur führt in die Fallgrube bis zu einer Gleitzzone hinein. In Richtung Fallengrund, an dem Drüsen enzymhaltige Verdauungssekrete absondern, verhindern Sperrhaare, dass Insekten wieder hinaufklettern können (CAROW & FÜRST 1997, 13). In der Schweiz und in Irland wächst *Sarracenia purpurea* an einigen ausgewilderten Standorten; sie überstehen dort extrem niedrige Temperaturen bis -35°C (ebd., 15).

Die Kobralilie *Darlingtonia californica* ist die einzige Art dieser Gattung. Ihren deutschen Namen verdankt sie den aufrechtstehenden, bis zu 80 cm hohen Fangschläuchen, die eine helmförmige Haube tragen, deren Öffnung nach unten gerichtet ist. Zungenförmige Auswüchse an den Öffnungen tragen reichlich Nektar, ebenso wie der Rand der Fallgrube. Die Haube ist mit transparenten "Fenstern" durchsetzt, sodass Insekten vom Rand aus ins vermeintliche Licht starten, an die Innendecke des Helmes prallen und in die Fallgrube abstürzen (ebd., 17).

Imposante Fallgruben tragen Vertreter der Gattung *Nepenthes*, deren meisten Arten kletternde Halbsträucher sind. Ihre Blätter sind sehr stark differenziert: der Blattstiel übernimmt die Rankenfunktion, der verbreiterte Blattgrund hat sich zu einem blattähnlichen Assimilationsorgan entwickelt, die Blattspreite ist zur Kanne ausgebildet, die von der zum Deckel geformten Blattspitze vor Regenwasser geschützt wird. Bei der jungen Kanne ist der Deckel zunächst noch geschlossen, die Verdauungsflüssigkeit somit steril und wird mancherorts zum Auswaschen entzündeter Augen verwendet. Der Rand der Kannenöffnung ist stark gerillt, eine Nektarspur führt nach Innen. Dort verhindert eine mit Wachs bedeckte Gleitzzone, dass die Insekten herausklettern können. Die Drüsen am Fallengrund sondern Verdauungsenzyme ab, nehmen aber auch gelöste Nährstoffe auf (ebd., 19). Die größte Kannenpflanze, *Nepenthes raja*, lockt mit ihren Nektarabsonderungen am Deckel und Fallenrand auch Kleinsäuger an, die dann auf dem Rand balancierend die Deckelinnenseite ablecken. Die Pflanze profitiert dabei von den abgesetzten Kot- und Urinmengen, die die Kleinsäuger ablassen.

Ebenfalls Fallgruben bildet der in Südwestaustralien endemisch vorkommende Zwergkrug *Cephalotus follicularis* aus. Seine Kannen drängen sich im Sommer und Herbst als Rosette am Boden, im Winter trägt sie nur kurz gestielte Laubblätter, die keine Insektenfallen besitzen (ebd., 22).

Die Gattung der *Pinguicula* ist nordhemisphärisch verbreitet und ist dort sowohl in den Tropen als auch in arktischen Regionen zu finden; sie bevorzugt feuchte bis sehr nasse Standorte. Viele Arten ernähren sich im Herbst und Winter über kompakte, nicht klebrige Rosettenblätter autotroph, die insektenfangenden

Klebeblätter werden nur im Sommer ausgebildet. Diese besitzen Klebedrüsen, die einen schleimiges Sekret absondern. Bleibt ein Insekt dort hängen, stimuliert dessen Bewegung die weitere Abgabe von Schleim und regt Verdauungsdrüsen an, Verdauungsssekret zu bilden (ebd., 30).

Die Gattung *Drosera* ist kosmopolitisch verbreitet, in Deutschland sind ihre Vertreter auf sehr nassen Moorböden beheimatet. Gemeinsam ist allen 138 bekannten Arten, dass sie auf nährstoffarmen Böden wachsen. Ihre Blattoberseite ist von rötlichen Drüsen besetzt, die klebrigen Fangschleim produzieren, Verdauungsssekrete absondern und gelöste Nährstoffe resorbieren. Sobald ein Insekt fixiert ist, krümmt sich das Blatt darüber zusammen, bis schließlich das ganze Blatt sich um den Fang einrollt (ebd., 34).

Es gibt weltweit nur zwei Arten, die Klappfallen ausgebildet haben. Dazu zählt die aquatisch lebende Wasserfalle (*Aldrovanda vesiculosa*) und die bekannte Venusfliegenfalle (*Dionea muscipula*). Beides sind monotypische Gattungen (HENNERN 1993, 6). Der eindrucksvolle Fangmechanismus der Venusfliegenfalle *Dionea muscipula* ist wohl einer der bekanntesten, auch wenn die Art selbst natürlich nur ca. 120 km rund um die Stadt Wilmington, North Carolina, USA vorkommt. Sie bildet stark umgestaltete Blätter aus: der Blattstiel ist zu blattähnlichen Gebilden flächig verbreitert und sorgt so für die Fotosynthese, während die Blattspreite zur Klappfalle umgebildet ist. Sperrborsten an den Rändern greifen beim Schließen ineinander und verhindern des Entkommen. Drei empfindliche Borsten auf jeder Blatthälfte nehmen Berührungen wahr. Werden zwei Borste innerhalb von 20 Sekunden stimuliert, wird die Falle ausgelöst. Die konvexe Krümmung der beiden Fallenseiten springt in eine konkave Krümmung um. Die Falle schließt jedoch nicht sofort dicht ab, sodass kleinere, nicht lohnende Insekten durch die Sperrborsten entkommen können. Größere Beute löst durch Bewegung den weiteren Schließreiz aus und regt die Bildung des Verdauungssaftes an. Die Zersetzung dauert in der Regel ein bis zwei Wochen, danach öffnet sich das Blatt wieder und der nicht verdauliche Chitinpanzer wird vom Wind oder Regen entfernt. Ein Blatt stirbt nach zwei bis drei Verdauungsvorgängen ab. Bei künstliche Reizung öffnet sich die Falle nach ein bis zwei Tagen wieder, stirbt jedoch nach zehn Reizauslösungen ab (CAROW & FÜRST 1997, 40–41).

Die Gattung *Utricularia* bildet mit 220 Arten die größte Gattung der fleischfressenden Pflanzen. Wie die deutsche Gattungsbezeichnung Wasserschlauch nahelegt, sind die meiste Arten an Wasser gebunden. Sie leben aquatisch freischwimmend aber auch in wassergefüllten Trichtern epiphytischer Bromelien. Sie bilden blasenförmige Fallen, die zwischen 0,2 mm und 6 mm groß

sind. Die Blasenwände stehen unter Spannung und wölben sich in einer 15/1000 Sekunde nach außen, wobei die Beute ins Blaseninnere gesaugt wird. Eine Klappe dichtet die Blase nach außen ab (ebd., 46). Der Fangmechanismus des Wasserschlauches wird nur in einem Video dargestellt, die Fallen sind zu klein für Beobachtungen am Original; zudem ist im Garten ein Original nur sporadisch verfügbar.

Die SuS beschäftigen sich zunächst mit diesen morphologischen Besonderheiten im Sinne des Abweichens vom Grundbauplan einer Pflanze. Für Station G1 lassen sich folgende Lernziele formulieren:

Die SuS beschreiben in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die morphologischen Besonderheiten der fleischfressenden Pflanzen, indem sie die Pflanzen genau betrachten, Besonderheiten erkennen und notieren.

Die SuS benennen in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit Fangmethoden fleischfressender Pflanzen, indem sie sich im Video ausgewählte Fangmethoden anschauen und gegenüberstellen.

Die SuS ordnen in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die genannten Fangmethoden (Fallgrube, Klebefalle, Klappfalle) dem Original, den fleischfressenden Pflanzen im botanischen Garten zu, indem sie im Rahmen der Fotosafari die passenden Pflanzen zu den genannten Fangmethoden identifizieren und fotografieren.

Die Seite [welcome/G1_Welcome.html](#) dient auch hier wieder der Orientierung und enthält den verlinkten Lageplan und einen Bildausschnitt.

Inhalt der Seite [welcome/G1_Welcome.html](#)

[Sucht die fleischfressenden Pflanzen \(Karnivoren\) im temperierten Haus!](#)



[Orientierungshilfe](#)

[Nicht gefunden? Schaut hier auf der Übersichtskarte nach!](#)

Am Karnivorenbeet angekommen werden die Lernenden zu genauerer Beobachtung aufgefordert, die schriftlich fixiert werden sollen.

QID 25 | type 2 | innerpos 1 | FSTID 9

Fleischfressende Pflanzen sind die "Jäger" im Pflanzenreich. Doch mit welchen Mechanismen fangen sie eigentlich ihre Beute?

Schaut euch hier im Beet der fleischfressenden Pflanzen um. Diese Pflanzen weichen stark vom "Grundbauplan Sprossachse-Blatt-Blüte" ab. Beschreibt einige dieser morphologischen Besonderheiten der fleischfressenden Pflanzen, die dazu dienen könnten, Insekten zu fangen.

In der Überleitungsseite intro/G1 FSTID9 QID26.html ist ein Video eingebettet, welches mittels Nahaufnahmen einen noch tieferen Einblick gewährt. Die hier vorgestellten Fangmethoden werden anschließend abgefragt.

Inhalt der Seite intro/G1 FSTID9 QID26.html

Fleischfressende Pflanzen

Schaut euch den Film an. Merkt euch gut, welche Fangmethoden hier genannt werden!



[Anm.: Videoquelle: ZÜNDEL 2012]

QID 26 | type 1 | innerpos 2 | FSTID 9

Multiple Choice Antwortoptionen (0=invalid, 1=valid)

Welche Fangmethoden wurden im Film genannt?

Antwortoptionen AID zu QID 26

AID	Beschriftung Auswahlbutton	valid
16	Fallgrube	1
17	Klebefallen	1
18	Saugfallen	1
19	Klappfallen	1
20	Spießklemmen	0

Nachdem SuS sich mit den Fangmechanismen vertraut gemacht haben gehen sie nun auf Fotosafari und finden Vertreter der Mechanismen Fallgrube, Klebefalle und Klappfalle.

QID 102 | type 3 | innerpos 3 | FSTID 9

Geht auf Fotosafari!

Macht einen Schnappschuss einer fleischfressenden Pflanze, die Fallgruben nutzt.

QID 101 | type 3 | innerpos 4 | FSTID 9

Fotografiert eine Pflanze, die Klebefallen einsetzt!

QID 100 | type 3 | innerpos 5 | FSTID 9

Fotografiert nun eine Pflanze, die Klappfallen einsetzt!

Die Station G1 endet mit der outro-Seite [outro/G1 outro deutsche Karnivoren.html](#), die den SuS heimische fleischfressende Pflanzen vorstellt.

Inhalt der Seite [outro/G1 outro deutsche Karnivoren.html](#)

Fleischfressende Pflanzen - Beispiele aus Deutschland

Die fleischfressenden Pflanzen hier im Gewächshaus kommen aus aller Welt. Bei uns in Deutschland finden wir an Mooren beispielsweise folgende Arten:



links: Fettkraut an einer Sinterquelle bei Hennef
Bildquelle: Weddi - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0

rechts: Sonnentau
Bildquelle: Noah Elhardt CC-BY-SA-3.0, Wikimedia Commons

[Diese fleischfressenden Pflanzen gibt es auch in Deutschland.](#)

[Anm.: Bildquellen: Fettkraut an einer Sinterquelle bei Hennef, Weddi, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=32776913> (links); *Drosera anglica*; Noah Elhardt CC-BY-SA-3.0 https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ADrosera_anglica_ne1.JPG, (rechts)]

Station G2

Während an Station G1 die morphologischen Anpassungen der Karnivoren im Vordergrund standen, wird nun der Frage nachgegangen, aus welchem Grund sie Insekten als Nährstofflieferant nutzen.

Material an der Station:

Material	Menge
Tabletablagefläche	1
Abfallbehälter	1
Tablett	1
Nitrat-Skala/Farblegende	1
Nitratstäbchen	ca.10
Destilliertes Wasser	ca. 300 ml
Löffel	1
Ständer für Probenröhrchen	1
Kunststoffreagenzröhrchen mit Schraubverschluss	10
Papiertücher	5
Torfboden	ca. 100 g
Mutterboden	ca. 100 g
Klapphocker	2

Für Station G2 lassen sich folgende Lernziele formulieren:

Die SuS benennen in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die Klimazonen, in denen der Sonnentau verbreitet ist, indem sie Informationen zum Vorkommen dieser Gattung der entsprechenden Karte im Anhang entnehmen und mit der Karte der Klimazonen in Bezug setzen.

Die SuS erarbeiten in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit „Nährstoffe“ als Ressource, die an den Standorten der fleischfressenden Pflanzen nur begrenzt vorliegt nach dem Ausschlussprinzip, indem sie aus dem Infotext entnehmen, dass die klimatischen Bedingungen nicht ausschlaggebend für die Vorliebe für Insekten sind.

Die SuS führen in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit den Modellversuch zum Nitratgehalt in zwei verschiedenen Bodenproben (Mutterboden, Torfboden) durch, indem sie Schritt für Schritt der Versuchsanleitung im Anhang folgen.

Die SuS bestimmen in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit den Nitratgehalt in den zwei verschiedenen Bodenproben, indem sie die Farbe auf dem Teststreifen mit der Farbskala zur Bestimmung des Nitratgehaltes vergleichen.

Die SuS erläutern in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit den Grund des Fressens von Insekten, indem sie die Darstellung im Anhang interpretieren, mit den Ergebnissen des Versuches vergleichen und sinnvoll auswerten.

Die Seite [welcome/G2_Welcome.html](#) ermöglicht das Auffinden der Station, die an ihrem Versuchsaufbau und der unmittelbaren Nähe zu Station G1 leicht zu finden ist.

Inhalt der Seite [welcome/G2_Welcome.html](#)

Aus welchem Grund fressen fleischfressende Pflanzen Insekten?

Begeht euch zu Station G2 hier im temperierten Haus:

Einige Schritte vom Karnivorenbeet entfernt findet ihr ein grünes Tablett mit Versuchsmaterial.



Station G2

Zur Kontextualisierung und zum Anknüpfen an die vorherige Station dient die Seite [intro/G2_FSTID10_QID_28.html](#).

Inhalt der Seite [intro/G2_FSTID10_QID_28.html](#)

Fleischfressende Pflanzen

Nachdem ihr eben gesehen habt, wie fleischfressende Pflanzen ihre Beute fangen, werdet ihr in dieser Station der Frage nachgehen, warum fleischfressende Pflanzen überhaupt Insekten fressen müssen. Karnivoren - also fleischfressende Pflanzen - können wie alle anderen Pflanzen auch Fotosynthese betreiben und so Nährstoffe aufbauen.

Wozu also Insekten fressen?

Als erste Hypothese wird das Klima als ausschlaggebenden Faktor in den Raum gestellt. Diese prüfen die SuS mittels Kartenauswertung: durch den Vergleich der Verbreitung der kosmopolitischen Gattung *Drosera* mit der Karte der Klimazonen kann Klima als Einflussfaktor ausgeschlossen werden.

QID 28 | type 1 | innerpos 1 | FSTID 10
Multiple Choice Antwortoptionen (0=invalid, 1=valid)

Vielleicht liegt es am Klima?

Die Karte im Anhang zeigt euch die Verbreitung des Sonnentaus (*Drosera*), ein Vertreter der Karnivoren.

Wählt aus, in welchen Klimazonen fleischfressende Pflanzen vorkommen können!

Antwortoptionen AID zu QID 28

AID	Beschriftung Auswahlbutton	valid
1	Gemäßigte Zone	1
2	Kalte Zone	1
3	Tropische Zone	1
4	Subtropische Zone	1

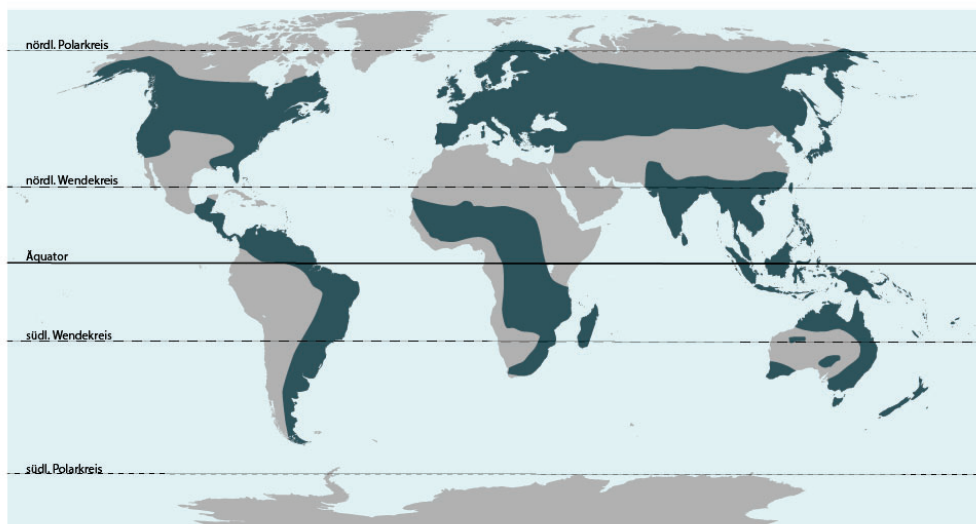
Die zugehörigen Karten sind auf Seite mat/G2_1_Klimazonen_Carnivoren.html eingebettet. Durch vertikales Wischen können die Lernenden beide Karten nacheinander betrachten.

Inhalt der Seite mat/G2_1_Klimazonen_Carnivoren.html

Aus welchem Grund fressen fleischfressende Pflanzen Tiere?

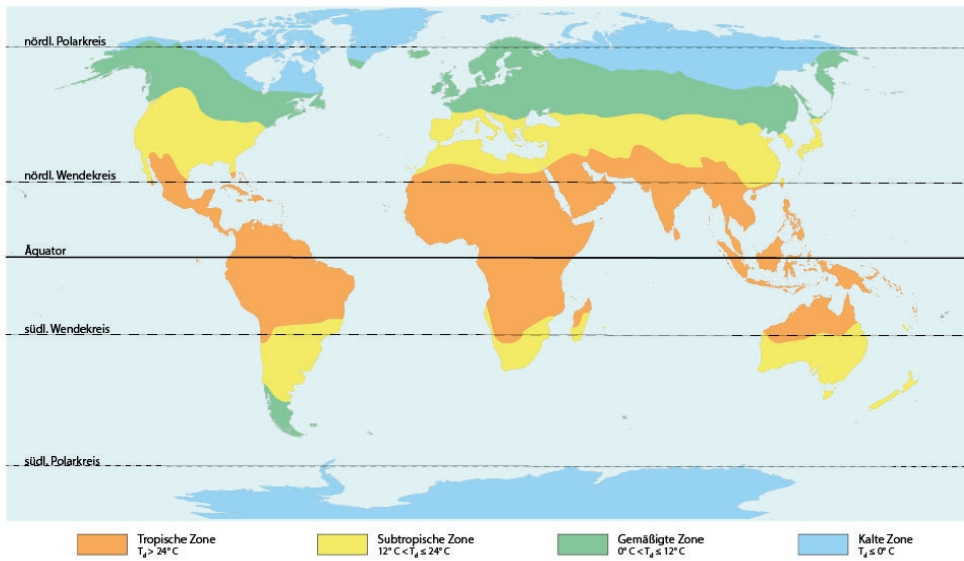
Die Karte zeigt euch, wo der *Sonnentau (Drosera)* -ein Vertreter der Karnivoren- verbreitet ist.

Verbreitung der Karnivoren-Gattung *Drosera*



Verbreitung fleischfressender Pflanzen am Beispiel der Gattung *Drosera*

Einteilung der Erde nach Klimazonen



Die Auflösung erscheint automatisiert und wird weiterführend auf der Seite [intro/G2_FSTID10_QID_29.html](#) aufgegriffen, auf der auch die Standortspezialisierung angesprochen wird.

Inhalt der Seite [intro/G2_FSTID10_QID_29.html](#)

Vorkommen der fleischfressenden Pflanzen

Fleischfressende Pflanzen kommen in allen Klimazonen vor, aber nur an speziellen Standorten. Das Klima ist demnach nicht ausschlaggebend für ihre Vorliebe für Insekten.

Nun werden die Standortbedingungen näher betrachtet und die SuS wählen einen der vorgegebenen potentiellen Mangelfaktoren als nächste Hypothese aus.

QID 29 | type 1 | innerpos 2 | FSTID 10
Multiple Choice Antwortoptionen (0=invalid, 1=valid)

Zum Leben brauchen Pflanzen generell Licht, Wasser, Nährstoffe und eine mittlere Monatstemperatur über 5°C . Welche dieser Ressourcen könnte an den Standorten der fleischfressenden Pflanzen nur begrenzt vorliegen?

Antwortoptionen AID zu QID 29

AID	Beschriftung Auswahlbutton	valid
6	Licht	0
7	Wasser	0
8	Nährstoffe	1
9	Temperaturen über 5°C	0

Nach dem automatisierten Feedback wird auf Seite [intro/G2 FSTID10 QID 30.html](#) die Auflösung weitergeführt. Der Hinweis auf die Standorte von Karnivoren in unseren Breiten ermöglicht einen Rückbezug auf die an Station G1 ausgehend vorgestellten heimischen Vertreter dieser Lebensformen. Zudem wird der Fokus auf den Boden als Standortfaktor und Lerngegenstand im anstehenden Versuch gelenkt.

Inhalt der Seite [intro/G2 FSTID10 QID 30.html](#)

Wozu fressen fleischfressende Pflanzen Insekten?

Die Faktoren Licht und Wasser sind an den Standorten, an denen fleischfressende Pflanzen vorkommen, reichlich vorhanden. Auch die Umgebungstemperatur liegt in ihrem Toleranzbereich.

Die Nährstoffversorgung im Boden könnte daher der kritische Faktor sein. Fleischfressende Pflanzen mögen keine Konkurrenz und wachsen meist an feuchten Magerstandorten.

Bei uns kommen sie in Mooren vor. Den Torfboden solcher Standorte werdet ihr im Vergleich zu Mutterboden nun genauer untersuchen.

Schließlich wird er Versuch angeleitet und das Ergebnis per Texteingabe dokumentiert.

QID 30 | type 2 | innerpos 3 | FSTID 10

Untersucht die Bodenproben wie im Anhang beschrieben.

Notiert anschließend hier, welche Probe weniger Nitrat enthält.

Der zugehörige Anhang [mat/G2_5_Nitrattest_Boden.html](#) liefert die Versuchsbeschreibung.

Inhalt der Seite [mat/G2_5_Nitrattest_Boden.html](#)

Versuch

Material:



Eure Versuchsmaterialien

Versuchsdurchführung:

Arbeitet hierbei arbeitsteilig.

1. Nehmt zwei Plastikröhrchen aus der Vorratsdose, eines für Mutterboden und eines für Torfboden.
2. Befüllt die Plastikröhrchen bis zur Markierung locker mit je einer Bodensorte.
3. Füllt nun die Röhrchen bis ca. 40 ml mit destilliertem Wasser auf und verschließt sie.
4. Schüttelt beide Proben ca. 10 Sekunden lang.
5. Nehmt euch zwei Teststäbchen aus der Vorratsdose und verschließt die Dose wieder richtig, damit keine Feuchtigkeit eindringen kann.
6. Haltet je ein Teststäbchen für je 2-3 Sekunden in die Bodenlösungen. Es müssen nicht zwingend alle Testfelder bedeckt sein.
7. Legt die Teststäbchen auf der einlaminieren Farbskala ab und wartet ca. 20 Sekunden bis das endgültige Ergebnis angezeigt wird.
8. Vergleicht die Farbe des Testfeldes an der Spitze des Streifens mit der Farbskala. Sie zeigt euch, wie viel Nitrat in der jeweiligen Bodenprobe enthalten ist.
9. Schließt dieses Fenster und notiert anschließend im Tablet-PC, welche Probe weniger Nitrat enthält.

In der anschließenden Aufgabe, ziehen die Lernenden mithilfe einer Abbildung der Minimum-Tonne und den Ergebnissen aus ihrem Versuch ihre Schlussfolgerung, die sie stichpunktartig notieren. Als Antwort wird erwartet, dass SuS erkennen, dass zur Produktion, also dem Wachstum der Pflanze verschiedene Stoffe benötigt werden. Als knappste Ressource ist im Torfboden Stickstoff in Form von Ammonium- und Nitratverbindungen vorhanden, der das Wachstum bei einem Mangel einschränken könnte. Durch den Fang von Insekten können die Pflanzen diesem Mangel entgegenwirken, indem sie Stickstoff aus den Aminosäuren der Insekten gewinnen.

QID 31 | type 2 | innerpos 4 | FSTID 10

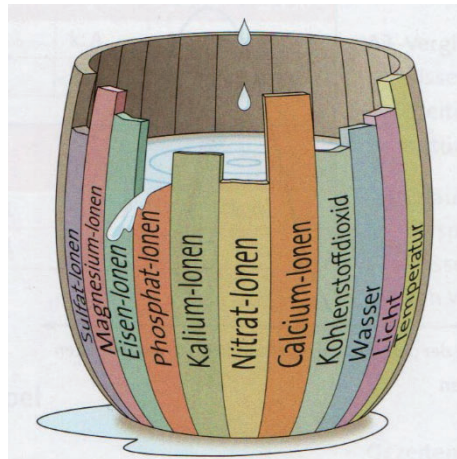
Überlegt euch mithilfe der Abbildung im Anhang sowie eures Versuchsergebnisses, aus welchem Grund fleischfressende Pflanzen Insekten fressen müssen.

Notiert eure Schlussfolgerung stichpunktartig!

Die zugehörige Seite [mat/G2_6_Minimumtonne.html](#) enthält die in vielen Schulbüchern vertretene Minimumtonne nach Sprengel und Liebig.

Inhalt der Seite [mat/G2_6_Minimumtonne.html](#)

Schaut euch nun die nachfolgende Abbildung an. Überlegt euch mithilfe eurer Ergebnisse zum Nitratgehalt der Böden, aus welchem Grund fleischfressende Pflanzen Insekten fressen müssen. Notiert euer Ergebnis stichpunktartig!



Minimum-Tonne nach SPRENGEL und LIEBIG

[Anm.: Bildquelle: BRENNECKE 2012, 37]

Abschließend outro/G2 outro FSTID9 QID 31.html fordert zum Aufräumen auf.

Text der Seite outro/G2 outro FSTID9 QID 31.html

Sorgt bitte für etwas Ordnung, bevor ihr zur nächsten Station geht.

Die Teststreifen und Papiertücher können in den Abfalleimer. Legt eure benutzten Teströhrchen bitte neben das Tablett, sie werden von uns weggeräumt.

Dankeschön!

Station G3

Station G3 hat Frost als klimatische Herausforderung in der gemäßigten Zone zum Thema. Am Beispiel der Kartoffelpflanze wird ein Modellversuch durchgeführt, der auf der Anpassungsstrategie 'Glucose als Gefrierschutzmittel zu nutzen' basiert.

Material an der Station:

Material	Menge
Isolierkiste	1
Metallblock	1
Eis-Salz-Gemisch (-11°C)	ca. 1 kg
Tablett	1
Pipette	3
Kunststoffreagenzröhrchen mit Schraubdeckel	3
Wasser	ca. 20 ml
Glukoselösung 0,02 g/ml	ca. 20 ml
Stärkelösung 0,02 g/ml	ca. 20 ml
Spatel	1
Küchenrolle	1
Tabletablagefläche	1
Abfallbehälter	1
Klapphocker	2

Für Station G3 lassen sich folgende Lernziele formulieren:

Die SuS weisen in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die Wirkung von Glucose nach, indem sie einen Versuch zum „Frierverhalten“ mit einer Glucose- und Stärkelösung durchführen um anschließend die Glukoselösung als Frostschutzmittel zu identifizieren und entsprechend im Tablet-PC zu notieren.

Die SuS erklären in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die Spaltung von Stärke in Glucose in der Kartoffel bei Frost, indem sie die Versuchsergebnisse und den Infotext in die Erklärung einbeziehen und diese im Tablet-PC verschriftlichen.

Die Station wird im Kalthaus I aufgebaut. Sie ist über den Lageplan und die den Bildausschnitt auf der Seite [welcome/G3_Welcome.html](#), der den entsprechenden Gang im Gewächshaus zeigt, zu finden. Zudem wird auf den Versuchsaufbau hingewiesen.

Inhalt der Seite [welcome/G3_Welcome.html](#)

Begeht euch zu Station G3 in der gemäßigten Zone! Ihr sucht nach einem Versuchsaufbau mit einer weißen Isolierbox.



Orientierungshilfe

Die Seite [intro/G3_FSTID11_QID_32.html](#) fokussiert auf Frost als Thema und die Kartoffel als Lerngegenstand.

Inhalt der Seite [intro/G3_FSTID11_QID_32.html](#)

Frost als klimatische Herausforderung in der gemäßigten Zone

Das Klima der gemäßigten Zone ist geprägt von Temperaturen, die vor allem im Winter unter die 0°C-Grenze fallen können. Dabei erleiden viele Pflanzen Frostschäden oder sterben ab, weil das Wasser in ihren Zellen gefriert.

Aber nicht alle: die Kartoffelpflanze beispielsweise kann mäßigen Frösten Stand halten ohne größere Frostschäden zu erleiden. Allerdings schmecken die Kartoffeln anders, wenn sie Frost erleiden mussten.

Ihre Zellen weisen nach Frosteinwirkung eine erhöhte Glucosekonzentration auf. Diese bewirkt den süßlichen Geschmack und stammt aus der Zerlegung von Stärke durch das Enzym Amylase.

Doch warum wird bei Frost die Stärke in Glucose gespalten? Dieser Frage werdet ihr hier auf den Grund gehen.



Stärkespaltung bei Frosteinwirkung

Nach der Kontextualisierung sind die Lernenden gefordert, den Versuch durchzuführen.

QID 32 | type 2 | innerpos 1 | FSTID 11

Folgt der Versuchsanleitung im Anhang.

Notiert, welche Lösung zuletzt gefriert!

Die dazu benötigte Anleitung findet sich im Anhang auf Seite mat/G3_2_Versuchsaufbau_Glukose.html. Die Hypothese, dass die Glucose als natürliches Gefrierschutzmittel dienen könnte, ist vorgegeben und soll hier geprüft werden.

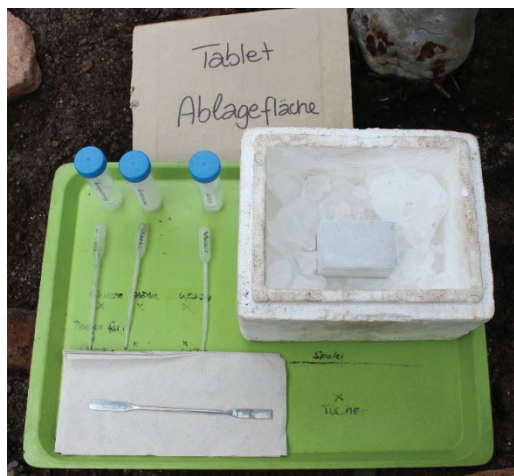
Inhalt der Seite mat/G3_2_Versuchsaufbau_Glukose.html

Warum wird Stärke bei Frost in Glucose gespalten?

Es wäre möglich, dass die Glucose die Kartoffel vor dem Gefrieren schützt - ein Frostschutzmittel also.

Um die Wirkung von Glucose als Gefrierschutzmittel zu überprüfen, führt ihr den folgenden Versuch durch.

Material:



Euer Versuchsmaterial

Versuchsdurchführung:

1. Schüttelt die Glucoselösung und die Stärkelösung einmal kurz durch.
2. Gebt von jeder Lösung mit der Pipette je einen Tropfen auf den Metallblock. Achtet darauf, dass die Tropfen sich nicht vermischen!
3. Beobachtet welche Lösung als letztes gefriert! Zum Überprüfen, ob eine Lösung gefroren ist, könnt ihr den Spatel verwenden.

Die Seite outro/G3 outro FSTID11 QID 32.html ruft nun zum Aufräumen auf, bevor die Lernenden Rückschlüsse ziehen; ein zu festes Anfrieren und damit verbundenes Zerkratzen des Metallblockes soll dadurch verhindert werden.

Inhalt der Seite outro/G3 outro FSTID11 QID 32.html

Bitte aufräumen

Bitte verlasst die Station so, wie ihr sie vorgefunden habt.

Kratzt die gefrorenen Tropfen mit dem Spatel von dem Metallblock ab und wischt ihn mit dem Tuch ab!



So sollte es wieder aussehen.

QID 33 | type 2 | innerpos 2 | FSTID 11

Beantwortet nun mithilfe eures Versuchsergebnisses die Frage, warum in der Kartoffel bei Frost Stärke in Glucose gespalten wird.

Station G4

Während an Station G3 eine physiologische Anpassung an eine gegenwärtige Herausforderung in der gemäßigten Zone untersucht wurde, wirft diese eher geographische Station G4 einen Blick in die Zukunft und beleuchtet den Weinbau unter dem Aspekt des Klimawandels. Die Station ist überwiegend medial repräsentiert, als Anschauungsobjekt dient eine Weinrebe.

Material an der Station:

Material	Menge
Weinrebe (<i>Vitis spec.</i>)	1
Kleine Wein-/Sektflasche (Eyecatcher)	1

Für Station G4 lassen sich folgende Lernziele formulieren:

Die SuS benennen in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die Veränderung der Lufttemperatur und der Vegetationszeit in Deutschland in den Jahren von 2021 - 2050 zu 1961 - 1990, indem sie das Klimadiagramm auswerten und die Veränderungen in der Auflistung möglicher Veränderungen auswählen.

Die SuS bestimmen in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die Verschiebung um Breitengrade der Weinanbaugebiete verschiedener Rebsorten (Cabernet franc, Riesling, Pinot blanc, Müller-Thurgau) zwischen den Jahren 2000 und 2040 bestimmen, indem sie mithilfe der Karte im Anhang die Breitengradangaben berechnen.

Die SuS beurteilen in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die Aussage „Bei einer Temperaturerhöhung von 1°C ist von einer Verschiebung der Vegetationszonen um etwa 200–300 km Richtung Pole auszugehen“, indem sie die Ergebnisse der Kartenanalyse und der Verschiebung der Weinanbaugebiete in ihre Schlussfolgerung einbeziehen und ihre Argumente stichpunktartig notieren.

Die Seite [welcome/G4_Welcome.html](#) leitet zum Thema über und ermöglicht mittels Bildausschnitt und verlinktem Lageplan das Auffinden der Station. Zudem dient an der Weinrebe eine Piccolo-Flasche Sekt als Eyecatcher und ermöglicht einen Alltagsbezug (zumindest passiv).

Inhalt der Seite [welcome/G4_Welcome.html](#)

Gemäßigte Zone-Station G4

Ihr habt nun eine Anpassung an Frost kennen gelernt. In dieser Station werdet ihr erfahren welche Folgen es für Pflanzen hat, wenn im Zuge des Klimawandels die Temperatur ansteigt!

Sucht in der Gemäßigten Zone hier im Kalthaus I die Weinrebe!



Orientierungshilfe

Nicht gefunden? Schaut [hier](#) auf der Übersichtskarte nach!

Die Seite [intro/G4 FSTID12 QID 34.html](#) führt den Winzer als vom Klimawandel betroffene Berufsgruppe ein.

Inhalt der Seite [intro/G4 FSTID12 QID 34.html](#)

Herausforderung Klimawandel

In der vorherigen Station habt ihr eine Anpassung an Frost kennen gelernt. Doch was tun, wenn es wärmer wird?

Winzer müssen den Anbau der Weinreben sehr lange planen können. Infolge der engen Bindung des Weinbaus an das Klima, müssen sich Winzer daher in besonderem Maße mit den Folgen des Klimawandels befassen.

Wie sich der Weinbau künftig ändern kann werdet ihr nun näher betrachten.

Mittels Kartenvergleich erarbeiten die Lernenden Konsequenzen des Klimawandels in Bezug auf die Entwicklung der Lufttemperatur und der Vegetationszeit.

QID 34 | type 1 | innerpos 1 | FSTID 12

Multiple Choice Antwortoptionen (0=invalid, 1=valid)

Die Karten im Anhang zeigen, wie sich Lufttemperatur und Vegetationszeit in Deutschland verändern werden.

Ermittelt daraus, welche Aussagen für Lufttemperatur und Vegetationszeit zutreffen!

Für die Entwicklung in den nächsten 30 Jahren gilt...

Antwortoptionen AID zu QID 34

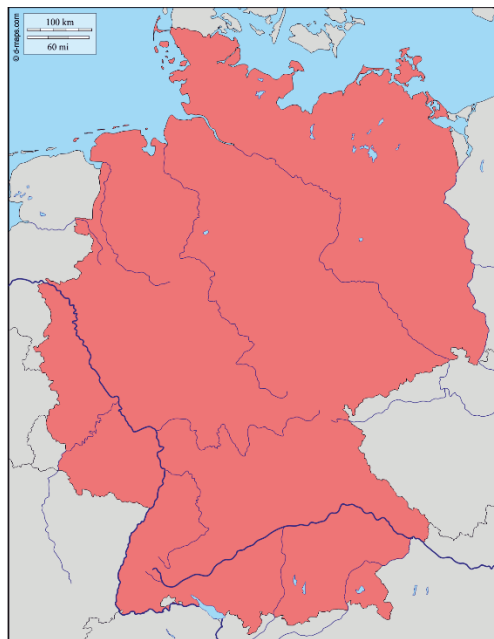
AID	Beschriftung Auswahlbutton	valid
94	Temperatur steigt um 1°C bis 1,5°C	1
95	Vegetationszeit beginnt 8 Tage früher	1
96	Vegetationszeit beginnt 8 Tage später	0
97	Vegetationszeit dauert 8 Tage länger	1
98	Temperatur sinkt um 1°C bis 1,5°C	0

Die zugehörigen Karten im Anhang sind auf der Seite mat/G4_1_Klimawandel.html eingebettet.

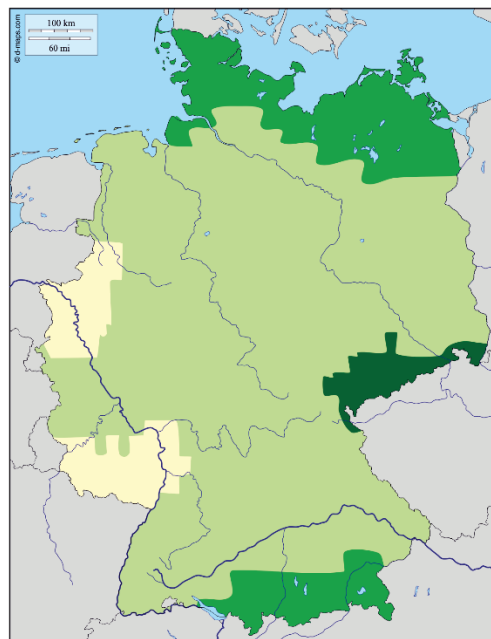
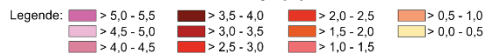
Inhalt der Seite mat/G4_1_Klimawandel.html

Welche Auswirkungen hat der Klimawandel auf die Vegetation?

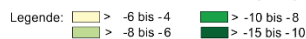
Die nachfolgenden Karten zeigen, wie sich die Lufttemperatur und die Vegetationszeit in Deutschland verändern werden.



Veränderung der Lufttemperatur von 2021-2050 zum Normalwert 1961-1990
Veränderung in [°C]



Veränderung des Vegetationsbeginn 2021-2050 zum Normalwert 1961-1990
Veränderung in Tagen



Folgen des Klimawandels in Deutschland

[Anm.: Karten eigene Darstellung nach Angaben aus DEUTSCHER WETTERDIENST]

Die Seite intro/G4_FSTID12_QID_35.html ergänzt die automatisch angezeigte Auflösung und lenkt den Fokus auf die potentielle Ausweitung der Anbauggebiete ausgewählter Rebsorten, die die SuS anhand eines

Kartenvergleiches ermitteln und beispielhaft für vier bekannte Rebsorten schriftlich fixieren.

Inhalt der Seite [intro/G4_FSTID12_QID_35.html](#)

Herausforderung Klimawandel

Die Vegetationszeit wird früher beginnen und sich dadurch auch verlängern. Winzer müssen daher heute schon planen, welche Rebsorten sie künftig anbauen, da jede andere klimatische Ansprüche besitzt.

Nun werdet ihr erarbeiten, wie sich die Anbauregionen einiger Rebsorten verschieben werden:

Schätzt mithilfe der Karten im Anhang ab, um wie viele Breitengrade sich die Anbauggebiete der Weinsorten, die auch in 2000 schon angebaut wurden, bis 2040 verschieben werden.

QID 35 | type 2 | innerpos 2 | FSTID 12

1. Wie weit wird sich das Anbauggebiet der Rebsorte Cabernet franc durchschnittlich erweitern?

QID 86 | type 2 | innerpos 3 | FSTID 12

2. Wie weit wird sich das Anbauggebiet der Rebsorte Riesling durchschnittlich erweitern?

QID 87 | type 2 | innerpos 4 | FSTID 12

3. Wie weit wird sich das Anbauggebiet der Rebsorte Pinot blanc durchschnittlich erweitern?

QID 88 | type 2 | innerpos 5 | FSTID 12

4. Wie weit wird sich das Anbauggebiet der Rebsorte Müller-Thurgau durchschnittlich erweitern?

Die Anhang-Seite [mat/G4_3_Verschiebung.html](#) enthält die benötigten Karten.

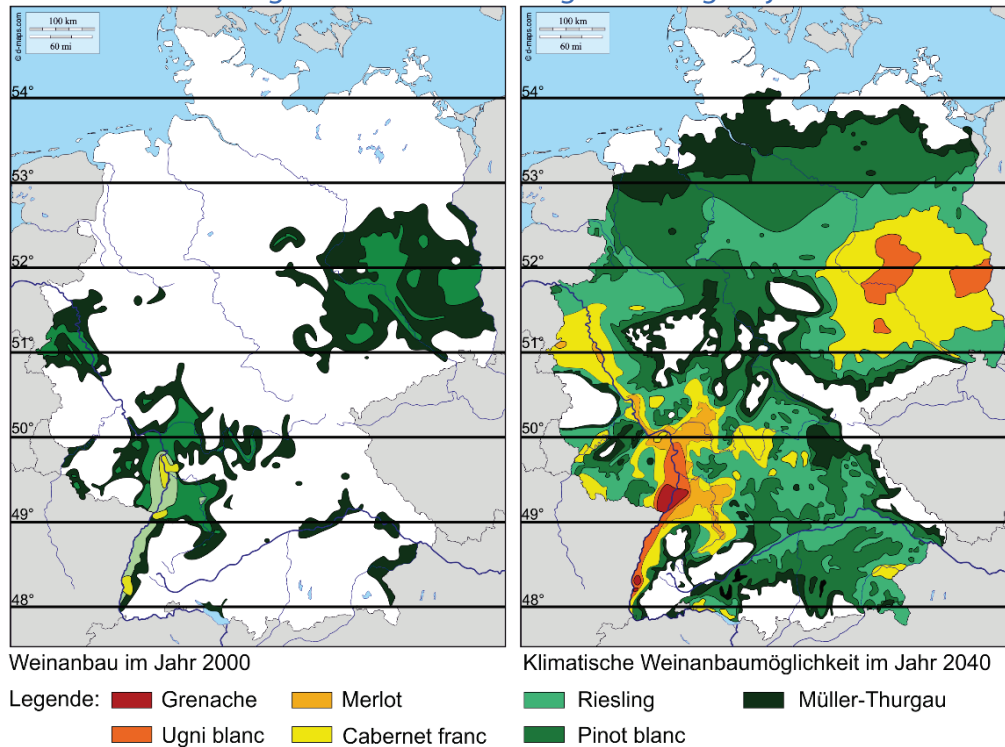
Inhalt der Seite [mat/G4_3_Verschiebung.html](#)

Potentielle Auswirkungen des Klimawandels auf den Weinbau

Die Karten zeigen, wie sich die Anbauggebiete verschiedener Weinsorten in naher Zukunft verändern werden. Berechnet mithilfe dieser Breitengradangaben, wie sich die Weinanbaugrenzen der Weinsorten, die auch im Jahr 2000 schon angebaut wurden, verändern werden!

- Schätzt dafür ab, um wie viele Breitengrade sich das Anbauggebiet verschoben hat.
- Errechnet daraus den Durchschnitt für jede Rebsorte aus dem Jahr 2000.
- Berechnet mit diesem Durchschnittswert, um wie viele Kilometer sich das Anbauggebiet verschieben wird.

Zwischen zwei eingezeichneten Breitengraden liegen jeweils ca. 110 km.



Potentielle Weinanbaugebiete als Folge des Klimawandels

[Anm.: Karten-Collage erstellt aus Grafiken des Portals Klimafolgenonline.com (POTSDAM-INSTITUT FÜR KLIMAFOLGENFORSCHUNG (PIK) E. V. & WETTERONLINE METEOROLOGISCHE DIENSTLEISTUNGEN GMBH)]

Für den Cabernet franc ergibt sich eine Verschiebung von mehr als drei Breitengrade (ca. 330 km), für den Riesling ca. 3,5 Breitengrade (ca. 390 km). Die geringsten Veränderungen treten bei Pinot blanc mit 1,5 Breitengrade (ca. 160 km) und Müller-Thurgau mit einem Breitengrad (ca. 111 km) auf.

Abschließend nehmen SuS Stellung zu einer gegebenen Aussage und begründen diese mit ihren Ergebnissen aus der Kartenarbeit. Hier können drei Lösungsansätze notiert werden. Betrachten die SuS nur die Rebsorten Pinot blanc und Müller-Thurgau, so können sie anführen, dass die Verschiebung geringer als 200 km ausfallen wird. Ziehen sie dagegen die Rebsorten Cabernet franc und Riesling heran, so kommen sie zum Schluss, dass es Verschiebungen von mehr als 300 km geben wird. Mitteln sie die Verschiebungen, so werden sie der Aussage zustimmen.

Zitat: *"Bei einer Temperaturerhöhung von 1°C ist von einer Verschiebung der Vegetationszonen um etwa 200-300 km Richtung Pole [...] auszugehen"* (Luding, H.: Klimawandel und die Auswirkungen auf die Natur)

Nehmt Stellung zu der Aussage und bezieht euch hierbei auf eure Ergebnisse der Kartenanalyse. Notiert Stichpunkte!

[Anm.: Zitatquelle: LUDING, O.J.]

5.4. Kalte Zone: Lernziele und Aufbau der Stationen K1 bis K4

In der Kalten Zone werden die Auswirkungen der niedrigen Temperaturen in vielen Facetten thematisiert, beispielsweise in Bezug auf die Dominanz bestimmter Wuchsformen sowie die Anpassung an langsam ablaufende physiologische Prozesse.

Wie zu Beginn des Kapitels erwähnt, wird die Station K1 exemplarisch auch mit Screenshots illustriert dargestellt, denn diese Station ist Gegenstand der Videoanalyse (vgl. Kap. 6).

Station K1

Nach einer einführenden Thematisierung von Frost als kritischer Faktor für Pflanzenwachstum und einer geographischen Aufgabe, Klimazonen, in denen Frost vorkommt anhand von Kartenarbeit zu ermitteln, wird nachfolgend das Wuchsformen-System von Raunkiær (vgl. Kap. 3.4) vorgestellt.

Material an der Station:

Material	Menge
Holzpodeste	5
Einsteckschilder mit den 5 Wuchsformbezeichnungen	Je 1
Exemplarische Vertreter der Wuchsformkategorien nach Verfügbarkeit, z. B.: Phanerophyten: - Bergulme (<i>Ulmus glabra</i>) - Mammutbaum (<i>Metasquoia glyptostroboides</i>) Hemikryptophyten: - div. Horstgräser - kriechender Hahnenfuß (<i>Ranunculus repens</i>) Chamaephyten: - Preiselbeere (<i>Vaccinium vitis-idaea</i>) - Moosbeere (<i>Vaccinium oxycoccos</i>) - Heidelbeere (<i>Vaccinium myrtillus</i>) - Kleines Immergrün (<i>Vinca minor</i>) - Besenheide (<i>Calluna vulgaris</i>) Therophyten: - Sonnenblume (<i>Helianthus annuus</i>) - <i>Tagetes spec.</i> Geophyten: - Küchenzwiebel (<i>Allium cepa</i>) - <i>Dahlia spec.</i>	Je 1

Für Station K1 lassen sich folgende Lernziele formulieren:

Die SuS benennen in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die Klimazonen, in denen Frost vorkommt, indem sie mithilfe der Karten im Anhang die Frostklimate in allen vier Klimazonen verorten.

Die SuS ordnen in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit den an der Station bereitgestellten Beispieldpflanzen die jeweilige Wuchsformkategorie nach Raunkiær zu, indem sie deren Beschreibung aus einem Video entnehmen und die entsprechenden Schilder an den Beispieldpflanzen anbringen.

Die SuS ermitteln in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die Frostresistenz der einzelnen Wuchsformkategorien, indem sie entsprechende Daten zur Grenztemperatur für Frostschäden aus einem Diagramm entnehmen.

Die SuS ordnen in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die an der Station bereitgestellten Beispieldpflanzen nach ihrer Frostresistenz, indem sie die Originale entsprechend der aus dem Diagramm entnommenen Daten nach abnehmender Frostresistenz auf Rankingpodeste sortieren.

Die SuS wählen in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die zwei frostresistentesten Wuchsformenkategorien (Phanerophyten und Therophyten) aus, indem sie die beiden Spitzenreiter ihres Rankings identifizieren.

Die SuS formulieren in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit einen Widerspruch, indem sie anhand eines Diagrammes zur Häufigkeitsverteilung der Wuchsformen ermitteln, dass die beiden im Ranking nach führenden Wuchsformen in der Kalten Zone nur spärlich vertreten sind.

Nach der Auswahl der Station über die Spielfeldansicht bietet die Welcome-Seite Informationen, wo diese Station zu finden ist (vgl. Abb. 51).



Abb. 51: Screenshot-Ansicht der Welcome-Seite K1 Welcome.html der Station K1. Sie dient dem Auffinden der Station

Die verbale Beschreibung „Begeht euch an Station K1 in der kalten Zone im Kalthaus III!“ verweist auf das aufzusuchende Gewächshaus und dient der groben Orientierung. Für das Auffinden in Kalthaus III dient ein Foto mit dem Aufbau der Station. Hierbei können die Originale nach Verfügbarkeit wechseln, an den Holzpodesten ist die Station jedoch gut zu identifizieren. Sollte es beim Auffinden des Gewächshauses Probleme geben, führt der Link unter dem Foto („Nicht gefunden? Schaut hier auf der Übersichtskarte nach!“) zum Lageplan. Nach dem Schließen des Fensters erscheint die erste Frage dieser Station (cgl. Abb. 52). Sie ist im Multiple-Choice-Stil formuliert, um die Eingabe zeitlich zu verkürzen. In der Datenbank ist sie unter QID 37 zu finden.



Abb. 52: Screenshot-Ansicht der Frage 1 an Station K1 (Datenbankeintrag QID 37)

QID 37 | type 1 | innerpos 1 | FSTID 13

Multiple Choice Antwortoptionen (0=invalid, 1=valid)

In dieser Zone sind niedrige Temperaturen eine Herausforderung für die Pflanzen. Vor allem Temperaturen unter 5°C und Frost sind limitierende Faktoren.

Schaut euch die beiden Karten im Anhang an und wählt dann aus, in welchen Klimazonen Frost vorkommt!

Antwortoptionen AID zu QID 37

AID	Beschriftung Auswahlbutton	valid
21	Gemäßigte Zone	1
22	Kalte Zone	1
23	Subtropische Zone	1
24	Tropische Zone	1

Als zugehöriges Arbeitsmaterial stehen im Anhang auf der Material-Seite mat/K1_1_Frostverbreitung.html zwei Karten zur Verfügung. Anhand der ersten Karte (vgl. Abb. 53) sollten die SuS Regionen mit Frösten identifizieren und im Vergleich mit der zweiten Karte (vgl. Abb. 54) die Frostgebiete in den Klimazonen verorten. Diese sind der besseren Lesbarkeit geschuldet nachfolgend im Original abgebildet und nicht als Screenshots der Webseite K1_1_Frostverbreitung.html. Gleiches gilt nachfolgend für in Material-Seiten eingebundenen Grafiken.

Vorkommen von Frösten auf der Erde

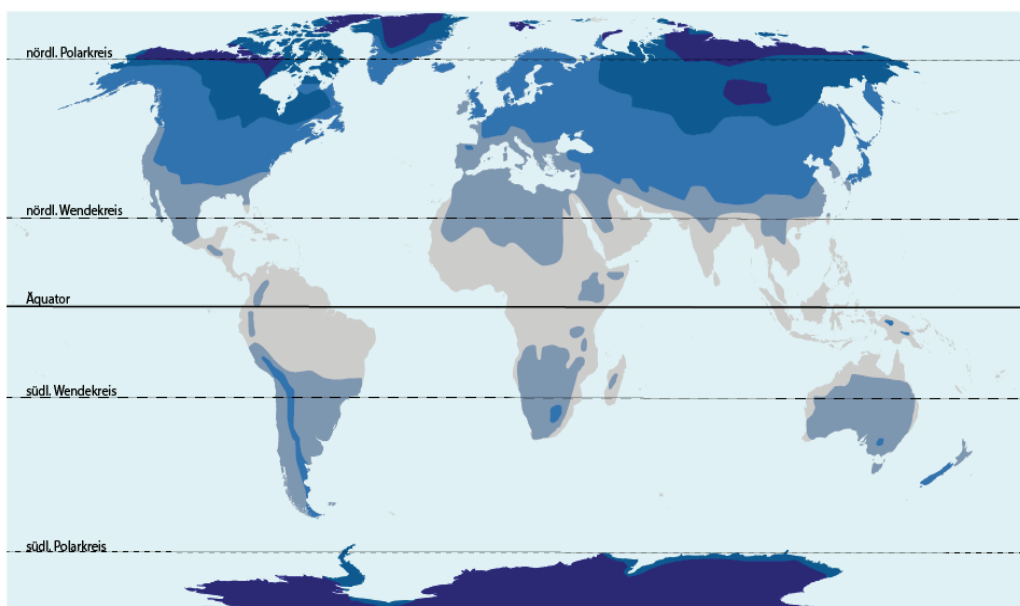


Abb. 53: Karte 1 zu Station K1 QID 37: Vorkommen von Frösten, eingebunden in Seite K1_1_Frostverbreitung.html (eigene Darstellung nach PFADENHAUER UND KLÖTZLI 2014, 46.)

Einteilung der Erde nach Klimazonen

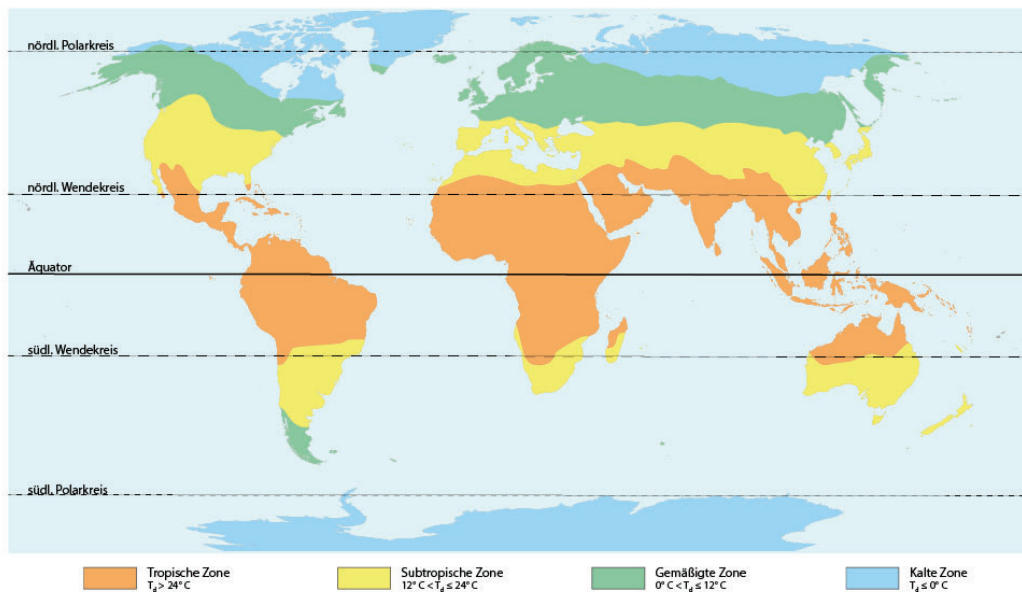


Abb. 54: Karte 2 zur Station K1 QID 37: Klimazonen der Erde, eingebunden in Seite K1_1_Frostverbreitung.html (eigene Darstellung, nach SIEGMUND 2006, verändert)

Nachdem die SuS eine Auswahl getätigt haben erscheint die Auflösung der Frage; die korrekten Antwortoptionen sind grün hervorgehoben (vgl. Abb. 55).

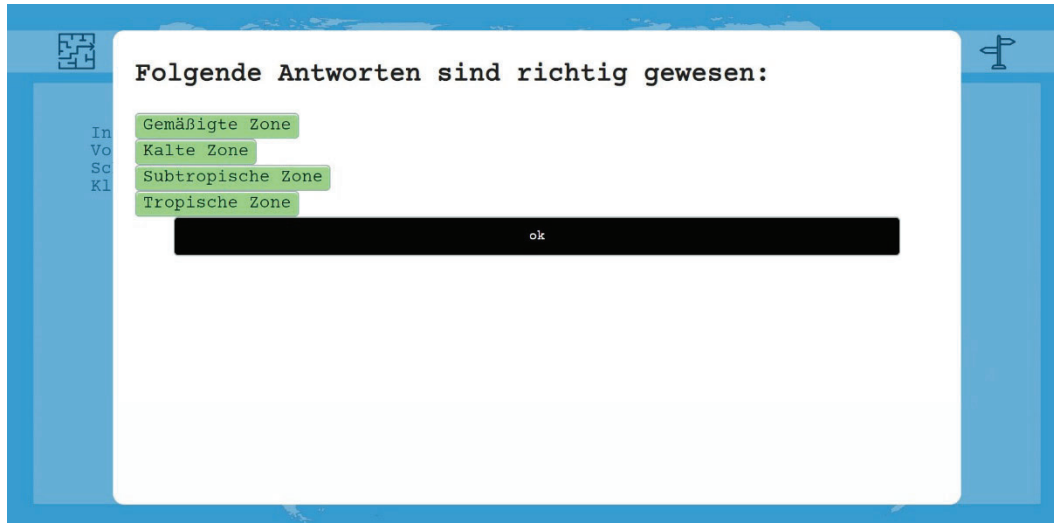


Abb. 55: Screenshot-Ansicht der Auflösung auf die Multiple-Choice Frage QID 37

Es ist zu erwarten, dass einige SuS den Tropen völlige Frostfreiheit zuordnen. Eine reine Nennung der richtigen Antworten führt demnach zu Irritationen. Daher wird auf der Überleitungsseite (intro/K1 FSTID13 QID 38.html, Abb. 56) zur nächsten Frage das Auftreten von Frösten mit zunehmender Höhe aufgegriffen, sodass klar wird, dass in den Höhenlagen der Tropen durchaus Fröste auftreten.

Nach dieser kurzen Erläuterung wird der Fokus wieder auf die Kalte Zone gelenkt.

Inhalt der Seite K1 FSTID13 QID 38.html:

Wie ihr den Karten entnommen habt, tauchen Fröste in allen Klimazonen auf. Selbst in der tropischen Zone kann es in Hochgebirgen recht kalt werden.

Hier geht es jedoch um die kalte Zone und Pflanzen, die sich an die eisigen Temperaturen dort angepasst haben.

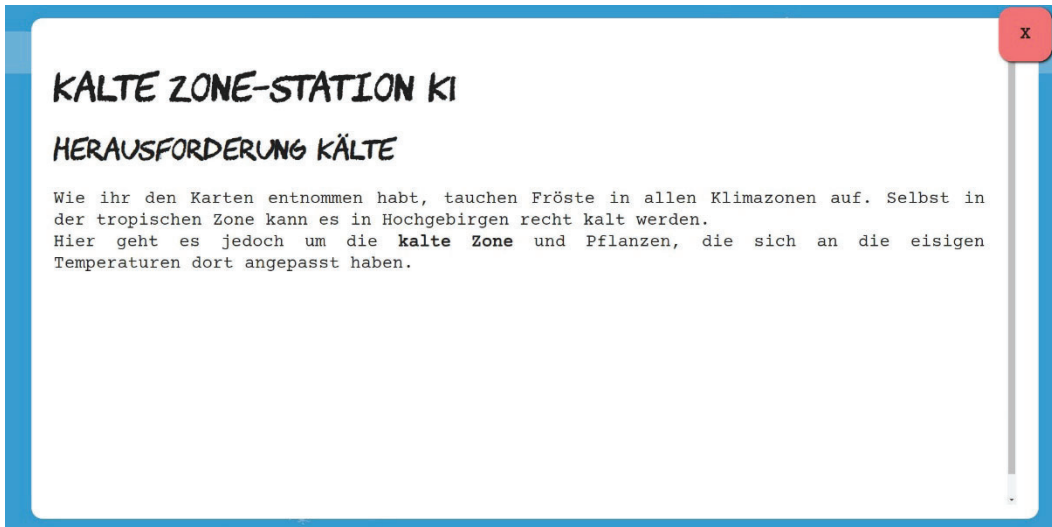


Abb. 56: Screenshot-Ansicht der Überleitungs-Seite *intro/K1 FSTID13 QID 38.html*

Nachdem der theoretische Kontext medial per App bearbeitet wurde, treten nun die Originale an der Station in den Vordergrund. Diese Aufgabe ist zweigeteilt (QID 38, vgl. Abb. 57).

QID 38 | type 3 | innerpos 2 | FSTID 13 | Frage mit Fotodokumentation

Einige Pflanzen können Kälte besser ertragen als andere.

Auf dem Tisch findet ihr Vertreter verschiedener Überwinterungsstrategien.

1. Ordnet ihnen anhand des Videos im ersten Anhang die entsprechende Wuchsformbezeichnung zu, indem ihr die passenden Schilder einsteckt.
2. Sortiert die Pflanzen anschließend mithilfe des zweiten Anhangs nach ihrer Frostresistenz! Stellt sie dazu auf die passenden Holzpodeste.

Macht anschließend ein Foto eures Rankings!



Abb. 57: Screenshot-Ansicht der Aufgabe 2 an Station K1 (Datenbankeintrag QID 38)

Zunächst sollen den Beispielpflanzen an den Tischen die entsprechende Wuchsformkategorie in Form eines Einsteckschildes zugeordnet werden. Informationen zu den Wuchsformen liefert ein Erklärvideo im angehängten Arbeitsmaterial (mat/K1_2_Raunkiaer_Video.html, Abb. 58). Das Video ist auf der beiliegenden CD zu finden (Datei: K1 Lebensformen.mp4).



Abb. 58: Screenshot-Ansicht der Startseite des Videos zur Erläuterung der Wuchsformen, eingebettet in die Seite mat/K1_2_Raunkiaer_Video.html:

Anschließend sollen die Pflanzen auf den Holzpodesten (vgl. Abb. 59) entsprechend der Frostresistenz der jeweiligen Wuchsformkategorie sortiert werden. Je höher das Podest, desto höher die Frostresistenz. Die Daten hierzu sind dem zweiten Arbeitsmaterial (Material-Seite [mat/K1_3_Diagramm Frostresistenz.html](mat/K1_3_Diagramm_Frostresistenz.html), Abb. 60) zu entnehmen.



Abb. 59: Aufbau der Originale an Station K1: Auf den unterschiedlich hohen Holzpodesten werden die Pflanzen nach ihrer Frostresistenz sortiert.

Die Grenztemperaturen für Kälteschäden der Wuchsformen

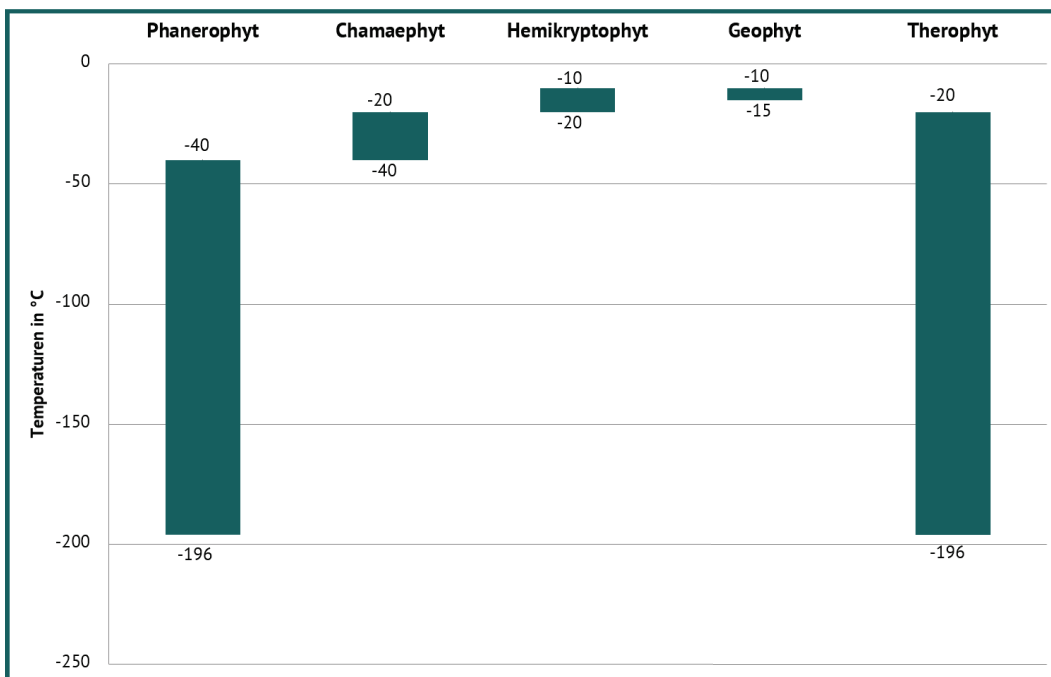


Abb. 60: Diagramm zu den Frostresistenzen der Wuchsform, eingebunden in Seite [mat/K1_3_Diagramm Frostresistenz.html](#) (eigene Darstellung nach Daten aus LARCHER 2001, 320)

Nachdem die SuS die Pflanzen auf den Podesten geordnet haben, sollen sie ihr Ranking als Foto dokumentieren. Für die nachfolgenden Aktionen innerhalb dieser, aber auch an der nachfolgenden Station K2, ist es wichtig, dass die SuS die anhand der Theorie ermittelten frostresistentesten Wuchsformen und deren

Fachbegriffe erinnern können. Daher erfolgt eine Sicherung in Form einer weiteren Auswahlabfrage (QID 103, vgl. Abb. 61), nach deren Beantwortung die Auflösung eingeblendet wird (vgl. Abb. 62).



Abb. 61: Screenshot-Ansicht der abschließenden MC-Frage QID 103 zu Station K1.

QID 103 | type 1 | innerpos 3 | FSTID 13
Multiple Choice Antwortoptionen (0=invalid, 1=valid)

Wählt abschließend die beiden besten Wuchsformen in Bezug auf ihre Frostresistenz aus.

Antwortoptionen AID zu QID 103

AID	Beschriftung Auswahlbutton	valid
105	Chamaephyten	0
106	Therophyten	1
107	Hemikryptophyten	0
108	Geophyten	0
109	Phanerophyten	1



Abb. 62: Screenshot-Ansicht der Auflösung auf die Multiple-Choice Frage QID 103

Das ermittelte Ranking in Bezug auf Frostresistenz begründet sich auf der Wuchsformtheorie von Christian Raunkjær, deren Abgrenzungskriterium die Lage der Erneuerungsknospen nutzt. Die daraus abgeleiteten beiden frostresistentesten Wuchsformen kommen jedoch in der Realität in der kalten Zone kaum vor. In einer abschließenden Aufgabe (QID 39, vgl. Abb. 63) soll daher ein kognitiver Konflikt erzeugt werden, indem die SuS ihre Ergebnisse aus dem theoriegestützten Ranking mit einer Tabelle im Anhang, die die tatsächliche Häufigkeitsverteilung der Wuchsformen in der kalten Zone zeigt (vgl. Abb. 64), vergleichen. Hier wurde der Aufgabentyp Textantwort gewählt, da die SuS den Konflikt eigenständig erkennen, im Team diskutieren und formulieren und nicht eine vorgegebene Option (im Falle eine MC-Frage) auswählen sollen.



Abb. 63: Screenshot-Ansicht der abschließenden Frage mit Texteingabe (QID 39) zur Erzeugung eines kognitiven Konfliktes

Einige Pflanzen können Kälte besser ertragen als andere.

Wie ihr eben erarbeitet habt, besitzen Phanerophyten und Therophyten die höchsten Frostresistenzen und sind damit an Gebiete mit Permafrost am besten angepasst.

Soweit die Theorie.

Schaut euch nun die Tabelle im Anhang an. Sie zeigt euch die Häufigkeitsverteilung der Wuchsformen in der kalten Zone!

Was fällt euch auf? Notiert dazu Stichpunkte!






	Phanero-phyten	Chamae-phyten	Hemikrypto-phyten	Geo-phyten	Thero-phyten
					
Vorkommen in % in Gebieten mit Permafrost.	1	22	60	15	2

Abb. 64: Tabelle der Häufigkeitsverteilung der Wuchsformen in der kalten Zone, eingebunden in Seite [mat/K1_4_Lebensformenverteilung.html](#) (eigene Darstellung nach STRASBURGER & SITTE 1998, 1007, zitiert in SCHULTZ 2000, 197)

In der nachfolgenden Überleitungs-Seite *K1_1 outro.html* (vgl. Abb. 65) wird der Widerspruch zwischen Theorie und Realität dargelegt, damit die SuS ihre Antwort der vorhergegangenen Frage abgleichen können. Zudem wird zur nächsten Station übergeleitet, damit der rote Faden erkennbar bleibt und die SuS den hier erarbeiteten Widerspruch als Forschungsfrage zur nachfolgenden Station transferieren. Zudem wird zum Aufräumen der Station aufgefordert.

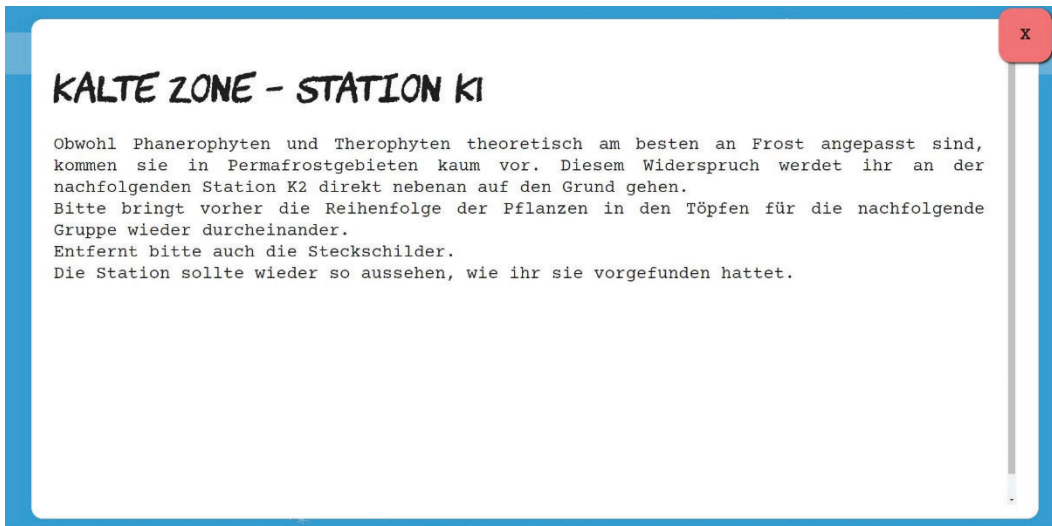


Abb. 65: Screenshot-Ansicht der Überleitungs-Seite *outro/K1_1 outro.html*: Sie fungiert als Musterlösung für die vorangegangene Aufgabe QID 39, als Hinweis zum Transfer der Ergebnisse von K1 zur K2 sowie Wiederherstellung der Ausgangssituation der Station K1 im Nachgang

Inhalt der Seite *K1_1 outro.html*

Obwohl Phanerophyten und Therophyten theoretisch am besten an Frost angepasst sind, kommen sie in Permafrostgebieten kaum vor. Diesem Widerspruch werdet ihr an der nachfolgenden Station K2 direkt nebenan auf den Grund gehen.

Bitte bringt vorher die Reihenfolge der Pflanzen in den Töpfen für die nachfolgende Gruppe wieder durcheinander. Entfernt bitte auch die Steckschilder.

Die Station sollte wieder so aussehen, wie ihr sie vorgefunden hattet.

Station K2

Die Station K2 bildet einen direkten Anschluss an Station K1. In einem Modellversuch erarbeiten die SuS Faktoren heraus, die neben dem Frost das Überleben in kalten Zonen erschweren. Der Einstieg in diese Station bilden Informationstexte zum geringen Vorkommen von Bäumen und Samenpflanzen in der kalten Zone und ein Bild der Landschaft aus Ostgrönland. Zudem ist die Vegetationszeit in Grönland zu bestimmen.

Material an der Station:

Material	Menge
Verlängerungskabel	1
Föhn	1
Modellbäume	2
Behälter mit Bodenprobe „Gemäßigte Zone“ (Bodenmodell)	1
Behälter mit Bodenprobe „Kalte Zone“ (Bodenmodell)	1

Für Station K2 lassen sich folgende Lernziele formulieren:

Die SuS ordnen in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die Versuchsgegenstände (Föhn, Baummodelle, Behälter mit Erde) der Realität zuordnen, indem sie die Merkmale der Versuchsgegenstände in einen Zusammenhang mit der Natur stellen.

Die SuS ordnen in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die Bodenmodelle den Klimazonen zu, indem sie mithilfe der Karte auf den Behältern die passenden Klimazonen auswählen.

Die SuS führen in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit den Versuch zur Standfestigkeit von Bäumen in unterschiedlichen Böden durch, indem sie der Versuchsanleitung Schritt für Schritt folgen.

Die SuS erläutern in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit das seltene Vorkommen von Phanerophyten in der kalten Zone, indem sie aus dem Versuch ableiten, dass Phanerophyten im Permafrostboden kaum Halt finden.

Die SuS ermitteln in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die Vegetationszeit aus dem Klimadiagramm von Ikerasak (Grönland), indem sie aus dem Klimadiagramm die Monate mit einer Temperatur über 5°C und Humidität herausarbeiten.

Die SuS erläutern in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit das seltene Wachstum von Therophyten in der kalten Zone, indem sie die kurze Vegetationszeit mit dem seltenen Vorkommen in Beziehung setzen.

Die welcome-Seite *K2 Welcome.html* knüpft an die Erkenntnisse aus Station K1 an, indem sie deren Erkenntnisse aufgreift und die nähere Betrachtung der Therophyten und Phanerophyten in den Fokus rückt. Das Auffinden der Station benötigt keinen Lageplan, da die Station K2 unmittelbar neben K1 aufgebaut und über das Foto des Versuchsaufbaus leicht zu identifizieren ist.

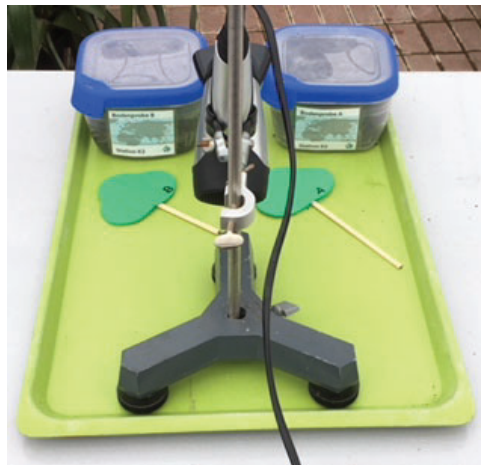
Inhalt der Seite *K2 Welcome.html*

Kalte Zone-Station K2

Die Temperaturen, die in der Unterteilung der Lebensformen nach Raunkiaer angegeben wurden, beschreiben die Grenztemperatur für Schäden. Dies bedeutet jedoch nicht, dass die ganze Pflanze bei dieser Temperatur abstirbt. Vielmehr spielen hier noch weitere Faktoren wie Akklimatisierungszustand, Entwicklungszustand, betroffenes Pflanzenorgan, Wasser- und Nährstoffversorgung eine wichtige Rolle. Deshalb können in der Kalten Zone auch Pflanzen, wie z. B. Chamaephyten oder Hemikryptophyten leben.

An Station K2 werdet ihr versuchen zu beantworten, warum Phanerophyten und Therophyten in der Kalten Zone nur sehr selten wachsen, obwohl gerade diese eine hohe Frostresistenz besitzen!

Begeht euch zur Station K2 in der Kalten Zone hier im Kalthaus III, direkt neben eurer Station.



Station K2

Nach dem Schließen des Fensters erscheint zunächst eine Informationsseite.

Inhalt der Seite *K2 FSTID14 QID 45.html*

Warum wachsen Phanerophyten und Therophyten nur selten in der kalten Zone?

Das Bild zeigt eine Landschaft aus Ostgrönland, die geprägt ist von kaltem, polarem Klima. Wie ihr seht, wachsen dort kaum Phanerophyten und Therophyten, obwohl sie die höchste Frostresistenz aufweisen. Es muss demnach noch andere Faktoren geben, die ihnen das Überleben dort erschweren.

Dies werdet ihr in einem Modellversuch näher beleuchten.



Tundra nahe Sydkaap, Ost-Grönland

[Anm.: Bildquelle: Hannes Grobe, 16.12.2007, CC BY-SA 2.5, Wikimedia]

Mit dem Foto einer Tundrenlandschaft wird Vorwissen aktiviert und die abstrakten Wuchsformen v. a. der Chamaephyten aus K1 in Natura gezeigt. Im Anschluss wird der Fokus zunächst auf die Auseinandersetzung mit dem anstehenden Modellversuch zur Standfestigkeit von Phanerophyten auf unterschiedlichen Böden gelenkt, denn die Versuchsgegenstände sollen zunächst mit der Realität verknüpft werden.

QID 77 | type 1 | innerpos 1 | FSTID 14

Multiple Choice Antwortoptionen (0=invalid, 1=valid)

In diesem Versuch wird die Realität modellhaft nachgebildet. Ordnet zunächst die Versuchsgegenstände der Realität zu.

Was repräsentiert der Föhn in diesem Versuch?

Antwortoptionen AID zu QID 77

AID	Beschriftung Auswahlbutton	valid
104	Wind	1
103	Wärme	0

Im Anschluss sind die Bodenmodelle den Klimazonen zuzuordnen. Als Zuordnung das Bodenmodell A den Boden der gemäßigten Zone und das Bodenmodell B den Boden der Kalten Zone erwartet.

QID 76 | type 1 | innerpos 2 | FSTID 14

Multiple Choice Antwortoptionen (0=invalid, 1=valid)

Die beiden mit Erde gefüllten Behälter stehen für Bodenproben aus den beiden Klimazonen "Gemäßigte Zone" und "Kalte Zone". Die Karte auf den Gefäßen zeigt euch, an welchem Ort der Bodenaufbau in etwa so beschaffen ist, wie in dem Behälter.

Ordnet nun die Bodenmodelle mithilfe der Karte auf den Behältern den Klimazonen zu.

Antwortoptionen AID zu QID 76

AID	Beschriftung Auswahlbutton	valid
88	B=Gemäßigte Zone	0
85	A=Kalte Zone	0
86	A=Gemäßigte Zone	1
87	B=Kalte Zone	1

Nachfolgend erfolgt die Durchführung des Versuches.

QID 78 | type 2 | innerpos 3 | FSTID 14

Führt nun den Versuch gemäß der Beschreibung im Anhang durch:

Wie reagieren die "Bäume" in Behälter A bzw. B auf den "Wind"?

Notiert Stichpunkte!

Im Anhang auf Seite mat/K2_1_Permafrost.html wird der Versuch angeleitet.

Inhalt der Seite mat/K2_1_Permafrost.html

Modellversuch

Führt nun den Versuch wie folgt durch:

1. Steckt in jede Bodenprobe ein Baum-Modell möglichst gleich tief hinein, sodass die Bäume freistehen.
2. Stellt die Behälter dicht nebeneinander.
3. Haltet nun den Föhn mit einem Abstand von ca. 50 cm für ca. 5 Sekunden auf Stufe 2 frontal gegen beide Baum-Modelle. Achtet darauf, dass kein Sand umherfliegt.

Die beiden Behälter beinhalten einfache Gartenerde. Jedoch ist der Behälter mit der Bodenprobe, die die Kalte Zone repräsentiert, manipuliert, um den gefrorenen Permafrostboden zu simulieren. Nur die oberste Erdschicht ist locker, ab ca. 2 cm Tiefe ist die Erde fest. Sie wurde mit erhitzter und damit flüssiger Rohseife gemischt und erkalten gelassen. Zudem wird dieser Behälter eingefroren, um auch haptisch ein Gefühl für den Permafrost anzuregen.

Nach dem Durchführen des Versuches notieren die SuS stichpunktartig wie die Bäume reagieren. Der Erwartungshorizont erfasst die Beschreibung mit den kurzen Sätzen, Baum A hält dem Wind stand und bewegt sich kaum und Baum B löst sich aus dem Boden und kippt um.

QID 42 | type 2 | innerpos 4 | FSTID 14

Die Leitfrage war, warum Phanerophyten in der Kalten Zone nur sehr selten wachsen, obwohl sie sehr frostresistent sind. Nutzt zur Beantwortung dieser Frage eure Erkenntnisse aus dem Versuch.

Die Auflösung zu dieser Frage erscheint anschließend auf der Seite [intro/K2 FSTID14 QID 43.html](#). Zudem wird auf die Wuchsform der Therophyten übergeleitet, die ebenfalls in Station K1 als frostresistente Form identifiziert wurde, aber kaum in der Kalten Zone vorkommt.

Inhalt der Seite [intro/K2 FSTID14 QID 43.html](#)

Die Wurzeln können in den meist gefrorenen Boden nicht tief genug eindringen, um den Bäumen gegen den oft heftigen Wind genug Halt zu geben. Der Permafrostboden verhindert also, dass Bäume dort richtig im Boden Wurzeln schlagen können. Zudem ist das Bodenwasser gefroren, sodass die Bäume nicht genügend Wasser aufnehmen können. Daher wachsen Phanerophyten nur sehr selten in der kalten Zone.

Auch die Therophyten (Samenpflanzen) haben eine hohe Frostresistenz, wie ihr in eurem Ranking an der vorherigen Station erarbeitet habt.

Mit nur 2 % Anteil an den Wuchsformen in der Kalten Zone sind sie jedoch auch nur spärlich vertreten. Der Ursache hierfür werdet ihr nun auf den Grund gehen.

Hierzu sind die SuS gefordert, aus dem Klimadiagramm von Ikerasak (Grönland) die Vegetationszeit zu ermitteln.

QID 43 | type 2 | innerpos 5 | FSTID 14

Ermittelt mithilfe des Klimadiagrammes aus Grönland im Anhang die Vegetationszeit in dieser Region! Wenn ihr nicht genau wisst, wie das geht, schaut euch das Videotutorial im Anhang an.

Hier stehen zwei Materialien zur Verfügung. Zum einen das Klimadiagramm auf Seite [mat/K2_5_Vegetationszeit.html](#), zum anderen ein Videotutorial zur Bestimmung der Vegetationszeit aus einem Klimadiagramm auf der Seite [mat/K3_M2_Tutorial_Vegetationszeit.html](#). Zur besseren Lesbarkeit sind hier nur die graphischen Ansichten der Materialien dargestellt (vgl. Abb. 66 und Abb. 67)

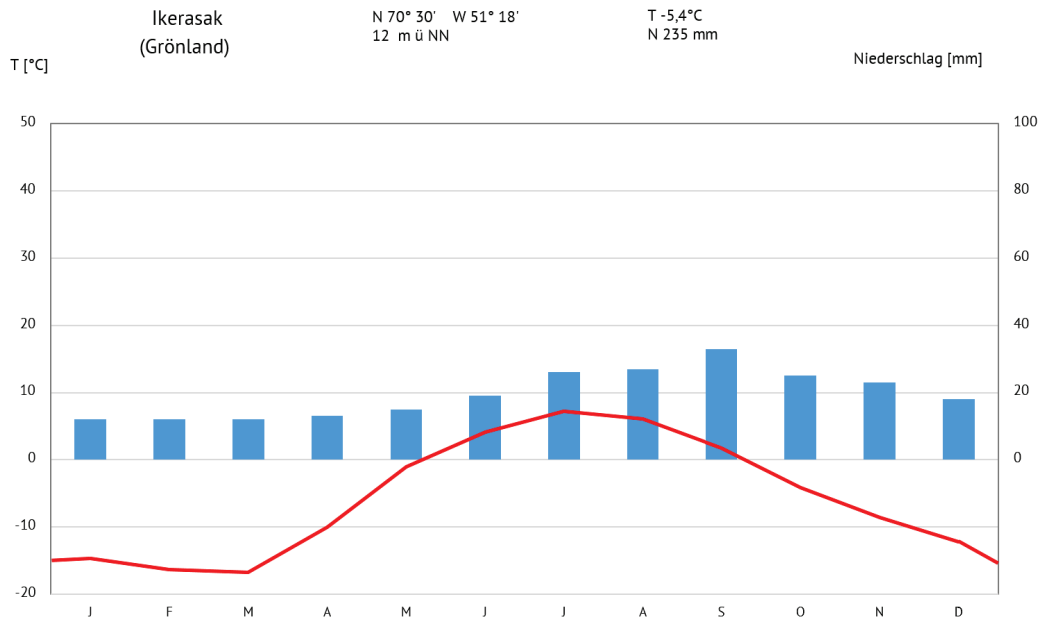


Abb. 66: Das in der Seite [mat/K2_5_Vegetationszeit.html](#) eingebettete Klimadiagramm von Ikerasak (eigene Darstellung, Daten: CLIMATA-DATA.ORG).

Als tutorielle Hilfe wird in einem zweiten Anhang (vgl. Abb. 67) auf der Seite [mat/K3_M2_Tutorial_Vegetationszeit.html](#) ein Videotutorial angeboten, das die Ermittlung der Vegetationszeit erläutert. Es wurde slide-basiert erstellt und ist auf beiliegender CD zu finden (Datei: Vegetationszeit bestimmen.mp4).

Wann können Pflanzen wachsen?



So bestimmst du die **Vegetationszeit** mit Hilfe eines Klimadiagrammes.

Abb. 67: Startansicht des in der Seite [mat/K3_M2_Tutorial_Vegetationszeit.html](#) eingebauten Videotutorials.

Als ausführliche Antwort kann hier Folgendes erwartet werden: Die Vegetationszeit von Ikerasak beschränkt sich auf Juli und August, da die

Temperatur nur in diesen zwei Monaten die 5°C-Grenze überschreitet. Abschließend sollen die SuS begründen, weshalb auch Therophyten kaum in der Kalten Zone vorkommen.

QID 79 | type 2 | innerpos 6 | FSTID 14

Erläutert abschließend, warum auch Therophyten trotz ihrer enormen Frostresistenz nur selten in der kalten Zone wachsen können.

Haltet eure Erkenntnisse in Stichpunkten fest!

Als Antwort wird erwartet, dass nur die Samen der „Mutterpflanze“ überwintern und eine neue Pflanze im Frühjahr aus dem Samen austreiben und rasch genügend Stoffe produzieren muss, um im Herbst Samen zu bilden. Bei der kurzen Vegetationszeit kann eine Samenpflanze dies nicht erfüllen und findet in der Kalten Zone keinen passenden Lebensraum.

Die letzte Seite outro/K2 outro FSTID14 QID 79.html fordert schließlich zum Aufräumen der Station auf.

Text der Seite outro/K2 outro FSTID14 QID 79.html

Bitte aufräumen.

Bitte entfernt die Baum-Modelle wieder aus den Behältern. Richtet die Station für nachfolgende Gruppen wieder so her, wie ihr sie vorgefunden habt.

Station K3

An Station K3 wird veranschaulicht, dass niedrige Temperaturen und Lichtmangel den Stoffwechsel in der Kalten Zone stark beeinflussen. Inwiefern Pflanzen beispielsweise auch unter Schnee Fotosynthese betreiben können erfahren die Lern tandems am Beispiel der Heidelbeere. Dies wird durch das Arbeiten mit einer Abbildung zur Fotosynthese im Warm- und Kalthaus, einem Modellversuch zur Temperaturabhängigkeit der Diffusion, einem Klimadiagramm von Barrow (Alaska), einer Abbildung zum vertikalen Temperaturgradienten in der Tundra von Barrow, einer Abbildung der Wellenbereiche zur Fotosynthese und zwei Abbildungen zur Globalstrahlung ermöglicht.

Material an der Station:

Material	Menge
Verlängerungskabel	1
Wasserkocher	1
Isolierbox für Eiswasser	1
Flasche Eiswasser	1
Abfallbehälter	1
Plastikbecher	2
Petrischale	2
Pinzette	1
Plastikdose	1
Papiertücher	
Bonbon-Splitter	

Für Station K3 lassen sich folgende Lernziele formulieren:

Die SuS benennen in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die enzymatischen Reaktionen als temperaturabhängige Reaktionen, indem sie den Faktor Temperatur als Kriterium für die enzymatische Reaktion aus der Abbildung zu Fotosyntheseraten festlegen.

Die SuS arbeiten in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die Vegetationszeit in Barrow (Alaska) heraus, indem sie das Klimadiagramm anhand der Faktoren (+5°C und ausreichend Niederschlag) für die Vegetationszeit auswerten.

Die SuS charakterisieren in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die Funktion der Schneedecke, indem sie der Abbildung im Anhang eine Temperaturzunahme im Bereich unter der Schneedecke entnehmen.

Die SuS ermitteln in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit den Wellenbereich, der für Fotosynthese möglich ist, indem sie mithilfe der Abbildung im Anhang die Wellenbereiche, in denen eine Fotosyntheserate vorhanden ist identifizieren.

Die SuS beschreiben in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die Auswirkungen der Schneedecke auf den Strahlenhaushalt, indem sie die wichtigsten Informationen der Grafik mit eigenen Worten verschriftlichen.

Die SuS formulieren in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit eine Vermutung zur Anpassungsstrategie der Heidelbeere an eisige Temperaturen, indem sie das gegebene Bild der Heidelbeere im Schnee beschreiben.

Die SuS entwickeln in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit eine Hypothese über den Gasaustausch ohne Blätter, indem sie dem Infotext Informationen über das Desiderat der Abgabe von Wasserdampf und die Aufnahme CO_2 zum Ablauf der Fotosynthese entnehmen.

Die SuS überprüfen experimentell in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die Aussage, dass die Diffusion von Kohlendioxid stark temperaturabhängig ist, indem sie den Versuch anhand der Anweisung durchführen und ihre Ergebnisse dokumentieren.

Zum Auffinden der Station K3 dient die welcome-Seite [welc/K3 Welcome.html](#), welche ein Bild des Stationsaufbaus bereithält. Optional kann auch durch Aktivieren des Links unter dem Bild der Lageplan wieder hinzugezogen werden.

Inhalt der Seite [K3 Welcome.html](#)

Sucht die Station K3 in der kalten Zone im Kalthaus III!



Station K3

Nicht gefunden? Schaut [hier](#) auf der Übersichtskarte nach!

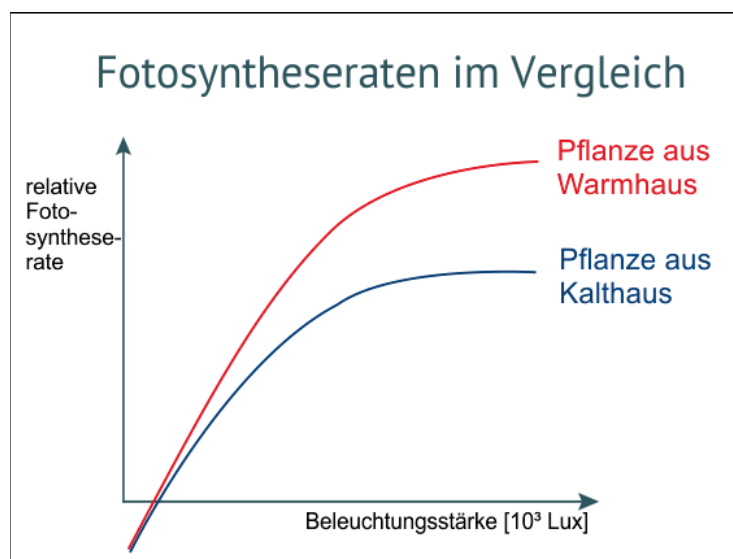
Die nachfolgende Intro-Seite fordert die SuS auf, den Wasserkocher als Vorbereitung schon anzustellen. Anschließend wird in das Thema eingeführt, indem die SuS als Impuls die Fotosyntheseraten zweier Pflanzen in unterschiedlichen Temperaturbereichen vergleichen können.

Inhalt der Seite [intro/K3 FSTID15 QID106.html](#)

Temperatur beeinflusst den Stoffwechsel

Bevor ihr mit dieser Station beginnt, schaltet bitte den Wasserkocher ein!

Für die Fotosynthese benötigt die Pflanze CO₂ und Licht. Die Abbildung zeigt die Fotosyntheserate zweier Pflanzen. Eine stand im Kalthaus, die andere im Warmhaus bei gleicher und konstant bleibender Kohlenstoffdioxidkonzentration.



Anschließend wählen die SuS aus, welche der chemischen Reaktionen der Fotosynthese temperaturabhängig sind. Aus den Auswahlmöglichkeiten ist als richtige Antwort im Erwartungshorizont nur die enzymatischen Reaktionen zu nennen.

QID 106 | type 1 | innerpos 1 | FSTID 15
Multiple Choice Antwortoptionen (0=invalid, 1=valid)

Wählt aus, welche der chemischen Reaktionen der Fotosynthese temperaturabhängig sind:

Antwortoptionen AID zu QID 106

AID	Beschriftung Auswahlbutton	valid
113	nur die fotochemischen Reaktionen	0
114	nur die enzymatischen Reaktionen	1
115	alle Abläufe in der Fotosynthese	0

Nach dem automatisierten Feedback gibt die Informationsseite [intro/K3 FSTID15 QID46.html](#) weitere Hintergrundinformationen zu der vorangegangenen Frage und führt so weiter in das Thema ein.

Inhalt der Seite [intro/K3 FSTID15 QID46.html](#)

Die Intensität der fotochemischen Primärreaktionen der Fotosynthese ist stark von der Qualität und Intensität des Lichts und der CO₂-Konzentration abhängig, nicht aber von der Temperatur.

Für die Teilprozesse, in denen Enzyme (z. B. RubisCo) benötigt werden, gilt dies allerdings nicht. Nach der RGT-Regel verdoppelt sich die Reaktionsgeschwindigkeit bei einer Temperaturerhöhung um 10°C.

Doch nicht nur die Enzyme reagieren auf Temperaturunterschiede...

Anschließend wird ein Versuch zur Diffusion durchgeführt. Zunächst wird der Modellversuch der Realität zugeordnet, indem die SuS auswählen, welche Verbindung das Bonbon in dem Versuch repräsentiert. Als Zuordnung des Bonbons ist nur Kohlenstoffdioxid in diesem Zusammenhang sinnvoll.

QID 46 | type 1 | innerpos 2 | FSTID 15
Multiple Choice Antwortoptionen (0=invalid, 1=valid)

Auch die Ausbreitung von Gasen ist temperaturabhängig.

Führt nun den Versuch zur Diffusion anhand der Anleitung im Anhang durch.

Während der Wartezeit werdet ihr weitere Hintergründe aufdecken.

Zum Versuch: Was repräsentiert das Bonbon in dem Versuch?

Antwortoptionen AID zu QID 46

AID	Beschriftung Auswahlbutton	valid
116	Kohlenstoffdioxid	1
117	Mineralsalze	0
118	Glucose	0

Der zugehörige Materialanhang enthält die Versuchsanleitung auf der Seite [mat/K3_5_VersuchsdurchfuehrungCO2.html](#).

Inhalt der Seite [mat/ K3_5_VersuchsdurchfuehrungCO2.html](#)

[Veranschaulichung der Temperaturabhängigkeit der Diffusion](#)



Euer Versuchsmaterial

Versuchsdurchführung:

1. Füllt das kalte Wasser in das dafür vorgesehene Becherglas und befüllt anschließend damit eine Petrischale.
2. Das gleiche noch einmal mit heißem Wasser: füllt das heiße Wasser aus dem Wasserkocher in das dafür vorgesehene Becherglas und befüllt damit nun vorsichtig eine Petrischale.
3. Legt nun mithilfe der Pinzette jeweils ein reiskorngroßes Stück Bonbon in die gezeichnete Mitte der Petrischalen.
4. Stoppt mit der Stoppuhr die Zeiten, die jeweils benötigt werden, bis der Farbstoff aus den Bonbons die eingezeichnete Kreislinie erreicht hat.
5. Notiert die Zeiten auf dem Protokollbogen.

Während der Wartezeit werdet ihr weitere Hintergründe aufdecken. Beobachtet dennoch hin und wieder euren Versuchsverlauf.

In der ursprünglichen Version gab es nur diesen Versuch. Schwierig gestaltete sich, die Wartezeit sinnvoll zu überbrücken, sodass SuS nicht die anderen Teams im Raum ablenkten. Daher wird nun die Wartezeit mit weiteren Ungunstoffaktoren und Anpassung von Pflanzen darauf überbrückt. Erst am Ende sollen SuS den Protokollbogen als Foto hochladen.

Zunächst ermitteln die SuS aus dem Klimadiagramm einer Station in Alaska die dortige Vegetationszeit. Da der Kurs die Stationen im Gruppenpuzzle macht, wird so sichergestellt, dass jede der beiden Teilgruppen diese Arbeitsmethode kennenlernt. Auch hier ist wieder das Videotutorial wie in K2 eingebaut und wird hier nicht noch einmal dargestellt.

QID 116 | type 1 | innerpos 3 | FSTID 15
Multiple Choice Antwortoptionen (0=invalid, 1=valid)

Wie viel Zeit bleibt den Pflanzen in der polaren Zone zum Wachsen?

Bestimmt anhand des Klimadiagramms im Anhang die Vegetationszeit in Barrow (Alaska). Wenn ihr nicht wisst, wie das geht, schaut euch das Tutorial am Beispiel 'China' im Anhang an.

Antwortoptionen AID zu QID 116

AID	Beschriftung Auswahlbutton	valid
119	Hier können keine Pflanzen wachsen.	1
121	Die Pflanzen können von Juni bis August wachsen.	0
122	Es gibt keine Monate mit einer Temperatur über 5°C.	1
123	Pflanzen können nur von Juli bis Oktober wachsen, weil dann genug Niederschlag fällt.	0

Das zugehörige Klimadiagramm (vgl. Abb. 68) ist auf der Material-Seite mat/K2_5_Vegetationszeit.html eingebunden.

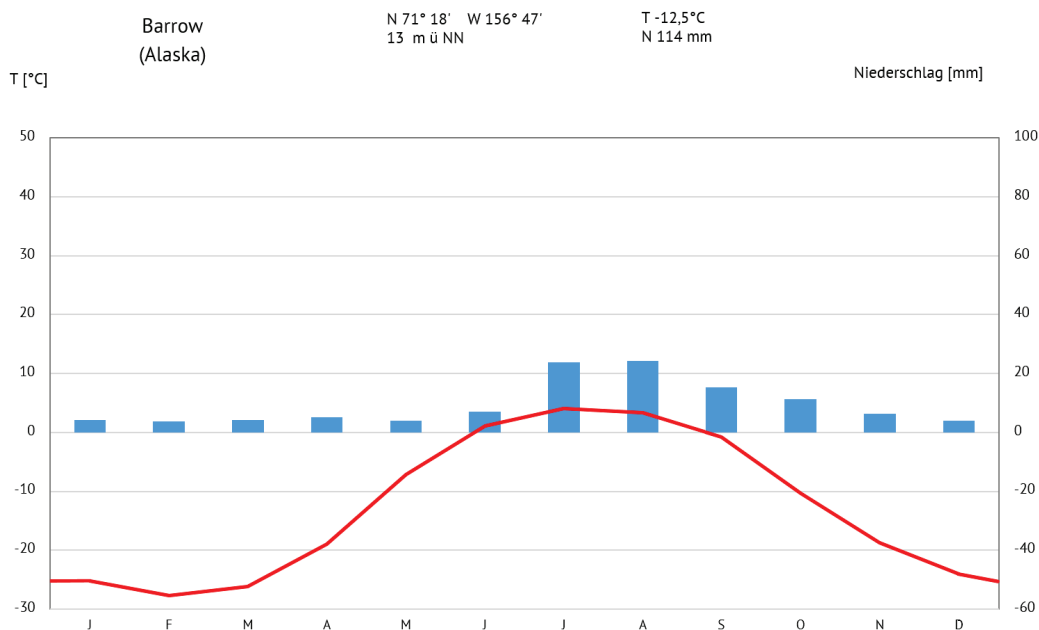


Abb. 68: Das in der Materialseite [mat/ K2_5_Vegetationszeit.html](mat/K2_5_Vegetationszeit.html) im Anhang eingebundene Klimadiagramm von Barrow (Alaska) (eigene Darstellung, Daten: DEUTSCHER WETTERDIENST).

Nach dem automatisierten Feedback erhalten die Lernenden über die Seite [Outro/K3 outro FSTID15 QID107.html](Outro/K3_outro_FSTID15_QID107.html) nähere Informationen zu der Art und Weise, wie Klimamesswerte standardisiert ermittelt werden.

Inhalt der Seite [outro/K3 outro FSTID15 QID107.html](outro/K3_outro_FSTID15_QID107.html)

Kältewüste Alaska?

Laut Klimadiagramm gibt es keinen Monat mit Temperaturen über 5°C, somit ist pflanzliches Wachstum hier nicht möglich. Das Department of Wildlife Management hat allerdings eine Liste von mehr als 90 Pflanzenarten veröffentlicht, die in der Gegend um Barrow wachsen. Wie passt das zusammen?

Klimadaten für Klimadiagramme werden überall auf der Welt nach gleichen Standards ermittelt. Nur so sind sie vergleichbar.

Die Messinstrumente waren früher in sog. Englische Hütten, heute sind die meteorologischen Messstationen kompakte Anlagen an einer Tragstütze.

Doch egal welche Bauweise und egal wo auf der Erde – überall gilt: gemessen wird in 2 m Höhe über dem Boden.



Englische Hütte (By Marek Argent [CC BY-SA 4.0], via Wikimedia Commons)

[Anm.: Die im Text erwähnte Artenliste von Barrow umfasst 93 Arten (DEPARTMENT OF WILDLIFE MANAGEMENT NORTH SLOPE BOROUGH o.A.; VILLARREAL et al. 2012)]

Nachfolgend wird der Fokus auf die mikroklimatischen Verhältnisse in Bodennähe gelenkt.

QID 117 | type 1 | innerpos 4 | FSTID 15
Multiple Choice Antwortoptionen (0=invalid, 1=valid)

Vergleicht anhand der Grafik im Anhang die Temperaturen in Bodennähe mit den Temperaturen in der Messhöhe der Wetterstationen im Winter und Sommer. Überlegt euch auch, welche Funktion die Schneedecke hat.

Wählt anschließend zutreffende Aussagen aus.

Antwortoptionen AID zu QID 117

AID	Beschriftung Auswahlbutton	valid
124	Die Temperaturen am Boden liegen um bis zu 10°C höher als in 2 m Höhe.	1
125	Im Winter schützt der Schnee die Pflanzen vor der tiefen Abkühlung.	1

126	Die Temperaturen am Boden liegen um bis zu 5°C höher als in 2 m Höhe.	0
127	Im Sommer erwärmt sich die bodennahe Luft stärker als in 2 m Höhe.	1
128	Im Sommer kühlt der Permafrostboden die bodennahe Luft stark ab.	0

Die Materialseite zu QID 117 mat/ K3_M3_Temperaturgradient.html enthält folgende Grafik (vgl. Abb. 69) zu den vertikale Temperaturgradienten in der Tundra von Barrow (Alaska).

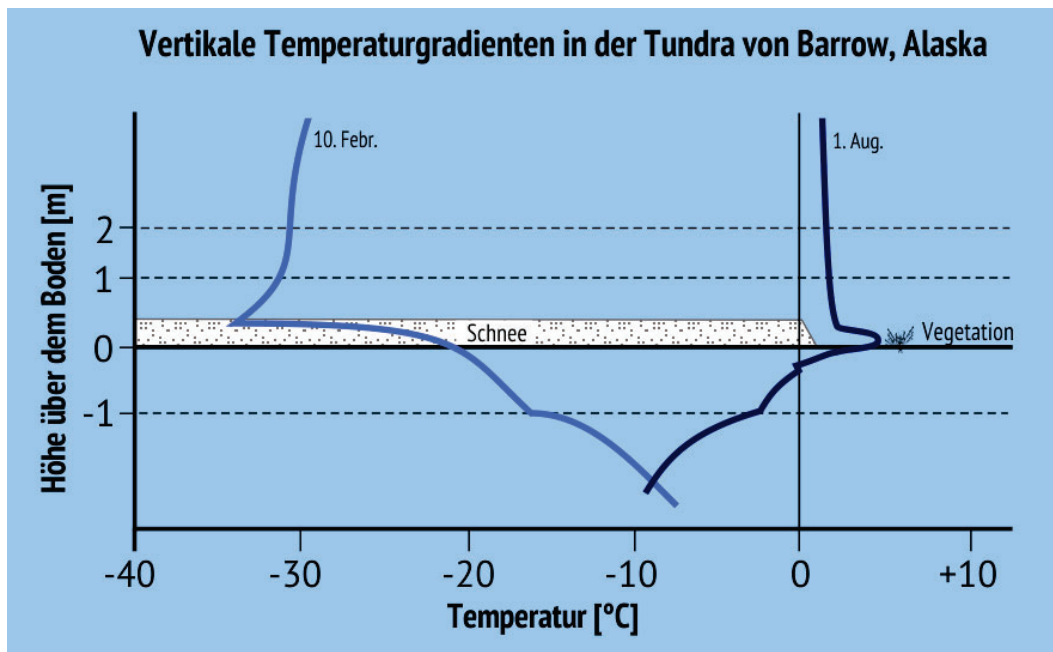
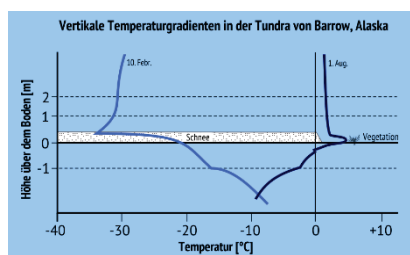


Abb. 69: In der Materialseite [K3_M3_Temperaturgradient.html](#) enthaltene Abbildung (eigene Darstellung nach Schultz 2000, 134).

Nach dem automatisierten Feedback erfolgt ergänzend eine Auflösung auf der Seite [outro/ K3 outro FSTID15 QID108.html](#), die die Grafik noch einmal enthält und detailliert die Situation im Winter und Sommer beschreibt. Abschließend leitet sie auf das Licht als weiteren Mangelfaktor über.

Inhalt der Seite [outro/K3 outro FSTID15 QID108.html](#)

Mikroklima



Im Winter schützt die Schneebedeckung Boden und Pflanzen vor der tiefen Abkühlung, wie sie in höheren Luftschichten stattfindet. Wegen der eingeschlossenen Luft kann Schnee nur in geringem Maße Wärme weiterleiten, weder nach oben, noch nach unten. Daher wirkt eine Schneebedeckung isolierend auf die Vegetation unter ihr und den Boden.

Im Sommer, nach der Schneeschmelze trifft die Sonnenstrahlung direkt auf die Bodenoberfläche. Die Luft erwärmt sich dort stärker als in der Höhe. Damit bekommt die Pflanzenwelt einen kräftigen Temperaturschub, die eigentliche Vegetationsperiode beginnt. Dieser Zeitpunkt kann kleinräumig bis zu mehreren Wochen variieren.

Somit ermöglichen mikroklimatische Bedingungen hier ein Pflanzenwachstum in Bodennähe, auch wenn das Klimadiagramm anderes vermuten lässt.

Schnee wirkt also isolierend auf Pflanzen, sie sind demnach etwas vor Kälte und eisigem Wind geschützt. Doch zum Überleben benötigen sie auch Licht. Wie das Leben unter Schnee möglich ist, werdet ihr nun erkunden.

Aus einem Diagramm ermitteln die SuS, welcher Wellenlängenbereich für die Fotosynthese genutzt werden kann. Die zugehörige Materialseite [mat/K3_M4_Spektralbereich.html](#) hält die Abbildung (vgl. Abb. 70) für QID 118 bereit. Die fotosynthetisch aktive Strahlung liegt in einem Wellenlängenbereich von 380 bis 710 nm. Dies entspricht in etwa dem Spektralbereich des sichtbaren Lichtes (380-780 nm) (STRASBURGER et al. 2014, 755).

QID 118 | type 1 | innerpos 5 | FSTID 15
Multiple Choice Antwortoptionen (0=invalid, 1=valid)

Ermittelt aus dem Diagramm im Anhang, welcher Wellenlängenbereich für die Fotosynthese genutzt werden kann.

Antwortoptionen AID zu QID 118

AID	Beschriftung Auswahlbutton	valid
129	Die Fotosynthese benötigt UV-Licht.	0
130	Der Wirkungsbereich der Fotosynthese ist in etwa gleich mit dem Spektrum des sichtbaren Lichtes.	1
131	Fotosynthese läuft zwischen 380-710 nm ab.	1
132	Die Fotosynthese läuft auch im Infrarotbereich ab.	0

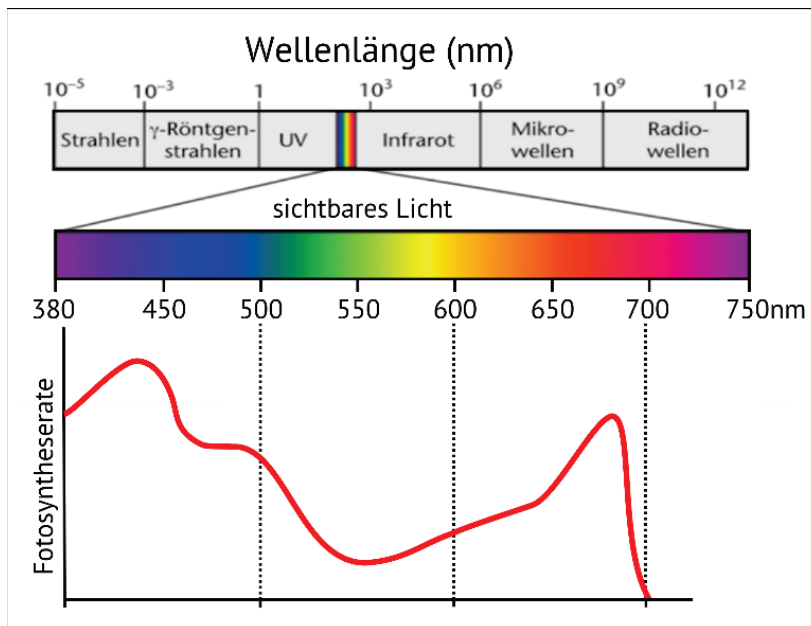


Abb. 70: Auf der Materialseite mat/K3_M4_Spektralbereich.html eingebundene Grafik zum fotosynthetisch nutzbaren Spektralbereich des Lichtes (eigene Darstellung erweitert nach STRASBURGER et al. 2014, 755).

Anschließend werden die Strahlungsverhältnisse thematisiert, um herauszuarbeiten, dass die Lichtverfügbarkeit begrenzt ist.

QID 120 | type 2 | innerpos 6 | FSTID 15

Wie sieht es nun mit den Lichtverhältnissen unter Schnee aus?

Beschreibt anhand der Abbildung im Anhang, welche Auswirkungen die Schneedecke auf den Strahlungshaushalt hat.

Die zugehörige Materialseite mat/K3_M5_Albedo.html enthält folgende Abb. 71 zum Strahlungshaushalt, aus der die Unterschiede des Reflexionsverhaltens von mit Vegetation bzw. Schnee bedeckter Tundrenlandschaft hervorgehen.

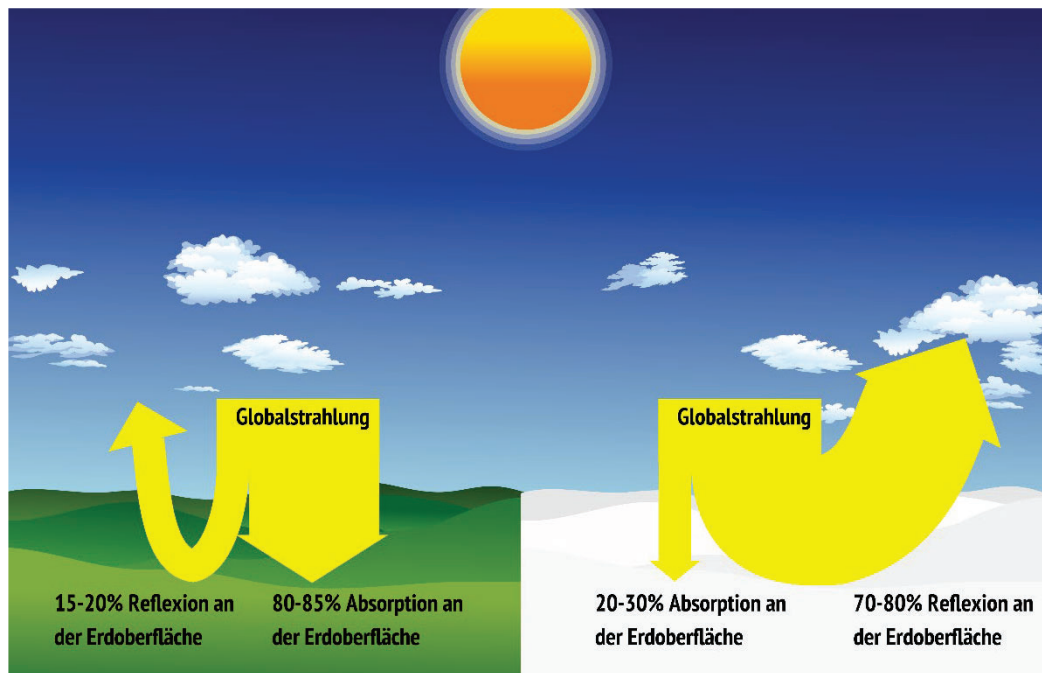


Abb. 71: In Materialseite [mat/K3_M5_Albedo.html](#) eingebettete Strahlungshaushalt im System Atmosphäre - Erdoberfläche: Vergleich der Rückstrahlung der Tundrenvegetation und der Schneedecke (eigene Darstellung nach Angaben in KAPPAS 2009, 81).

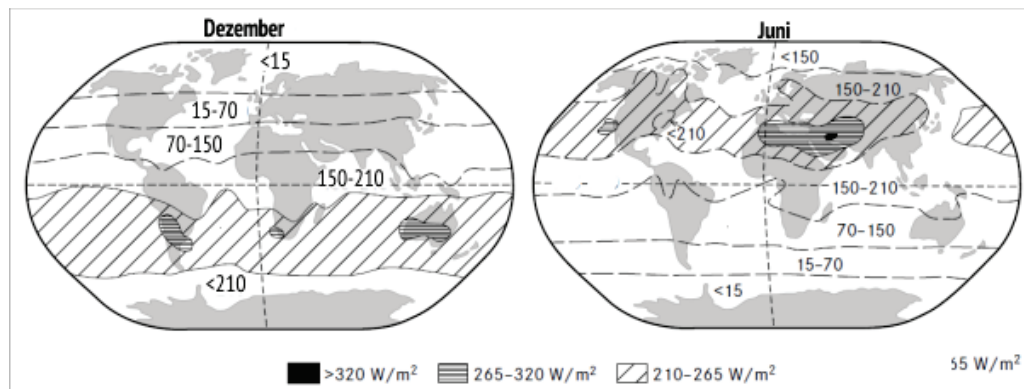
Die anschließende outro-Seite [outro/K3 outro FSTID15 QID110.html](#) enthält die Lösung und bietet eine zusätzliche Grafik zum globalen Vergleich. Sie stellt ferner die Auswirkungen der unterschiedlichen Albedo-Verhältnisse in Kontext zu den Herausforderungen für die Pflanzenwelt.

Inhalt der Seite [outro/ K3 outro FSTID15 QID110.html](#)

Mikroklima

Wie ihr auf der unten Abbildung sehen könnt, kommt global gesehen in den höheren Breiten aufgrund des längeren Strahlungsweges generell nur wenig Globalstrahlung an.

Der Vergleich von Tundrenvegetation mit und ohne Schneedecke in eurer Aufgabe eben zeigte, dass von dem geringen Strahlungsanteil, der im Winter ankommt nur ca. 20 % den Pflanzen für die Fotosynthese zur Verfügung stehen. Eine echte Herausforderung...



Monatsmittel der Globalstrahlung im Dezember und Juni (Einheit: W/m^2)

[Anm.: Grafik „Monatsmittel der Globalstrahlung im Dezember und Juni (Einheit: W/m^2)“ aus KAPPAS 2009, 90]

Mit der Betrachtung der regional saisonal variierenden und globalen Strahlungsverhältnisse wurden die Herausforderung der ungünstigen Strahlungsverhältnisse thematisiert. Nachfolgend wird der Fokus anhand der Seite [intro/K3 FSTID15 QID111.html](#) auf die Bedingungen für das Leben unter Schneebedeckung gelenkt.

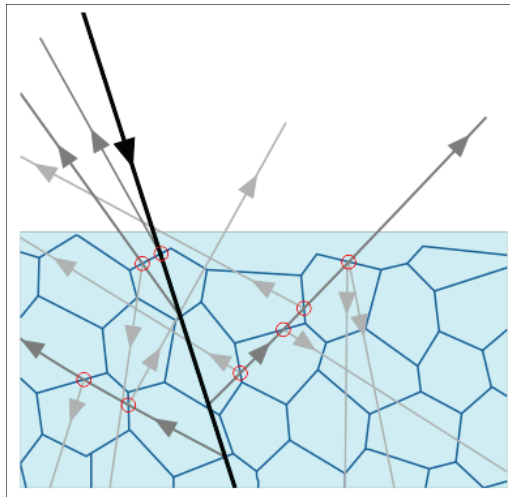
Inhalt der Seite [intro/K3 FSTID15 QID111.html](#)

Strahlung unter Schnee

Zum einen hilft die Reflexion des Lichtes im Schnee: Ein Teil der Strahlung kann durch Transmission weiter in tiefer gelegene Schichten der Schneedecke gelangen.

Durch die kristalline Struktur und durch die vielen Übergänge von Eis zu im Schnee eingeschlossener Luft kommt es zur Streuung bzw. Reflexion der Strahlung, aber auch zur Absorption in tieferen Schichten. In einer Schneedecke kann kurzwellige Strahlung noch bis zu einem Meter nachgewiesen werden.

Die Strahlung wird von den Pflanzen stärker absorbiert als vom Schnee. Diese erwärmen sich daher und bringen den Schnee um sie herum geringfügig zum Abschmelzen. Der entstehende Hohlraum schafft so ein günstiges Mikroklima wie in einem Gewächshaus. So können sie schon vor dem Abtauen der Schneedecke Fotosynthese betreiben. Sie können sogar schon Blätter ausbilden, auch wenn der Boden noch gefroren ist und die Wurzeln daher noch keine Nährstoffe aufnehmen können.



Reflexion und Transmission des einfallenden Lichtes im Schnee.

[Anm.: Grafik „Reflexion und Transmission des einfallenden Lichtes im Schnee“, eigene Darstellung]

Abschließend wird als Pflanzenvertreter der Kalten Zone, die sich an das Leben unter Schnee angepasst haben, die Heidelbeere eingeführt. Es kann davon ausgegangen werden, dass die SuS diese zwar nicht unbedingt als Pflanze aus dem Alltag kennen, jedoch sind ihnen die Früchte sicherlich bekannt.

QID 121 | type 1 | innerpos 7 | FSTID 15
Multiple Choice Antwortoptionen (0=invalid, 1=valid)

Eine Pflanze, die ihr sicherlich kennt, kommt auch in der Tundra vor: die Heidelbeere. Schaut sie euch auf dem Bild im Anhang an. Beschreibt zunächst ihre Anpassung an eisige Temperaturen.

Antwortoptionen AID zu QID 121

AID	Beschriftung Auswahlbutton	valid
133	Die Heidelbeere wirft im Winter ihre Blätter ab.	1
134	Sie überwintert mit Knospen.	1
135	Sie ist auch im Winter voll belaubt, um das wenige Licht zu nutzen.	0

Die zugehörige Materialseite mat/K3_M6_Heidelbeere.html zeigt ein Foto (vgl. Abb. 72) einer Heidelbeere, die die Schneedecke durchbricht. Die Überwinterungsstrategie des Laubabwurfes und die Knospen sind zu erkennen.



Abb. 72: In Materialseite [mat/ K3_M6_Heidelbeere.html](#) eingebettetes Foto einer Heidelbeere (eigene Aufnahme, Februar 2018)

Nun soll der Blick auf die Sprossachse gelenkt werden, denn sie ist auch im Winter grün und ermöglicht damit Fotosynthese, auch unter einer Schneebedeckung.

QID 122 | type 2 | innerpos 8 | FSTID 15

Schaut euch das Bild im Anhang noch einmal an. Welche Farbe hat die Sprossachse?

Auf der nachfolgenden Seite [outro/K3 outro FSTID15 QID112.html](#) erscheint dann die Auflösung. Die SuS sollen anschließend eine Hypothese aufstellen, wie der Gasaustausch ohne Blätter und damit ohne Stomata funktionieren könnte. Diese Hypothese könnte lauten: Die Heidelbeere besitzt in ihrer Sprossachse Öffnungen mit denen sie Fotosynthese betreiben kann.

Inhalt der Seite [outro/K3 outro FSTID15 QID112.html](#)

Grüne Sprossachse?

Nicht nur Blätter sind zur Fotosynthese fähig: auch das grüne Rindenparenchym mancher Pflanzen enthält Chloroplasten, die Fotosynthese somit auch in der Sprossachse ermöglichen. Die Heidelbeere kann also mit ihrer grünen Sprossachse auch unter der Schneedecke Fotosynthese betreiben.

Doch dabei entsteht Wasserdampf der nach außen abgegeben werden muss, zudem muss die Pflanze auch CO_2 aufnehmen. Wie funktioniert der Gasaustausch ohne Blätter und damit ohne Stomata?

QID 123 | type 2 | innerpos 9| FSTID 15

Stellt eine Hypothese auf, wie der Gasaustausch ohne Blätter und damit ohne Stomata funktionieren könnte.

Die Auflösung wird in der Seite outro/K3 outro FSTID15 QID113.html angezeigt.

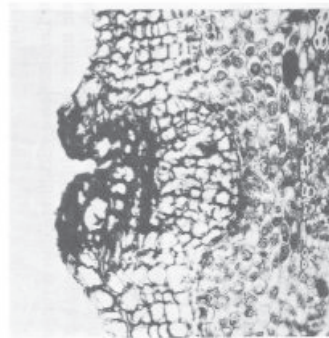
Inhalt der Seite outro/K3 outro FSTID15 QID113.html

Atmung ohne Blattöffnungen?

Der Gasaustausch geschieht in den Blättern über regulierbare Spaltöffnungen (Stomata). In verkorktem Gewebe wie der Sprossachsen und Zweige über Porensysteme, die Lentizellen. Diese sind ein lockerer Verbund abgerundeter Korkzellen, zwischen denen Wasserdampf, Sauerstoff und Kohlenstoffdioxid diffundieren können. Sie können jedoch nicht aktiv geöffnet und geschlossen werden.

An ihrer Oberfläche sind die Korkporen mit Wachskristallen besetzt, sodass auch bei Dauerregen nicht mit Wasser volllaufen und den Gasaustausch aufrechterhalten.

Lentizellen sind „Wunden“ in der Epidermis: Durch Aufreißen der obersten Zellschicht entstehen Öffnungen, unter den sich abgestorbene Korkzellen befinden. Durch diese Korkzellen wird der Gasaustausch zwischen der Umgebungsluft und dem lebenden Gewebe unterhalb der Lentizelle ermöglicht.



Mikroskopaufnahme einer Lentizelle (120x)

[Anm.: Grafik „Mikroskopaufnahme einer Lentizelle (120x)“ aus NULTSCH & RÜFFER 1993]

Pflanzen haben also Strategien entwickelt, um unter Schnee und bei ungünstigen Strahlungsverhältnissen Fotosynthese zu betreiben. Abschließend wird der Faktor Temperatur wieder in den Vordergrund gestellt und der Versuch wieder in den Fokus gerückt.

QID 125 | type 1 | innerpos 10| FSTID 15

Multiple Choice Antwortoptionen (0=invalid, 1=valid)

Nun zu eurem Versuch: Hat auch das gelöste Bonbon im kalten Wasser mittlerweile die Kreismarkierung erreicht?

Antwortoptionen AID zu QID 125

AID	Beschriftung Auswahlbutton	valid
136	ja	1
137	nein	1

Die Zusammenfassung der Inhalte erscheint anschließend auf der Seite [outro/K3 outro FSTID15 QID114.html](#):

Inhalt der Seite [outro/K3 outro FSTID15 QID113.html](#)

Die Pflanzen in der polaren Zone kämpfen also nicht nur gegen schwierige Lichtverhältnisse und müssen sich an Frost anpassen.

Die niedrige Temperatur wirkt sich auch auf den Stoffwechsel aus, Enzymreaktionen und Diffusion laufen nur langsam ab.

Als Sicherung wird der Protokollbogen als Foto hochgeladen.

QID 124 | type 3 | innerpos 11 | FSTID 15

Fotografiert nun euren Protokollbogen zusammen mit den Petrischalen und dokumentiert so euren Nachweis, dass die Diffusion von Kohlenstoffdioxid stark temperaturabhängig ist.

Station K4

Die Station K4 der Kalten Zone hat primär geographische Inhalte. Sie thematisiert die Folgen des Klimawandels auf den Permafrostboden.

Aufhänger ist das mysteriöse Zustandekommen riesiger Krater mitten in der sibirischen Tundra. Dabei wird den SuS die Hypothese vorgegeben, dass diese durch Methanexplosionen entstanden. Das Methan soll dabei als Folge des Auftauens der Permafrostböden aus dem Boden aufsteigen. Im Folgenden gilt es in einem Versuch zu überprüfen, ob dies tatsächlich möglich ist. Für den Versuch wurden Erdportionen einige Tage zuvor mit einer wässrigen Lösung aus ätherischen Ölen getränkt und portionsweise eingefroren. Das ätherische Öl repräsentiert das Methangas. Die Erdprobe wird in einem Topf mit Wasser erwärmt, wobei darauf geachtet werden soll, dass das Wasser nicht kocht. Beim Auftauen entweichen die ätherischen Öle, wobei ein olfaktorischer Reiz gesetzt wird.

Material an der Station:

Material	Menge
Verlängerungskabel	1
Herdplatte	1
Topf	1
Isolierbox	1
Präparierte Bodenproben, gefroren	5-6
Flasche Wasser	1
Großer Abfalleimer	1
Warnschild wegen Hitze	1
Papiertücher	
Topfuntersetzer	1

Für Station K4 lassen sich folgende Lernziele formulieren:

Die SuS ordnen in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die gefrorene Erde, das umgebene Wasser und die Herdplatte (Versuchsgegenstände) der Realität zu, indem sie die Merkmale der Versuchsgegenstände in einen Zusammenhang mit der Natur und dem dargebotenen Video stellen.

Die SuS beschreiben in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit das Aufsteigen der ätherischen Öle, indem sie bei der Durchführung des Versuchs die Änderung in den olfaktorischen Reizen vergleichen.

Die SuS beschreiben in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit Auswirkungen des Auftauens der Permafrostböden auf bestimmte Bereiche (Architektur und Gebäude,

Seen und Gewässer, Trinkwasser, Meeresspiegel, Bodenplatten, Treibhauseffekt), indem sie Rückschlüsse aus dem Versuch auf die einzelnen Bereiche ziehen.

Das Auffinden der Station wird wieder über die Welcome-Seite mit entsprechendem Bildausschnitt ermöglicht.

Inhalt der Seite [welcome/K4_Welcome.html](#)

[Kalte Zone-Station K4](#)

[Geht weiter zur Station K4 in der kalten Zone hier in Kalthaus III!](#)



Station K4

Anschließend erscheint als Impuls zur Einführung ein Video, eingebettet in die Intro-Seite [intro/K4 FSTID16 QID 48.html](#). Es zeigt mysteriöse Krater mitten in der sibirischen Tundra und wirft die Hypothese auf, dass sie durch Methanexplosionen entstanden seien.

Inhalt der Seite [intro/K4 FSTID16 QID 48.html](#):

[Welche Auswirkungen hat der Klimawandel auf die Permafrostböden?](#)

[Schaut euch zunächst das Video an!](#)



Ob die Erwärmung der Erdtemperatur für das Entstehen der Krater verantwortlich sein kann und welche Auswirkungen die Methanfreisetzung für die Erde hat, werdet ihr in dieser Station behandeln. Dazu führt ihr einem Modellversuch durch, in dem ihr das Auftauen der Permafrostböden simuliert.

[Anm.: Video: NAUMENKO 2014]

Die Folgen der tauenden Böden werden in einem Modellversuch veranschaulicht. Als Permafrostboden liegt in einer Thermobox gefrorene ca. handtellergröße Erdportionen bereit. In der ersten Aufgabenstellung sind zunächst die Versuchsgegenstände (gefrorene Erde, umgebende Wasser, Herdplatte) der Realität zuzuordnen. Als Zuordnung wird im Erwartungshorizont festgelegt, dass die gefrorene Erde den Permafrostboden, das umgebende Wasser die umliegende Erde und die Herdplatte die Erderwärmung repräsentiert.

QID 48 | type 2 | innerpos 1 | FSTID 16

Um das Verständnis für den nun anstehenden Modellversuch zu erleichtern, ist es sinnvoll, erst die Versuchsgegenstände der Realität zuzuordnen.

Wofür steht die gefrorene Erde in dem Versuch?

QID 90 | type 2 | innerpos 2 | FSTID 16

Was repräsentiert das umgebende Wasser in dem Modellversuch?

QID 91 | type 2 | innerpos 3 | FSTID 16

Wofür steht die Herdplatte?

QID 92 | type 2 | innerpos 3 | FSTID 16

Der Erdklumpen wurde vor dem Einfrieren mit ätherischen Ölen versetzt. Was repräsentieren diese in dem Versuch?

Anschließend folgt die eigentliche Versuchsdurchführung. Diese Frage ist technisch als Multiple-Choice-Frage angelegt, das Beantworten der Frage wird somit durch die Auswahl der einzigen Option „Video ist fertig“ ermöglicht.

QID 51 | type 1 | innerpos 4 | FSTID 16

Führt den Versuch gemäß der Beschreibung im Anhang durch und erstellt eine Videodokumentation (Tutorial im Anhang) mit dem Tablet. Klickt dann auf den untenstehenden Button.

Antwortoptionen AID zu QID 51

AID	Beschriftung Auswahlbutton	valid
102	Video ist fertig!	1

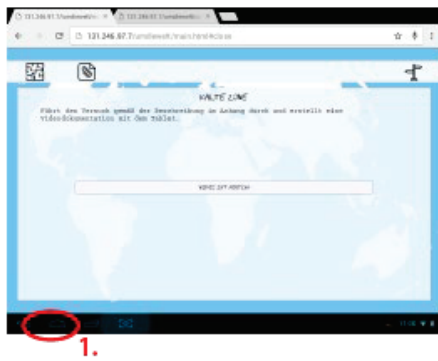
Die Seite mat/K4_3_VersuchsdurchfuehrungCH4.html enthält die zugehörige Versuchsanleitung.

Inhalt der Seite [mat/ K4_3_VersuchsdurchfuehrungCH4.html](mat/K4_3_VersuchsdurchfuehrungCH4.html)

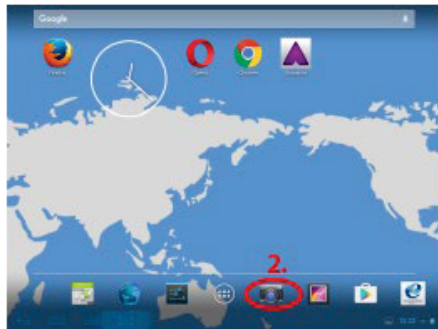
Versuchsdurchführung:

1. Befüllt den Topf ca. 2 cm hoch mit Wasser.
2. Entnimmt euch eine Portion gefrorenen Boden aus der Isolierbox, entfernt die Frischhaltefolie und legt den Boden in den Topf.
3. Schaltet die Herdplatte auf Stufe 4 und filmt 1,5 Minuten mit dem Tablet was passiert. Beobachtet genau was mit der Erdmasse passiert und achtet gleichzeitig auf eure Sinnesempfindungen! Achtung: das Wasser sollte nicht kochen und es sollten keine Blasen aufsteigen. Ist dies der Fall, reduziert die Hitze der Herdplatte.
4. Wenn die 1,5 Minuten abgelaufen sind, schaltet die Herdplatte ab.

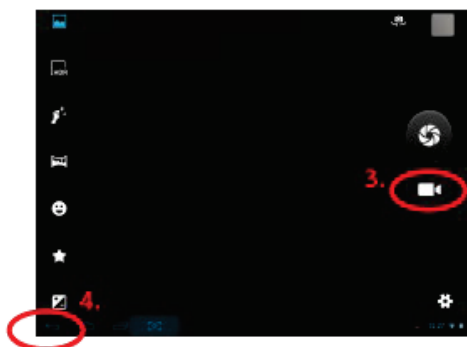
Auf einer weiteren Materialseite wird im Anhang auf der Seite [mat/K4 Filmtutorial.html](mat/K4_Filmtutorial.html) ein optionales Screenshot-Tutorial (vgl. Abb. 73) zum Erstellen des Videos mittels Tablet-PC angeboten.





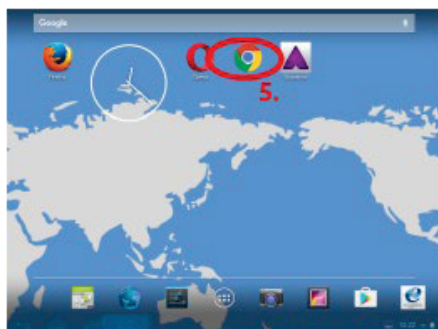
1. Lernsequenz verlassen:
Links unten Symbol  antippen.



2. Kamera in unterem Menüband auswählen.



3. Video mit Symbol  starten, filmen und stoppen.
4. Aufzeichnungsmodus verlassen über Symbol  links unten.



5. Zurück zu „In 80 Minuten um die Welt“ über Google Chrome.

Abb. 73: Das in der Materialseite [mat/mat/K4 Filmtutorial.html](https://mat/mat/K4Filmtutorial.html) eingebundene Screenshot-Tutorial erklärt die einzelnen Schritte zum Filmen mit dem Tablet-PC (eigene Darstellung).

Am Modellversuch können neben der Methanfreisetzung durch Beobachtung auch die Änderung der Viskosität der Bodenprobe beobachtet werden. Dadurch lassen sich weitere lokale und globale Folgen ableiten, auf die in einer Überleitungsseite [intro/ K4 FSTID16 QID 49.html](https://intro/K4FSTID16QID49.html) hingeführt wird.

Inhalt der Seite [intro/K4_FSTID16_QID_49.html](#)

Welche Auswirkungen hat der Klimawandel auf die Permafrostböden?

Wie ihr festgestellt habt, steigen mit steigender Temperatur die ätherischen Öle aus der gefrorenen Erde auf. Genauso verhält sich auch das Methangas, welches seit der Eiszeit im Permafrostboden eingefroren ist.

Methan ist ein starkes Treibhausgas. Somit wird das Auftauen der Permafrostböden vom lokalen Problem zum globalen Problem. Überlegt euch, welche lokalen und globalen Probleme durch das Auftauen der Permafrostböden entstehen könnten. Hierbei könnt ihr euch auf euer Video des Modellversuchs beziehen.

Beschreibt Auswirkungen für...

- Architektur und Gebäude
- Seen und Gewässer
- Trinkwasser
- Meeresspiegel
- Bodenplatten
- Treibhauseffekt

In der zugehörigen Frage sammeln die SuS lokale und globale Probleme, die durch das Auftauen der Permafrostböden entstehen könnten und beschreiben, welche Auswirkungen für ausgewählte Bereiche (Architektur und Gebäude, Seen und Gewässer, Trinkwasser, Meeresspiegel, Bodenplatten, Treibhauseffekt) entstehen. Diese Auswirkungen werden per Texteingabe notiert.

QID 49 | type 2 | innerpos 6 | FSTID 16

Beschreibt, welche lokalen und globalen Probleme durch das Auftauen der Permafrostböden entstehen könnten.

Zur Sicherung werden die von den SuS abgeleiteten Folgen mit einer Sammlung von globalen Auswirkungen verglichen, um die Verflechtung lokaler und globaler Folgen des Klimawandels zu veranschaulichen. Um eine Wiederholung der Textantwort zu QID 49 zu vermeiden wurde hier nur die Abfrage der Anzahl der vorher reflektierten Auswirkungen abgefragt.

QID 50 | type 2 | innerpos 7 | FSTID 16

Wie viele Folgen, die du aus deinen Beobachtungen ableiten konntest, findest du in der Abbildung im Anhang wieder?

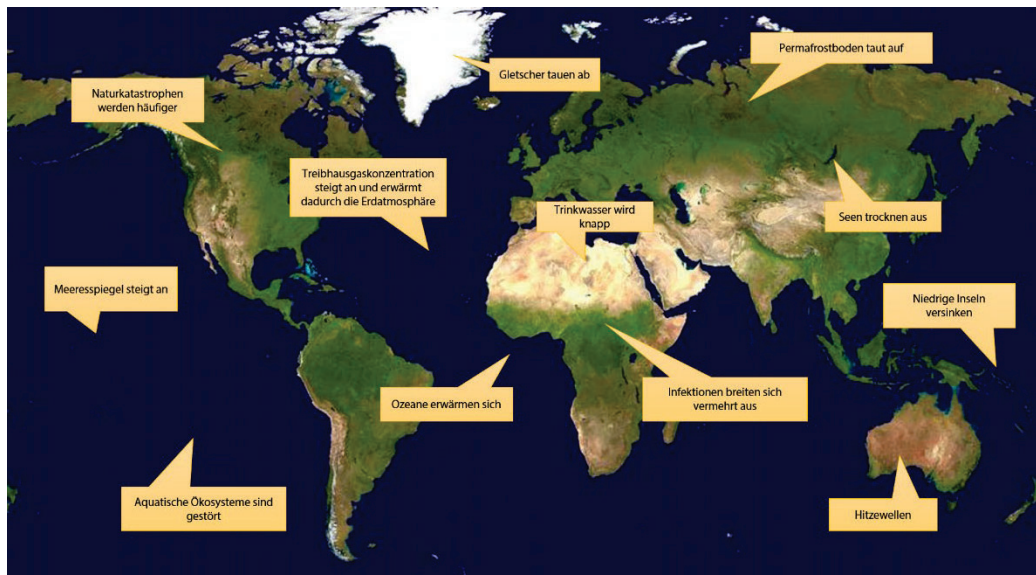
Die zugehörige Materialseite [mat/K4_6_Folgen_Auftauen_Permafrost.html](#) enthält eine Weltkarte, in der mittels Sprechblasen lokale Auswirkungen verortet sind. So zeigt beispielsweise die Sprechblase mit der Folge „Anstieg des

Meeresspiegels“ auf eine Küstenregion, da diese vor Überschwemmungen bedroht ist.

Inhalt der Seite mat/K4_6_Folgen_Auftauen_Permafrost.html

Welche Auswirkungen hat das Auftauen der Permafrostböden?

Um ein Bild vom Ausmaß des Auftauens der Permafrostböden zu erlangen, schaut euch nun diese Abbildung an.



Das könnte passieren, wenn der Permafrostboden auftaut...

Abschließend erfolgt über die Seite outro/K4_outro_FSTID_16_QID50.html der Aufruf zum Aufräumen mit Sicherheitshinweisen und dem Bild des Versuchsaufbaus aus der Welcome-Seite zur Orientierung, welche Zustand wiederherzustellen ist.

Inhalt der Seite outro/K4_outro_FSTID_16_QID50.html

Bitte aufräumen

Füllt nun den Inhalt des Topfes in den Eimer an eurem Platz. Achtung: der Topf und Inhalt könnten noch heiß sein!

Wischt den Topf mit Küchenpapier sauber.

6. Erprobung des Lernzirkels und Evaluation einer ausgewählten Station mittels Videographie

Die Erprobungsphase des Lernzirkels startete im Januar 2017 zeitgleich mit der Entwicklung der Videographie. Ziel war es, Schwachstellen der Lernsequenz zu identifizieren. Trotz eingegrenzter Zielgruppe auf Oberstufenschülerinnen und -schüler kann das Vorwissen dennoch variieren, sodass der Bedarf an Hilfestellungen bzw. Stellen, an denen Inhalte mittels Filterfragen in angemessener Tiefe dargestellt werden sollten, identifiziert werden. Die Erprobungsphase endete im Juni 2018, sodass die besucherstärksten Zeiträume vor den Zeugnisausgaben im Januar und Juni einbezogen werden konnten. Zudem war so ein Test bei winterlichen Temperaturen und hochsommerlichen Bedingungen möglich. Im Rahmen der arbeitsfeldübergreifenden Evaluation wurde ab Juni 2017 eine Pre-Post-Befragung durchgeführt, sodass auch Rahmendaten zu den Teilnehmenden erhoben werden konnten.

6.1. Erprobungsphase Januar 2017-Juni 2018

Die 414 Gäste in der Erprobungsphase kamen überwiegend in den Leistungskursen Biologie bzw. Erdkunde. Dabei nutzten die Gymnasien das Angebot eher mit den Erdkundekursen. Die Gesamtschulen dagegen besuchten den Lernzirkel meist mit ihren Biologiekursen (vgl. Tab. 6) und kamen auch häufiger mit mehreren Kursen; so kamen aus nur vier Gesamtschulen insgesamt zehn Kurse.

	Schulen	Kurse	MSS11	MSS12	Bio LK	Bio GK	EK LK	EK GK
GYM	8	14	7	7	3	0	9	2
IGS	4	10	0	9	6	2	2	0
Summe	12	23	7	16	9*	2	11*	2

Tab. 6: Übersicht über die Besuchergruppen nach Schulart (LK=Leistungskurs, GK=Grundkurs) in der Erprobungsphase Januar 2017 bis Juni 2018 [*ein Kurs aus einer Profilschule ist bei Kursen doppelt gezählt, da der Kurs sowohl Bio- als auch EK-LK hatte]

Entgegen der ersten Zielsetzung, ein Angebot für die Stadtschulen vor Ort zu entwickeln, sodass diese ohne großen organisatorischen Aufwand den Botanischen Garten besuchen können, zeigte sich ein anderes Bild. Von den Schulen in Kaiserslautern kam ein Gymnasium mit zwei Kursen einmalig. Eine IGS besuchte den Lernzirkel bereits mit fünf Kursen und integrierte diesen als festen Bestandteil in ihr Unterrichtskonzept. Auch für das Jahr 2019 liegen bereits weitere zehn Anfragen vor. Für ein Gymnasium aus Zweibrücken (fünf Kurse) ist das Angebot ebenfalls zum festen Bestandteil des Erdkundeunterrichtes geworden. Wie der Kartenausschnitt in Abb. 74 zeigt, kamen die Besucher überwiegend aus einem Umkreis, innerhalb dessen der außerschulische Lernort

binnen einer Stunde mit ÖPNV erreicht werden kann. Eine weitere Anreise nahm eine Schule aus Trier in Kauf.

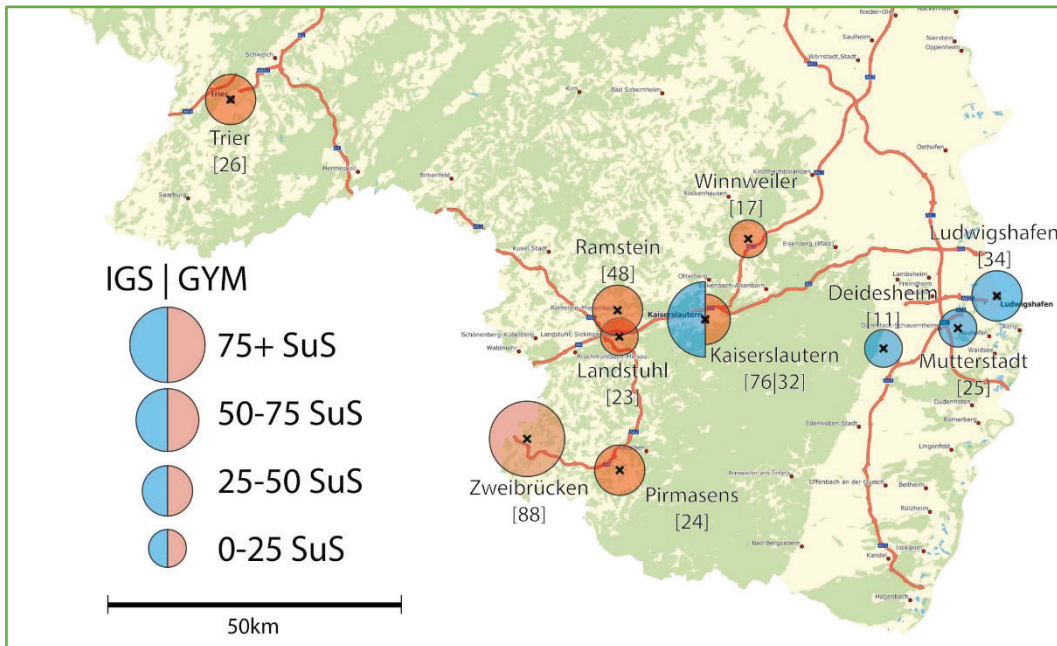


Abb. 74: Einzugsgebiet des Lernzirkels: Schulstandorte nach Schulart und Gästezahl Januar 2017 bis Juli 2018 (eigene Darstellung).

Durch die im Rahmen der arbeitsfeldübergreifenden Befragung erhobenen Daten können die SuS der Erprobungsphase, zumindest von Juni 2017 - Juni 2018, näher beschrieben werden. Das Geschlechterverhältnis war leicht zugunsten der weiblichen Gäste verschoben, wie Tab. 7 zeigt.

		Häufigkeit	Prozent [%]	Gültige Prozente [%]
Gültig	männlich	125	44,3	45,1
	weiblich	152	53,9	54,9
	Gesamt	277	98,2	100,0
Fehlend	keine Angabe	5	1,8	
Gesamt		282	100,0	

Tab. 7: Geschlechterverteilung der SuS der Erprobungsphase (eigene Darstellung aus SPSS)

Rund 70 % der Teilnehmenden hatten das Fach Erdkunde als Leistungskurs gewählt, nur 9,3 % hatten Erdkunde in der Oberstufe nicht belegt (vgl. Tab. 8).

Belegung des Faches Erdkunde: Ich habe das Fach Erdkunde derzeit...					
		Häufigkeit	Prozent [%]	Gültige Prozen-te [%]	Kumu-lierte Pro-zente [%]
Gültig	als Leistungskurs gewählt	181	64,2	69,9	69,9
	als Grundkurs gewählt	54	19,1	20,8	90,7
	abgewählt/nicht belegt	24	8,5	9,3	100,0
	Gesamt	259	91,8	100,0	
Fehl- lend	keine Angabe	7	2,5		
	Frage nicht gestellt	16	5,7		
	Gesamt	23	8,2		
Gesamt		282	100,0		

Tab. 8: Kursbelegung Erdkunde (eigene Darstellung aus SPSS)

Wie aus Tab. 9 hervorgeht, sind die schulischen Leistungen der Teilnehmenden im Fach Erdkunde, sowohl im Leistungs- als auch im Grundkurs, überwiegend im Bereich „gut“ bis „befriedigend“ verteilt.

Belegung des Faches Erdkunde: Ich habe das Fach Erdkunde derzeit... * Letzte Zeugnis-note Erdkunde/Gemeinschaftskunde Kreuztabelle						
	Letzte Zeugnisnote Erdkunde/Gemein-schaftskunde					Anzahl
	1	2	3	4	5	
als Leistungskurs gewählt	26 (15 %)	65 (39 %)	63 (38 %)	12 (7 %)	2 (1 %)	168
als Grundkurs gewählt	4 (9 %)	21 (49 %)	14 (33 %)	3 (7 %)	1 (2 %)	43
Anzahl	30	86	77	15	3	211

Tab. 9: Kreuztabelle Art der Kursbelegung des Faches Erdkunde X letzte Zeugnisnote (eigene Darstellung aus SPSS, verändert)

Das Fach Biologie hatten rund 64 % als Leistungskurs belegt, 14 % hatten in der Oberstufe Biologie nicht bzw. nicht mehr belegt (vgl. Tab. 10).

Belegung des Faches Biologie: Ich habe das Fach Biologie derzeit...					
		Häufigkeit	Prozent [%]	Gültige Prozenze [%]	Kumulierte Prozenze [%]
Gültig	als Leistungskurs gewählt	164	58,2	63,6	63,6
	als Grundkurs gewählt	58	20,6	22,5	86,0
	abgewählt/nicht belegt	36	12,8	14,0	100,0
	Gesamt	258	91,5	100,0	
Fehlend	keine Angabe	8	2,8		
	Frage nicht gestellt	16	5,7		
	Gesamt	24	8,5		
Gesamt		282	100,0		

Tab. 10: Kursbelegung Biologie (eigene Darstellung aus SPSS)

Im Fach Biologie weisen die Noten der Teilnehmenden im Leistungskurs eine breitere Streuung auf als die der Teilnehmenden, die Biologie im Grundkurs belegt hatten (vgl. Tab. 11).

Belegung des Faches Biologie: Ich habe das Fach Biologie derzeit... * Letzte Zeugnisnote Biologie Kreuztabelle						
	Letzte Zeugnisnote Biologie					Anzahl
	1	2	3	4	5	
als Leistungskurs gewählt	23 (14 %)	57 (36 %)	52 (33 %)	20 (13 %)	8 (5 %)	160
als Grundkurs gewählt	9 (16 %)	32 (55 %)	14 (24 %)	2 (3 %)	1 (2 %)	58
Anzahl	32	89	66	22	9	218

Tab. 11: Kreuztabelle Art der Kursbelegung des Faches Biologie X letzte Zeugnisnote (eigene Darstellung aus SPSS, verändert)

In Bezug auf die Medienverfügbarkeit lässt sich die Gruppe wie folgt beschreiben (vgl. Tabellen zu "Verfügbarkeit digitaler Medien", Anhang XI, S. A162). Rund 92 % (n=265) der SuS hatten einen PC bzw. ein Notebook, rund 56 % verfügten über einen Tablet-PC (n=233). Ein eigenes Smartphone besaßen 99,6 % der SuS (n=276). Dies deckt sich in etwa mit den Erhebungen der JIM-Studie 2017 (vgl. S. 3), lediglich der Tablet-Besitz liegt in der Besuchergruppe etwas höher, was sicherlich an der homogeneren Altersstruktur liegt.

Den Lernzirkel insgesamt fanden die Lerngruppen überwiegend als kognitiv weniger schwierig als Unterricht in der Schule, wie nachfolgende Abb. 75 zeigt.

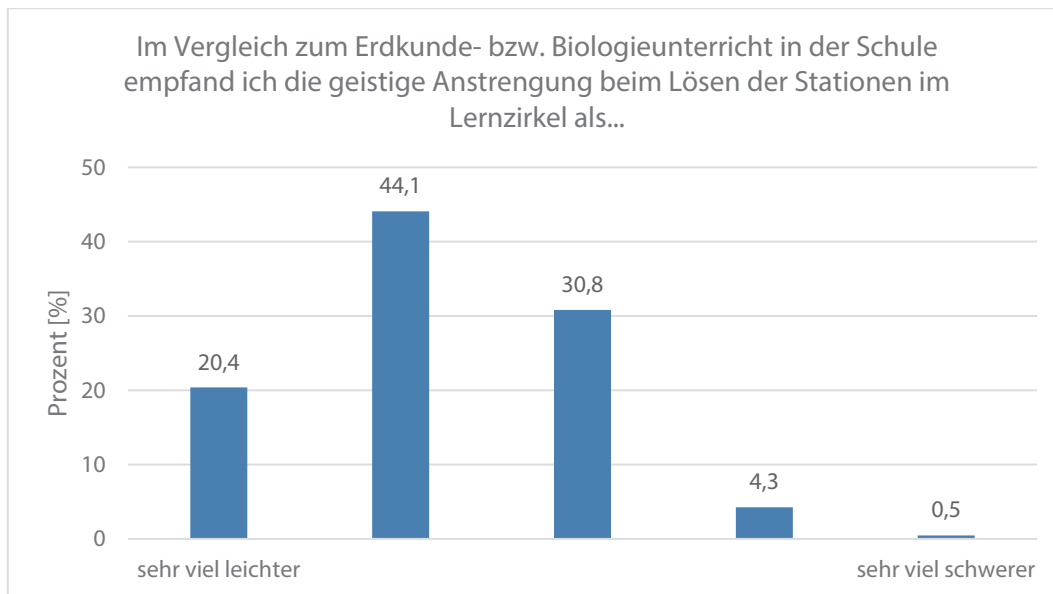


Abb. 75: Auswertung der Frage zur Bewertung der geistigen Anstrengung beim Bearbeiten des Lernzirkels (eigene Darstellung).

Die Lerngruppen wurde nach dem Durchlaufen des Lernzirkels gebeten, ein Feedback zu den bearbeiteten Stationen in Form einer Punktebewertung abzugeben. Dazu erhielten sie Klebepunkte mit ihrer Tablet-Gruppennummer, die sie in einem Koordinatensystem zu den jeweiligen Stationen anbringen konnten. Dabei repräsentierte die y-Achse des Koordinatensystems war die empfundene Schwierigkeit von „leicht“ bis „schwierig“, die x-Achse das Interesse an den Inhalten der Station von „uninteressant“ bis „interessant“. Beide Achsen waren gleich groß und dimensionslos. Für die Auswertung wurde die Achsenlänge als fünf Einheiten definiert, die Positionen der Punkte ausgemessen und in einen entsprechenden Zahlenwert übertragen. Das Ergebnis der Einschätzungen der Schülergruppen von Juni 2017 bis September 2018 zeigt nachfolgendes Diagramm (vgl. Abb. 76). Geringes Interesse weckten die Stationen T2 (MW = 1,9; n = 48 Gruppen) und G4 (MW = 1,7; n = 56 Gruppen), die überwiegend medial repräsentiert waren und keine direkte Schüleraktivität mit den Originalen boten. Sehr hohes Interesse konnten dagegen die aufeinander aufbauenden Stationen S3/S4 und G1/G2 generieren, die in der ersten Station (S3 und G1) Anpassungsstrategien vorstellten, für die die SuS dann Originale finden und mittels Fotosafari dokumentieren sollten. An der nachfolgenden Station (S4 und G2) wurde dann jeweils ein Schülerversuch angeboten. Während die Stationen durchschnittlich mit MW = 2,8 bewertet wurden, lag der Mittelwert bei der empfundenen Schwierigkeit mit MW = 1,3 deutlich niedriger. Dies mag zum einen daran liegen, dass die SuS ungern angeben wollten, dass sie große Schwierigkeiten hatten, zum anderen kann es auch an der Darstellungsweise der Abfrage liegen. Die Einschätzung der

Interessantheit waagerecht auf der x-Achse kann ggf. leichter gefallen sein als in gleichem Maßstab eine Abschätzung auf der vertikalen Achse. Als überdurchschnittlich schwierig empfanden die SuS den Versuch an Station K3 (MW = 2,2; n = 49 Gruppen), der die Wartezeit mit weiteren Fragen zu Herausforderungen an Pflanzen in der Kalten Zone überbrückt. Weiterhin als schwierig wird die auf reiner Kartenarbeit basierende Station G4 (MW = 2,1; n = 56 Gruppen) empfunden, die auch im Interesse kaum punkten konnte. Die ebenfalls rein medial repräsentierte Station T2 zur C3-/C4-Fotosynthese wurde ebenfalls als relativ schwierig eingestuft.

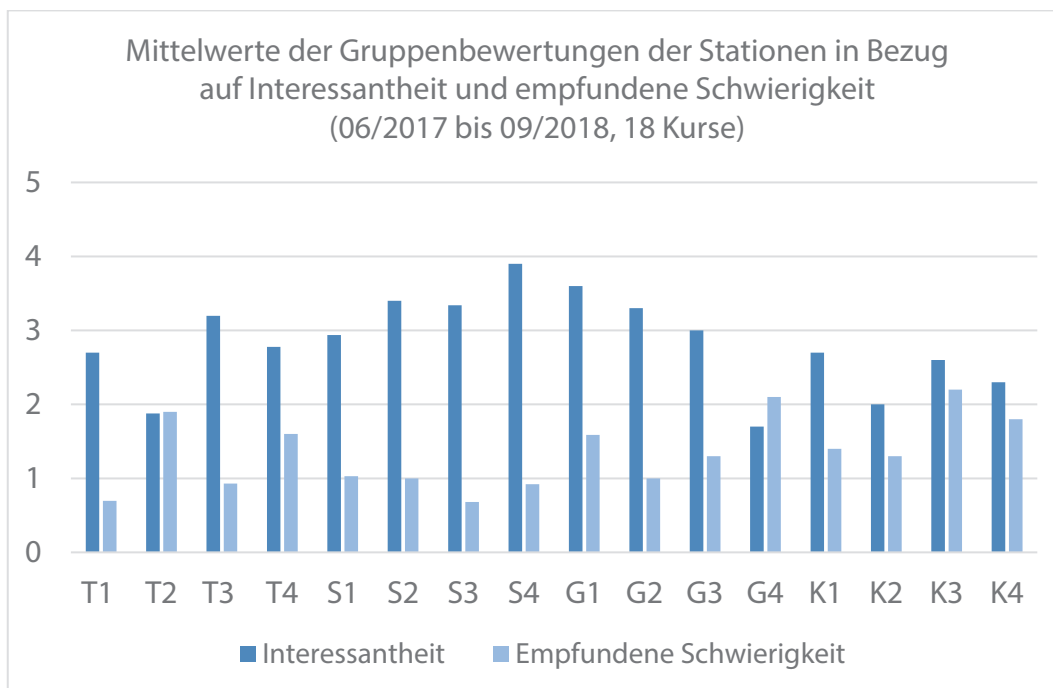


Abb. 76: Ergebnisse des Schülerfeedbacks in Form einer Punktebewertung zu den einzelnen Stationen (eigene Darstellung).

Um die Rahmenbedingungen in Bezug auf die Arbeitstemperatur in den Gewächshäusern zu beurteilen, wurden an einigen Besuchertagen auch Lufttemperaturmessungen in den Gewächshäusern durchgeführt. Nachfolgende Tabelle (vgl. Tab. 12) stellt die Bedingungen im Juni und Januar des Erprobungszeitraumes gegenüber. Die höchste gemessene Lufttemperatur lag am 22.06.2017 in den Kalthäusern II und III bei 32,8°C, die niedrigste Lufttemperatur am 22.01.2018 mit 15,4°C in Kalthaus I. Insgesamt kann den Gruppen, die im Juni unter extrem heißen Bedingungen gearbeitet hatten eine hohe Arbeitsbereitschaft zugesprochen werden, denn es gab keine Forderung nach Abbruch und Beschwerden. Selbst eine Gruppe, die während des Lernzirkels die Mitteilung erhielt, dass der Nachmittagsunterricht aufgrund der Hitze ausfällt, arbeiteten genauso eifrig weiter. Die Temperatur der

Tabletoberfläche an diesem Tag überschritt die 40°C-Marke; eine Action-Cam hatte eine Oberflächentemperatur von 44°C.

Datum Uhrzeit	21.06.17 11:00	22.06.17 11:00	26.06.17 11:00	22.01.18 10:00	23.01.18 12:00	19.02.18 11:30
Kalthaus I	30,2°C	32,4°C	29,2°C	15,4°C	17,1°C	17,3°C
Kalthaus II	30,7°C	32,8°C	27,1°C	17,2°C	16,1°C	17,6°C
Kalthaus III	27,5°C	32,8°C	27,8°C	16,0°C	16°C	18,4°C
Temp. Haus	31,7°C	33,2°C	30,2°C	17,9°C	18,6°C	19,3°C
Warmhaus	30,3°C	32°C	29,9°C	20,4°C	23,1°C	21,8°C

Tab. 12: Lufttemperatur in den Gewächshäusern an Besuchertagen im Juni und Januar (eigene Darstellung).

6.2. Zielsetzung der Videographie im Rahmen der Evaluation des Lernzirkels

Im Schulunterricht erfährt die Lehrperson direkt, wie der Unterricht auf die SuS wirkt. Sie kann beobachten, ob die Lernenden mitarbeiten, ob sie gelangweilt sind, oder an welchen Stellen Schwierigkeiten auftauchen. In mediengestützten Lernumgebungen ist es dagegen sehr viel schwieriger, das Lernmaterial an die Bedürfnisse der Lernenden anzupassen (KERRES 2018, 227). An einem außerschulischen Lernort kann das Lernangebot noch weniger individuell angepasst werden. Dennoch sollte das Angebot so gestaltet sein, dass es durchführbar ist. Der vorliegende Teil dieser Arbeit evaluiert weder den Lernerfolg noch den Lerntransfer. Gegenstand der Evaluierung ist der Lernprozess bzw. die Interaktionen der SuS im Sinne eines Usability-Testings. Alleine bezogen auf die Ebene der Software-Interaktion fordert (NIEGEMANN 2008, 448) Interaktionstest mit Nutzern: *„Softwarebenutzer verfügen über ein nahezu unerschöpfliches Potenzial, das Produkt falsch zu interpretieren und nicht in vorgesehener Weise zu benutzen. Deshalb sind Usability-Tests mit Nutzern zwingend erforderlich. Nur so ist es möglich, sich über die Arbeitsweise, die tatsächlichen Lernprozesse und Lernabläufe sowie Aufgaben der potenziellen Lernenden ein klares Bild zu verschaffen.“* Der Erfolg einer mobilen Lernumgebung wird maßgeblich beeinflusst von den technischen Einschränkungen durch das mobile Endgerät selbst und dem Erreichen einer hohen Nutzerzufriedenheit (KUMAR & MOHITE 2018, 2). Die Berücksichtigung der Usability stellt daher ein wesentliches Element bei der Entwicklung mobiler Lernumgebungen dar, denn eine zweckmäßig gestaltete Anwendung verhindert, dass sie zu kompliziert wirkt, um sie letztendlich auch zu nutzen. Usability-Testings für mobile Lernumgebungen ist ein sich rasch entwickelndes Forschungsfeld, das die Herausforderungen, die

sich die Einzigartigkeit mobiler Geräte wie die kleine Bildschirmgröße, begrenzte Eingabemöglichkeiten und dem wechselnden Kontext des Nutzers in den Blick nimmt. Studien belegen, dass kognitive Überlastung ein herausragender Aspekt der Usability darstellt (HARRISON et al. 2013, 1; ADAMS 2007).

Insbesondere aus mediendidaktischer Sicht sind die angebotenen Informationen, Arbeitsaufträge und Materialien dahingehend zu prüfen, ob die Lernenden diese verstehen und welche alternativen Möglichkeiten es gibt, Verständnisschwierigkeiten zu reduzieren. In diesem apersonalen, rein digital geführten Lernzirkel muss den Lernenden auch der Transfer von virtuell in der Web-App angebotenen Informationen mit den real vor Ort angebotenen Materialien (Originale und Versuchsmaterialien) gelingen. Daher sollen auch diese auf ihre Eignung geprüft werden, den Lernprozess zu unterstützen. Die extraneous Load – die sachfremde Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses durch lernirrelevante Aspekte – als beeinflussbarer Teil der Cognitive Load (vgl. S. 13) soll reduziert werden. Eine möglichst ganzheitliche Betrachtung und didaktische Verzahnung von virtuellen und physischen Lehr-Lernelementen wird angestrebt.

Lernen als individueller Prozess wird von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst. Hierzu gehören auch externe Störungen, Eignung der Arbeitsmaterialien und verwendeter Medien sowie der Zeitbedarf (GÖTZ & HÄFNER 2010, 142). Insbesondere dann, wenn ein erstes Lehr-Lernangebot in Form eines Prototyps fertiggestellt wurde, können Beobachtungen wertvollen Aufschluss darüber geben, welche Verbesserungsmöglichkeiten möglich sind bzw. wo die Lernenden Schwierigkeiten mit der Lernumgebung haben könnten (ZUMBACH 2010, 39). Dazu bietet sich die gestaltende bzw. formative Evaluation an, die darauf abzielt, die Intervention zu verbessern. Um dieser Optimierungsfunktion gerecht zu werden, werden insbesondere qualitative Methoden eingesetzt (DÖRING & BORTZ 2016, 990). Mit der formativen Evaluation sind alle Bewertungsprozesse adressiert, welche "form"enden Charakter auf den gesamten Instruktionsprozess haben. In der vorliegenden Arbeit wird dazu die Videoanalyse eingesetzt, um Schwachstellen und/oder Verbesserungsmöglichkeiten bei der Gestaltung der Lernumgebung zu identifizieren. Die Videostudie verfolgt demnach einen praxistheoretischen Zugang (DINKELAKER & HERRLE 2009, 11).

6.3. Exkurs: Entwicklung der Videographie im Kontext der Bildungsforschung

Die Entwicklung der Videographie in der Lehr-Lernforschung hat stark vom technischen Fortschritt profitiert. Neben der Entwicklung kleinerer, robuster und benutzerfreundlichen Kameratypen wie Actioncams spielt vor allem die enorm gestiegene Speicherkapazität bei den Filmaufnahmen selbst, vor allem aber bei der langfristigen Datenspeicherung, eine bedeutende Rolle (SEIDEL & THIEL 2017, 2).

Neben den technischen Möglichkeiten ist auch die Entwicklung von standardisierten Aufnahmeverfahren und eine Vielzahl von Auswertungsmethoden zu nennen, die Videostudien zu einem anerkannten Analysetool machten und einen neuen empirischen Zugang zur Erforschung von Lehr-Lern-Interaktionen ermöglichten (DINKELAKER & HERRLE 2009, 8). Ein Meilenstein in der methodischen Entwicklung von Videostudien stellt die TIMMS-Videostudie von 1997 dar (vgl. STIGLER et al. 1999). Bei dieser international angelegten Studie zum Mathematikunterricht gelang es erstmalig, den Ansatz einer Survey-Studie auf den Bereich der Videostudien zu übertragen, indem Verfahrensschritte wie Stichprobenziehung, Datenerhebung und Datenauswertung standardisiert und systematisch eingesetzt wurden (vgl. PAULI & REUSSER 2006). Erstmals konnten so typische Lehr-Lernprozesse im deutschen, japanischen und US-amerikanischen Unterrichtspraxis verglichen werden (vgl. BAUMERT & LEHMANN 1997; KLIEME 2001; KLIEME et al. 1999). Auch vertiefende Analysen in der Fachdidaktik halfen, fachspezifische Besonderheiten herauszuarbeiten (vgl. DROLLINGER-VETTER 2011; LINSNER & WALKOWIAK, A. SANDMANN, A. NEUHAUS, B. 2007). Aufbauend auf dieser Studie wurden nachfolgend in unterschiedlichen Ländern und in unterschiedlichen Fächern Videosurveys durchgeführt, um so ein breiteres Grundlagenwissen zu Unterrichtsprozessen zu gewinnen (SEIDEL & THIEL 2017, 6). Exemplarisch aufgeführt seien hier neben weiteren Surveys in der Mathematik (vgl. LIPOWSKY et al. 2009; PAULI et al. 2008) auch Videostudien zum Englischunterricht (HELMKE et al. 2008), zum Biologieunterricht (LINSNER & WALKOWIAK, A. SANDMANN, A. NEUHAUS, B. 2007) sowie die IPN-Studie zur Physik (SEIDEL et al. 2007). Ergänzt wurden die Videosurveys nachfolgend im Rahmen von Mixed-Methods-Designs (vgl. GLÄSER-ZIKUDA 2012) zunehmend um weitere Erfassungsmethoden zu Innensicht der Lehrenden (z. B. Intention) sowie der Lernenden (z. B. empfundene Lernmotivation). Nicht zuletzt wurden auch den Zielsetzungen entsprechend Standards zu Stichprobenumfang und Auswertungsmethoden differenzierter entwickelt (SEIDEL & THIEL 2017, 6–7).

Gerade zur Erforschung von Schülervorstellung geographischer Sachverhalte aber auch zur Erforschung der Einstellung von Fachlehrkräften zu den Erfordernissen, die es braucht, um im Rahmen eines Conceptual Change eingefahrene Alltagsvorstellungen aufzulösen und diese zu korrigieren, postuliert Reinfried (2007, 27) Videostudien auch im Geographieunterricht. Bislang richtet sich der Einsatz von Unterrichtsaufzeichnungen in erster Linie auf Interaktionen zwischen Lehrperson und SuS, sowie der Lernenden untereinander. Weniger Aufmerksamkeit wird der Beziehung von Lernendem und Lerngegenstand in Form von Originalen entgegengebracht (ASBRAND et al. 2013).

Forschungsbedarf sieht Hemmer (2015, 208) *"u.a. im Bereich einer differenzierten subjektbezogenen Erforschung ausgewählter Lern- und Unterrichtsprozesse (z. B. mittels Videoanalysen) sowie im Bereich der Evaluations- und Implementationsforschung"*.

6.4. Konzeption des Auswertungsdesigns in Anlehnung an die Mensch-Computer-Interaktionsforschung

Der Umgang mit dem Tablet-PC oder mit Apps kann frustrierend sein. So gibt manch einer nicht gerne längere Texte auf einer Touchscreen-Tastatur ein. Auch die kleinere Displaygröße im Vergleich zu Desktop-Computern kann eine Einschränkung sein. Dies führt unter Umständen auch dazu, dass dieselbe Aufgabe auf einem mobilen Endgerät als weitaus komplexer empfunden wird als auf einem Desktop-PC (GERLICHER & JORDINE 2018, 163).

Um die Stimmigkeit des Konzeptes im Detail zu überprüfen wurde auf Kriterien aus der HCI-Forschung zurückgegriffen. Der Forschungszweig Human-Computer-Interaction (Mensch-Computer-Interaktion) betreibt Interaktionsforschung zwischen menschlichen Handlungen mit dem Computer und in Bezug der Reaktionen des Computers auf dessen Handlungen (NIEGEMANN 2008, 277).

Nur wenn u.a. Orientierungs-, Navigations- und Interaktionselemente so gestaltet wurden, dass sie den Lernprozess unterstützen, können Frustrationserlebnisse verhindert werden. Um eine adäquate Gestaltung von multimedialen Angeboten zu untersuchen, setzt die HCI-Forschung die formative Evaluation bestimmter Merkmale eines multimedialen Lernangebotes während der Produktentwicklungsphase, von der Konzeptions- bis hin zur Nutzungsphase der multimedialen Lernumgebung ein. Die Usability wird getestet (ebd., 420).

Die International Organization for Standardization (ISO) und das Deutsche Institut für Normung (DIN) definieren Usability folgendermaßen:

*„[Usability ist] das Ausmaß, in dem ein Produkt durch bestimmte Benutzer in einem bestimmten Nutzungskontext genutzt werden kann, um bestimmte Ziele effektiv, effizient und mit Zufriedenheit zu erreichen“
(DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG 2011, 38).*

Usability, im Deutschen oft als Gebrauchstauglichkeit bezeichnet, ist demzufolge ein Konstrukt, das darauf abzielt, inwiefern ein Produkt in seiner Handhabung zu den Bedürfnissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten seiner Benutzer passt. Usability-Tests zielen darauf ab, Usability-Probleme zu identifizieren und zeitgleich Nutzerverhalten zu analysieren, um beim Re-Design eher auf die Bedürfnisse des Nutzers einzugehen.

6.4.1. Komponenten der Usability und deren Messmöglichkeiten in der HCI-Forschung: Effektivität – Effizienz – Zufriedenheit

Mit der Effektivität wird beschrieben, inwiefern der Lernende aufgrund der Gestaltung des Lernangebotes sein Arbeitsziel genau und vollständig erreichen kann. Gemessen wird hier, inwiefern die Ziele vollständig und in welcher Qualität erreicht wurden; dies wird oft auch über Selbsteinschätzungen ermittelt. Kontextualisiert wird der Grad der Zielerreichung mit dem Abgleich, welche und wie viele relevante Informationen aufgerufen wurden, sowie welche und wie viele potenziell relevante Informationen nicht genutzt wurden (NIEGEMANN 2008, 425).

Die Effizienz beurteilt das Verhältnis von Ressourcen zum Ergebnis. Zu den Ressourcen werden in diesem Kontext Anstrengung, aber auch Aufrechterhaltung der Motivation gesehen. Sie wird in der HCI i.d.R. über die Zeit ermittelt. Effizienz entspricht dabei dem Prozentsatz, in welcher Zeit mit welcher Qualität gelernt wurde (ebd., 425–426).

Ein/e Lernende/r ist dann zufrieden, wenn die Erwartungen erfüllt wurden und die Arbeitsprozesse ohne Beeinträchtigung ausgeführt werden konnten. Als Möglichkeiten der Messung der Zufriedenheit in der HCI-Forschung werden u.a. qualitative Herangehensweisen wie Befragungen oder Beobachtungen und Auszählung spontaner positiver (Verwunderung, Überraschung) oder negativer Äußerungen (Verzweiflung, Frustration) herangezogen (ebd., 426).

Für Usability-Messungen stehen grundsätzlich zwei Ansätze zur Verfügung. Zum einen subjektive Einschätzungen der Nutzer, die mittels Interviews oder Fragebögen erhoben werden können. Zum anderen werden auch objektive

Beobachtungen herangezogen, entweder direkt an Personen in der Interaktion mit der Aufgabe oder durch Videoaufzeichnungen. Durch eine Integration subjektiver und objektiver Methoden können Erkenntnisse gewonnen werden, um nicht nur die Performanz, sondern auch die User experience zu optimieren (DÖRING et al. 2015, 204).

6.4.2. Adaption des Usability-Konstruktes zur Evaluation des Lernangebotes

In der Lehr-Lernforschung wird Effektivität einer Lernumgebung häufig mit Lernzuwachs gleichgesetzt und auch der Output der gesamten Intervention betrachtet. Die Zielsetzung dieser Arbeit ist jedoch in erster Linie die Produktoptimierung nach dem Prinzip der Schülerorientierung. Daher wird die Effektivität in diesem Kontext auf die einzelnen Arbeitsschritte heruntergebrochen und beschrieben, inwiefern die Lernenden aufgrund der Gestaltung des Lernangebotes ihre Arbeitsaufträge durchführen können. Dabei werden unter „Gestaltung des Lernangebotes“ nicht nur die multimedialen Arbeitsmaterialien, sondern auch die Materialien vor Ort (Originale und Versuchsaufbauten) verstanden. Der Grad der Zielerfüllung kann anhand der in den Lernzielen formulierten Performanz anhand der Videoaufzeichnungen und ggf. Schülerantworten beobachtet werden. Hemmnisse werden sowohl auf Seite der Lernenden (Schülerfehlvorstellungen bzw. -fehleistungen) als auch auf Seite des Lehr-Lern-Angebotes dokumentiert. Eine Differenzierung des hier verwendeten Verständnisses von Effektivität sowie die Ansätze zu deren Beschreibung zeigt nachfolgende Abb. 77.



Abb. 77: Parameter der Erhebung im Rahmen des adaptierten Usability-Tests im Kontext Effektivität

So sollen die beispielsweise Kriterien der Web-App zum einen als Software näher betrachtet werden. Finden die SuS sich mit der Navigation zurecht? Ist die Nutzung der Eingabemodi selbsterklärend? Zum anderen wird die Verständlichkeit der Instruktionen der App als Lernmedium überprüft. Das Verhalten und Äußerungen der Nutzer auf den Videoaufzeichnungen sowie die Schülerantworten in der Datenbank können Hinweise auf Schwachstellen liefern.

Die Effizienz könnte ggf. wie im Kontext der HCI-Forschung als Verhältnis von Zeit zu Qualität des Ergebnisses des Arbeitsauftrages zum Ausdruck kommen. Jedoch widerspricht dies der Grundintention, keinen Druck auf die Lernenden auszuüben und Zeit und Raum für eigene Entdeckungen und Pausen zu ermöglichen. Daher wird hierauf verzichtet.

Dem Faktor Zeit ist dennoch nicht uninteressant, denn es gilt zu ermitteln, inwiefern das Zeitkonzept von ca. 10 min pro Station der wirklichen Bearbeitungsdauer entspricht.

Der Forderung nach Zufriedenheit (Satisfaction) als Teil des Usability-Konstruktes nach ISO 9241-11 (ebd., 213) wurde zum einen durch Selbstauskunft mittels Fragebogen zum anderen auch durch beobachtbares Verhalten im Rahmen der Videographie erfasst.

Das emotionale Erleben beim Durchlaufen des Lernzirkels wurde mittels Selbsteinschätzung anhand eines Fragebogens ermittelt, der für die Lernumgebung angepasste Konstrukten des Intrinsic Motivation Inventory (IMI) (SELFDETERMINATIONTHEORY.ORG 2018) - Interesse/Lernfreude und Wert/Nützlichkeit enthielt. Im IMI-Fragebogen bildet insbesondere die Subskala Interesse/Lernfreude die intrinsische Motivation ab. Die Items des IMI-Fragebogen wurden von McAuley, Duncan und Tammen mittels konfirmatorischer Faktorenanalyse validiert (MCAULEY et al. 1989). Das Auftreten negativer Emotionen wurde mittels des Konstruktes Frustration anhand der Items nach Wegner et al. erhoben, welches in einer ersten Erhebung mit Cronbach's α (T1) von .75 und zu einem weiteren Zeitpunkt mit Cronbach's α (T2) von .82 zufriedenstellend validiert wurde (WEGNER et al. 2013, 49). Die SuS ordnetet ihre Meinung zu den einzelnen Items mittels einer siebenstufigen Likert-Skala zwischen den Polen „stimme voll und ganz zu“ (=1) bis „stimme überhaupt nicht zu“ (=7) ein (vgl. Fragebögen im Anhang II und III, S. A41 und A42).

Wie nachfolgende Tab. 13 zeigt, fanden die Aktivitäten im Lernzirkel positiven Zuspruch.

	N	Mittelwert	Std.-Abweichung
Der Lernzirkel heute hat mir sehr viel Spaß gemacht.	207	2,93	1,569
Ich fand die Aktivitäten nicht langweilig. [r]	210	2,93	1,746
Bei den Aktivitäten heute war ich aufmerksam. [r]	209	3,18	1,925
Ich würde die Aktivitäten im Lernzirkel heute als sehr interessant beschreiben.	211	2,78	1,519
Ich finde die Stationen heute waren sehr unterhaltsam.	210	3,05	1,369
Gültige Werte (Listenweise)	205		

Tab. 13: Ergebnisse der Fragebogenerhebung zum Konstrukt Interesse/Lernfreude; mit [r] gekennzeichnete Items wurden invers erhoben (eigene Darstellung aus SPSS).

In Bezug auf die wahrgenommene Wertigkeit bzw. Nützlichkeit der Themen stellt sich ein differenzierteres Bild dar, wie Tab. 14 zeigt. Für das direkte Verständnis von Anpassungen von Pflanzen an Klimafaktoren wurde der Lernzirkel besser bewertet als für die daraus resultierenden Überlegungen zu Zukunftsperspektiven.

	N	Mittelwert	Std.-Abweichung
Ich denke, dieser Lernzirkel ist nützlich, um das Interesse an Pflanzen zu wecken. [r]	208	3,12	2,029
Ich denke, dieser Lernzirkel ist nützlich, um Zusammenspiel zwischen Klima und Pflanzen besser zu verstehen.	210	2,65	1,798
Ich denke, an dem Lernzirkel mitzumachen ist wichtig, weil er die Notwendigkeit von Anpassungsstrategien an das Klima deutlich macht.	209	3,27	1,577
Ich denke, der Lernzirkel konnte mir helfen, die Auswirkungen des Klimawandels auf die Vegetation besser zu bewerten.	209	3,11	1,610
Gültige Werte (Listenweise)	208		

Tab. 14: Ergebnisse der Fragebogenerhebung zum Konstrukt Wert/Nützlichkeit; mit [r] gekennzeichnete Items wurden invers erhoben (eigene Darstellung aus SPSS).

Die Bewertung der Items zum Konstrukt Frustration in Tab. 15 zeigt, dass die SuS die Inhalte der Station ohne diese negative Lernemotion erlebten.

	N	Mittelwert	Std.-Abweichung
Ich wusste nicht, was ich mit den Arbeitsaufträgen anfangen sollte.	209	5,09	1,880
Ich wusste an den Stationen nicht, was Sache ist.	209	5,11	1,948

Im gesamten Lernzirkel habe ich so wenig verstanden, dass es mich genervt hat.	210	5,26	2,022
Gültige Werte (Listenweise)	208		

Tab. 15: Ergebnisse der Fragebogenerhebung zum Konstrukt Frustration (eigene Darstellung aus SPSS).

Als User experience kann das Konstrukt Zufriedenheit auch in der Videographie beobachtet werden. Ziel ist es, dass die Lernenden möglichst frustfrei an ihrer Aufgabe arbeiten können. An beobachtbaren Indizien zu Lernemotionen finden folgende Äußerungen Berücksichtigung, wie der Auszug aus dem Codebuch in Abb. 78 verdeutlicht. An positiven Emotionen werden Stellen identifiziert, an denen die SuS Freude oder Begeisterung zeigen. An negativen Emotionen werden Stellen markiert, die Ermüdung oder Frustration bzw. Überforderung nahelegen.

User experience

beschreibt Verhalten oder Äußerungen der SuS in Bezug auf ihre Lernemotionen (Frustration, Lernfreude (inhaltsbezogen), Spaß an der gebotenen Aktivität)

Freude
markiert Stellen, an denen sich SuS über positives Feedback freuen (z. B. nach MC-Lösung).

Begeisterung/positives Erstaunen
wird codiert, wenn das Verhalten der SuS Begeisterung oder positives Erstaunen ausdrückt (Gestik, Mimik) oder auch verbalisiert wird.
- Phasen werden codiert und szenisch beschrieben, d. h. zum Verständnis der Textpassage ggf. vorher Vorgefallenes kurz beschrieben, um den Kontext deutlich zu machen.
- Wortäußerungen bzw. Dialoge sind verbal zu transkribieren
Ankerbeispiel: Phase 4_24012018_Tablet 3, #00:02:37.2#-#00:02:44.6#
S2: „Kältetoleranz -20 bis -196 °C. Wie krass ist denn das?! (...) das ist ein Scherz.“
(beim Vorlesen der niedrigsten Temperatur wird seine Stimme laut und spiegelt Unglaube wider). S2 hält den Tablet-PC nun in die Mitte, damit alle diese für ihn erstaunliche Zahl sehen können.

Ermüdung
wird markiert bei verbalen Äußerungen zur Langeweile und Ermüdung, bei Ermüdung auch Gähnen

Frustration/Überforderung
wird markiert, wenn Frustration verbal geäußert wird und/oder Gestik/Mimik diese Interpretation nahelegen.

Abb. 78: Auszug aus dem Codebuch: Der Obercode User experience wurde mit den positiven Konnotationen Freude und Begeisterung/positives Erstaunen markiert bzw. codiert; negative Emotionen wie Frustration/Überforderung und Ermüdung wurden markiert.

6.4.3. Erkenntnisse für weitere Forschungen

Da im Rahmen des DBR-Ansatzes (vgl. Kap. 2) neben der Entwicklung einer Lernumgebung auch Erkenntnisse für weitere Theoriebildung oder Forschung erwartet werden, kann diese Studie einen Beitrag leisten, indem sie auftauchende Schülerfehlvorstellungen bzw. –fehlleistungen beschreibt. Unter Schülervorstellungen sind individuelle Denkmuster von SuS zu verstehen. Sie beruhen oft auf Alltagserfahrungen oder aus Informationen aus dem sozialen Umfeld. Sie entstehen auf deren Basis durch individuelle kognitive Konstruktionsprozesse und können daher stark von fachlichen Vorstellungen abweichen (REINFRIED 2015, 64; ebda. 2007; ebda. 2010; ebda. 2016). Da Schülermerkmale nicht als statisches Charakteristikum zu verstehen sind, besteht fortlaufendes Forschungsinteresse zu diesen sich ändernden Merkmalen sowie Schülerfehlvorstellungen gerade im Kontext zu gesellschaftlichen Prozessen und Themen.

Seit den 1990er Jahren findet im Zuge der verstärkten Schülerorientierung eine Erforschung der Alltagsvorstellungen von Lernenden statt. Oftmals wirken sich fehlerhafte Alltagstheorien z. B. zum Klimawandel lernhemmend im Unterricht aus und lassen sich nur schwer korrigieren. Im Rahmen der Conceptual-Change-Forschung ist es daher relevant, Fehlvorstellungen zu eruieren, um diese dann didaktisch zu rekonstruieren (BUDKE & KANWISCHER 2015, 55; REINFRIED et al. 2013). Gerade zur Erforschung von Schülervorstellung zu geographischen Sachverhalten aber auch zur Erforschung von Einstellung von Fachlehrkräften zu den Erfordernissen, die es braucht, um im Rahmen eines Conceptual Change eingefahrene Alltagsvorstellungen aufzulösen und diese zu korrigieren, postuliert Reinfried (2007, 27) Videostudien im Geographieunterricht.

Auch Hinweise auf Fehlleistungen im Umgang mit den Versuchsmaterialien können vorkommen. Zudem könnten Transkripte und verfremdete graphische Darstellung ausgewählter Szenen als Text-Bild-Vignetten in der Lehramtsausbildung in den beteiligten Fachdidaktiken zum Einsatz kommen.

6.5. Planung der Videoaufzeichnung und Kameraskript

In der Erprobungsphase von Januar 2017 bis Juni 2018 wurden an ausgewählten Stationen Videoaufzeichnungen angefertigt, um das Instruktionsdesign nach dem Prinzip der Schülerorientierung zu überprüfen und Schwachstellen zu identifizieren.

6.5.1. Datenschutzrechtliche Genehmigungen

Zur Vorbereitung der Videoaufzeichnungen gehörten in erster Linie die datenschutzrechtlichen Genehmigungen. Diese waren zunächst in Abstimmung mit dem Datenschutzbeauftragten des Landes Rheinland-Pfalz sowie der Aufsichts- und Dienstleistungsdirektion (ADD) als Schulaufsichtsbehörde zu klären und die entsprechenden Genehmigungen einzuholen. In einem weiteren Schritt wurden entsprechende Informationen und Einverständniserklärungen für Schulleitung, sowie die Schüler/innen und Erziehungsberechtigte (vgl. Anhang IV, S. A44ff) erstellt. Diese wurden nach Terminvereinbarung an die Schulen geschickt (vgl. Liste der Schulen, Anhang V, S. A53). Die Informationspflicht erstreckte sich auch auf Besucher und Mitarbeiter, sodass diese jeweils mündlich zu den Aufzeichnungen informiert wurden.

6.5.2. Stationenauswahl

Es wurden zwei Gruppen von Stationen ausgewählt, um die Stimmigkeit des Grundkonzeptes zu überprüfen.

1. Stationen, die Experimente anbieten.
Hier wurde die Stationen S2, S4, G2 und K2 ausgewählt.
Die Auswahl wurde dann um im Lernzirkel vorangegangene oder nachfolgende Stationen erweitert, wenn diese inhaltlich miteinander verknüpft sind, um zu eruieren, ob der „rote Faden“ für die Lernenden auch nach Abschluss einer Station erkennbar bleibt. Daher wurden letztendlich an den Stationen S1-S2, S4, G1-G2, K1-K2 Aufnahmen gemacht.
2. Stationen, bei der die Interaktion mit dem Original direkt erfolgt. In Bezug auf den Erwerb von Primärerfahrungen durch die Auseinandersetzung mit dem Original ohne begleitende Lehrkraft erscheint es wertvoll zu klären, inwieweit Lernende diese erlangen und wie dies beschrieben werden kann.
Hierzu zählen, neben der oben bereits erwähnten Station G1, auch die Stationen T3 und T4. Prinzipiell stellt sich zunächst die Frage, was die SuS an den Stationen tun bzw. wie sie sich mit dem Original auseinandersetzen.

6.5.3. Kamertechnik und Aufnahmepositionen

An Kamertechnik konnte auf das Verleiheangebot der Veranstaltungstechnik der TU Kaiserslautern zurückgegriffen werden. Diese stellten professionelle Kameras mit Stativen zur Verfügung, die z. T. auch an externe Mikrophone angeschlossen werden konnten. Verwendete Kameramodelle waren:

- Canon HD CNOS

- JVC Cry-H100 E
- Panasonic HDC SD300
- Sony HDR-CX 320E

Zudem konnten drei Actioncams des Lehrgebietes Physische Geographie und Fachdidaktik eingesetzt werden.

Hier kamen folgende Modelle zum Einsatz:

- GoPro Hero4
- Kodak PixPro SP360
- Contour GPS Model 1405

Alle Aufnahmen wurden mit statischen Kameras analog zur Positionierung einer Klassenkamera bei Unterrichtsaufzeichnungen durchgeführt, sodass keine weitere Person die Interaktion der SuS stört (HUGENER & KLIEME 2006, 20). Bei einer solchen, nicht geführten Vorgehensweise besteht die Gefahr, dass die SuS nicht vollständig im Bildausschnitt erfasst werden. Daher wurden an Stationen mit Experimenten kleine Hocker platziert. So war den SuS ihre Platzierung vorgegeben und der Bildausschnitt konnte im Vorfeld festgelegt werden.

Generell war die Positionierung der Kameras eine Herausforderung. Der Einsatz der regulären Kameras war im Warmhaus aufgrund der hohen Luftfeuchte nicht möglich; hier kamen Actioncams zum Einsatz. Diese erfordern jedoch eine externe Tonaufzeichnung mittels MP3-Rekorder, welches wiederum eine aufwendige Nachbereitung in Bezug auf Schnitt und Synchronisation von Bild und Ton nach sich zieht.

Abb. 79 zeigt die Positionen der Kameras und der Stationen im Warmhaus. Aufgrund der Entfernung zwischen der Actioncam zu Station T4 wurde dort ein MP3-Rekorder eingesetzt.

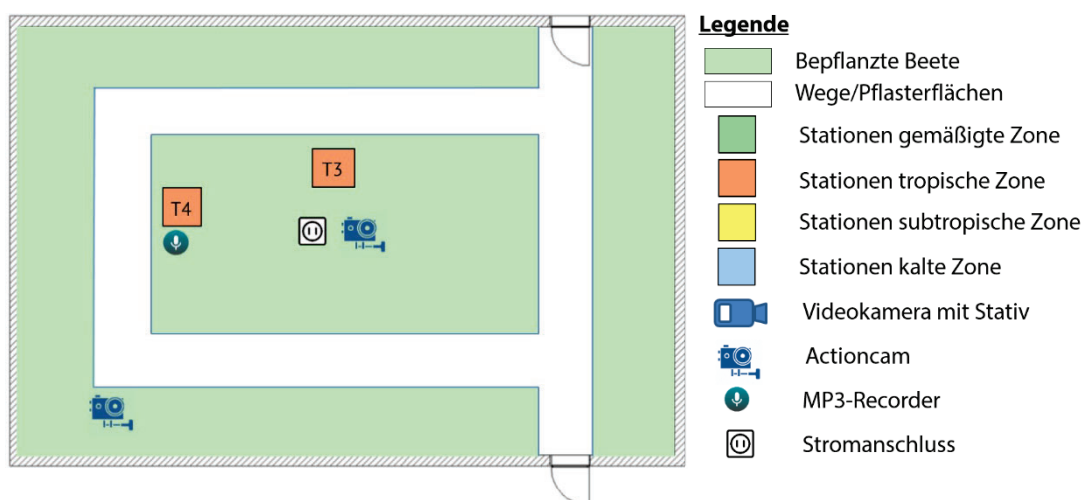


Abb. 79: Positionen der Actioncams im Warmhaus: Die Kameras wurden in den Beeten direkt an den Stationen aufgebaut (eigenen Darstellung).

Dagegen war das Aufstellen großer Kameras mit Stativ in Kalthaus III eher dynamisch und flexibel. Wie Abb. 80 zeigt, gibt es hier nur ein festes Beet; ansonsten ist Kalthaus III mit fahrbaren Pflanztischen im Jahrgang unterschiedlich bestückt. Die Positionen der Stationen und der Kameras konnte den Bedingungen vor Ort flexibel angepasst werden; auch die Stromversorgung war gewährleistet. Die blau gekennzeichneten Bereiche markieren hier die Spannbreite, in der die Stationen positioniert waren, nicht jedoch deren Ausdehnung.

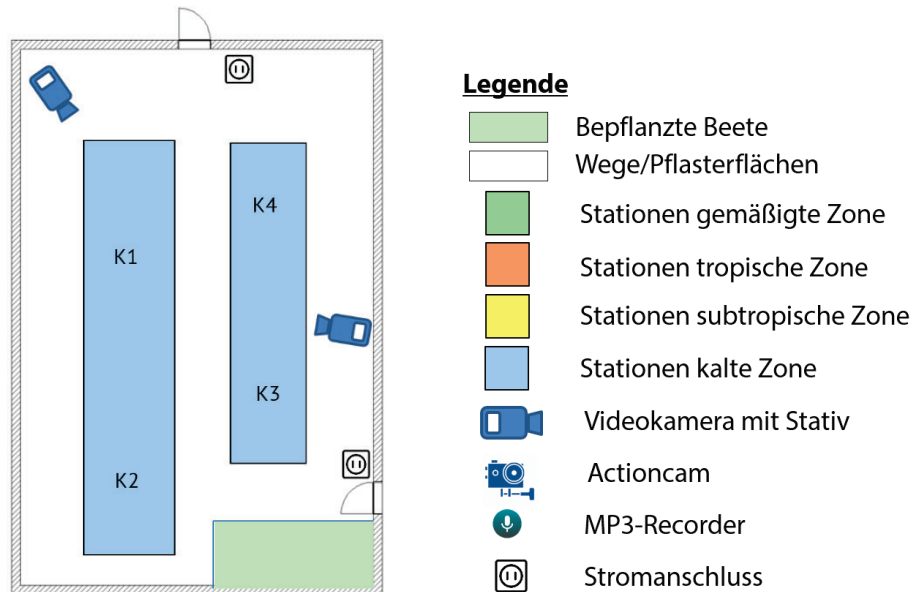


Abb. 80: Möglichkeiten der Kamerapositionen in Kalthaus III (eigene Darstellung).

Eine zu hohe Luftfeuchte im Kalthaus I, welche u.a. durch das Karnivorenbeet verursacht wurde (vgl. Abb. 81), resultierte in einem Ortswechsel der Stationen G1 und G2, da das Karnivorenbeet in das temperierte Haus verlegt wurde (vgl. Abb. 83). Daher sind die Aufnahmebedingungen nicht identisch.

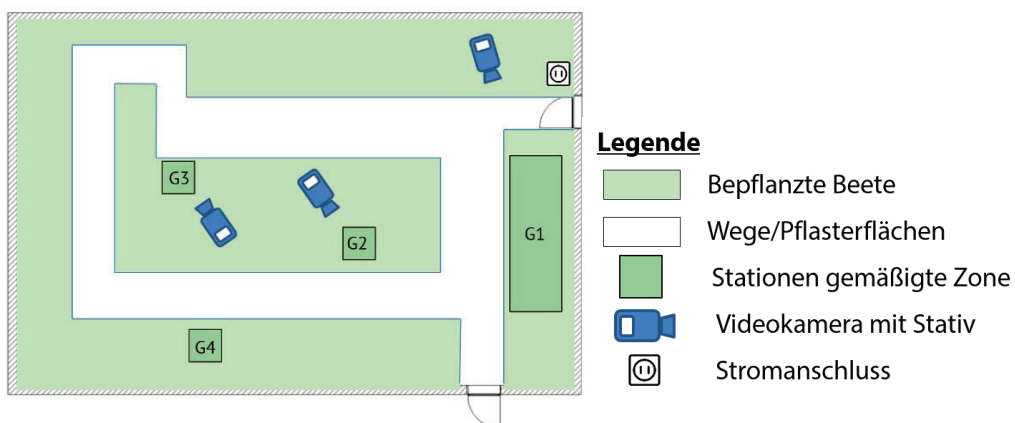


Abb. 81: Positionen der Stationen G1 und G2 sowie die zugehörigen Kameras in Kalthaus I vor der Umsiedlung (eigene Darstellung).

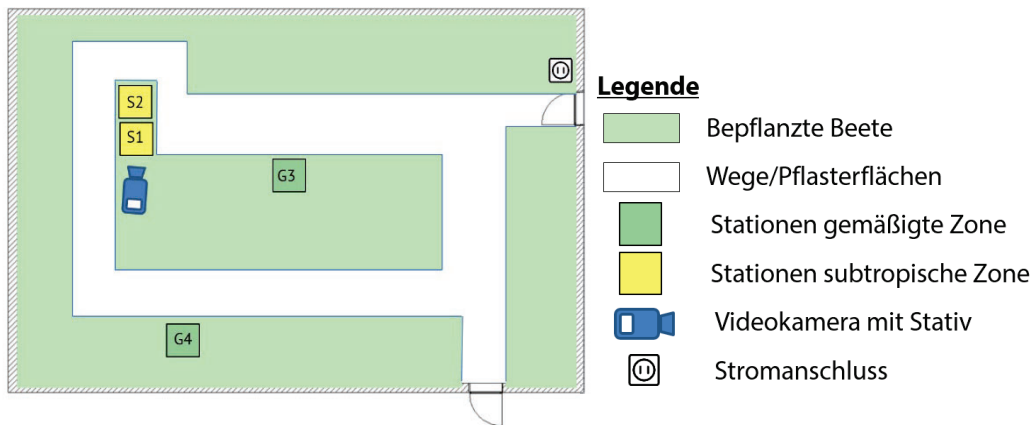


Abb. 82: Positionen der Stationen S1 und S2 nach der Umsiedlung ins Kalthaus I (eigene Darstellung)

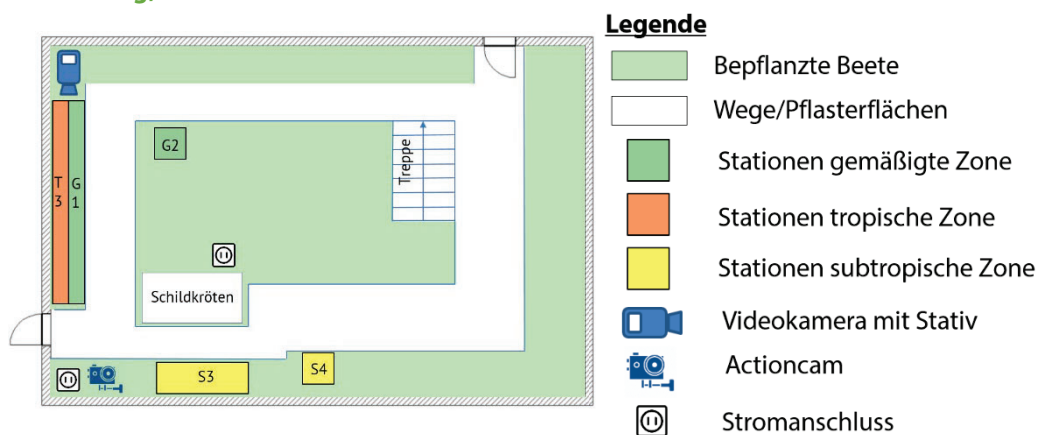


Abb. 83: Positionen der Stationen G1 und G2 sowie der Kameras nach der Umsiedlung des Karnivorenbeetes in das temperierte Haus (eigene Darstellung)

Im temperierten Haus wurden auch die Stationen S3, S4 und T3 gefilmt. Mit der Umsiedlung der Karnivoren mussten die Stationen S1 und S2 ins Kalthaus I ausweichen, da sich die Gruppen sonst gegenseitig behinderten (vgl. Abb. 81).

Vor der Umsiedlung gestaltete sich das Setting wie folgt (vgl. Abb. 84):

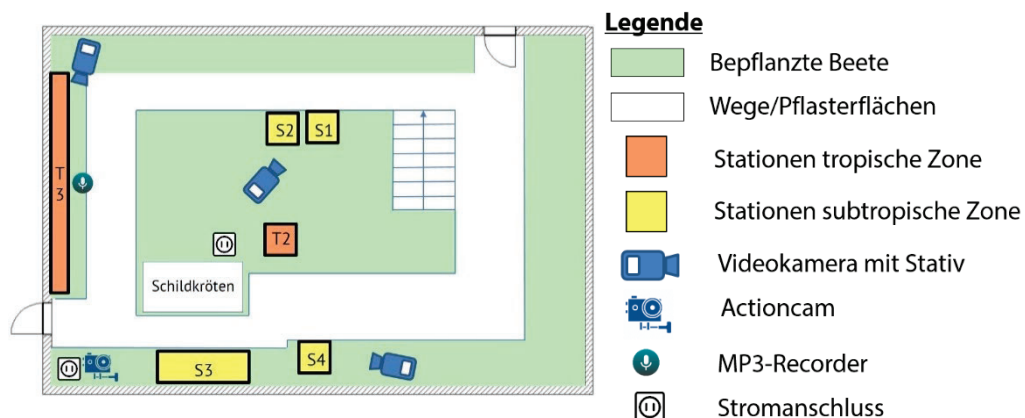


Abb. 84: Positionen der Stationen und Kameras im temperierten Haus vor der Umsiedlung von G1/G2 und S1/S3 (eigene Darstellung).

Im temperierten Haus gestaltete sich die Stromversorgung als schwierig; mittels Kabelbrücken wurden die Kameras angeschlossen. Die Bewuchsdichte machte insbesondere die Wahl einer geeigneten Position für Aufzeichnungen an T3 schwierig, wie Abb. 85 zeigt.



Abb. 85: Kameraposition an T3. Dichter Bewuchs erschwert die Positionierung und Ausrichtung der Kamera im Beet (eigene Darstellung, Februar 2017)

Zudem sind auf den Aufzeichnungen das Plätschern des Wasserlaufes am Schildkrötenteich als sehr störend wahrzunehmen. Je nach Gesprächslautstärke der Teilnehmenden können einige Clips nicht zur Auswertung herangezogen werden.

6.6. Sampling und Datenaufbereitung

Zu Beginn der Studie wurde von verhaltener Zustimmung zur Videographie ausgegangen, diese Annahme wurde jedoch nicht bestätigt. Von 161 Lerngruppen haben 140 ihre Zustimmung zur Videographie gegeben. Aufgrund der Datenmenge konzentriert sich der Forschungsfokus dieser Arbeit auf die ausführliche Darstellung der Entwicklung der Station K1. Anhand dieser wurde das Codebuch entwickelt. Ebenso erfuhr diese Station im Zuge des iterativen Entwicklungsprozesses mehrfach ein Re-Design. Die einzelnen Entwicklungsphasen der Station wurden schließlich mit dem finalen Codebuch erneut codiert. Die Erkenntnisse aus der Videographie an Station K1 und deren Übertragung auf andere Stationen wird somit als Beleg für die Entwicklung des Gesamtkonzeptes nach dem Prinzip der Schülerorientierung verstanden.

Die Videos wurden mit dem Videobearbeitungsprogramm „Shotcut“ geschnitten und aufbereitet. Gelegentlich wurde die Tonspur mit dem

Programm „Audacity“ von Störgeräuschen befreit und mit dem Videobearbeitungsprogramm wieder eingefügt. Die einzelnen Videoclips wurden auf einer externen Festplatte gespeichert. Die Auswertung erfolgt mit der Software MaxQDA (Version 2018).

6.7. Vorgehensweise zur Datenauswertung

Die Analyse der Videodaten wurde in einem Design aus quantitativer und qualitativer Inhaltsanalyse durchgeführt. Die Auswertung integriert weiterhin eine deduktive und induktive Kategorienbildung (MAYRING 2001). Die deduktive Kategorienbildung erfolgt analog zu einer quantitativen Inhaltsanalyse. Die induktive Kategorienbildung nutzt den qualitativen Zugang im Sinne einer inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2016); aus ihr entstanden weitere Obercodes oder auch Subcodes. Auch für die Typenbildung und Kontrastierung von Vorgehensweisen der SuS wird nach der qualitativen Inhaltsanalyse vorgegangen. Die Analyseeinheiten (recording unit) beziehen sich auf die Interaktion und Kommunikation der SuS an den videographierten Stationen, d. h. die Analyseeinheit bezieht sich auf die Kleingruppe, nicht auf die einzelnen Personen. Ausgeschlossen werden Videos, die zwar primär an der Station Gruppen, die der Videographie zugestimmt haben, aufzeichneten, dennoch im Hintergrund Personen, die der Videographie widersprochen haben, aufhalten. Es wird nach der Methode des Eventsampling vorgegangen, d. h. eine Codiereinheit umfasst eine Sinneinheit, beispielsweise eine Arbeitsphase oder eine Interaktion, wie die Eingabe der Antwort in den Tablet-PC.

Neben inhaltlichen, methodischen und ethischen Aspekten bei der Planung empirischer Studien müssen auch forschungsökonomische Aspekte betrachtet werden. Hier sind insbesondere praktikable Wege bei gesetztem Zeit- und Personalaufwand abzuwägen (DÖRING & BORTZ 2016, 35–36). So wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit aus forschungsökonomischen Gründen nicht jedes Video transkribiert, denn eine Volltranskription aller Aufzeichnungen steht nicht in angemessenem Verhältnis zum Erkenntniswert, zumal das Erkenntnisinteresse auf Sichtstrukturen beruht („Was tun die SuS?“) und weniger auf Tiefenstrukturen (z.B. „Wie wird das Original betrachtet?“) (ebd., 587). Im Gegensatz zu Unterrichtsaufzeichnungen, die der Strukturierung von Unterricht u.a. unterschiedlicher Lehrpersonen nachgehen, ist in diesem Setting der Ablauf immer gleich. Daher sind dieser Arbeit zwei Volltranskripte (siehe Anhang VIII S. A71ff) exemplarisch beigelegt, die auch entsprechende mit den Codes versehen sind. Alle weiteren Videos wurden nach Codiervorschrift im Codebuch (vgl. Anhang VI S. A54ff) bearbeitet, sodass von den für die Forschungsfrage interessanten Passagen Teiltranskriptionen vorliegen (ebd.). Es werden

insbesondere deduktive Kategorien in den Videos nur markiert und deren Dauer erfasst, während Codes bei denen der Kontext wichtig ist und die der Forschungsfrage nachgehen, inwiefern der Arbeitsauftrag/die Materialien optimiert werden sollten, szenisch beschrieben und transkribiert werden (Event-Sampling). Diese Vorschrift wird im Codebuch mit „codiert“ (im Gegensatz zur reinen Zeiterfassung: „markiert“) ausgewiesen. Der Code „Fachsprache“ wurde durchgehend bei allen Videos transkribiert. Das Transkriptionssystem (vgl. Anhang VII S. A69f) wurde nach Dresing & Pehl (2015, 21–24) adaptiert. Durch standardisierte und quantifizierende Erfassung des Auftretens bestimmter Vorkommnisse können diese sichtbar gemacht werden, in ihrer Häufigkeit beschrieben und/oder zur Hypothesenprüfung herangezogen werden. Liegt ein Codiermanual mit möglichst präzisen Handlungsanweisungen vor, können so größere Stichproben effizient analysiert werden. Ziel eines solchen Codiermanuals ist es, Kategorien auf Basis des Forschungsinteresses zu definieren, den Beobachtungsprozess so eindeutig zu formulieren, um subjektive Einflüsse des Beobachtenden zu minimieren, sodass die beschriebenen Prozesse zumindest theoretisch nachvollzogen werden können (BOER & REH 2012, 46).

Zentrales Werkzeug für die Auswertung der Videodaten ist das aus Vorüberlegungen und Beobachtungen entwickelte Codebuch (vollständiges Codebuch im Anhang VI S. A54ff). Aus den Forschungsfragen wurden zunächst ex-ante Hypothesen bzw. Vorannahmen als deduktive Kategorien aufgestellt. Diese deduktiven Kategorien wurden zum Teil aus dem Datenmaterial induktiv ergänzt bzw. in Subcodes untergliedert. Wie nachfolgende Tab. 16 zeigt, wurde für die Kategorie „User experience“ vor der Sichtung angenommen, dass nur die negative Lernemotionen „Frustration/Überforderung“ beobachtbar sein würde. Aus der Arbeit mit dem Material ergaben sich dann auch die induktiven Codes „Freude“, „Ermüdung“ und „Begeisterung/positives Erstaunen“. Bei der Betrachtung der Usability in Bezug auf die Realumgebung wurde vorab Belastung durch Kälte oder Hitze angenommen, aus dem Material ergab sich zudem eine Belastung durch Stehen bzw. die Arbeitshaltung. Auch Obercodes konnten aus dem Material heraus abgeleitet werden. So war beispielsweise eine unterschiedliche Anwendungsweise von Fachsprache durch die Sichtung des Materials in den Fokus gerückt. Diese deduktiv-induktive Vorgehensweise ermöglicht, vorher nicht bedachte Aspekte oder aus dem Dokument hervorgehende Unterthemen/Aspekte der deduktiven Codes zu ergänzen. Das Codesystem veränderte sich demnach im Prozess des Codierens.

Code (eingerrückt... = Subcode)	Kategorienbildung	Anleitung
User experience	deduktiv	
Freude	induktiv	markiert
Ermüdung	induktiv	markiert
Frustration/Überforderung	deduktiv	markiert
Begeisterung/positives Erstaunen	induktiv	codiert
Fehlinterpretation	induktiv	codiert
Fehlvorstellungen	induktiv	codiert
Fachsprache	induktiv	
Vermeiden Fachsprache	induktiv	codiert
Fachsprache falsch	induktiv	codiert
Fachsprache korrekt	induktiv	codiert
Usability Umgebung	deduktiv	
Belastung	deduktiv	
Belastung durch Kälte	deduktiv	markiert
Belastung durch Hitze	deduktiv	markiert
Belastung durch Stehen	induktiv	markiert
Ablenkung	deduktiv	
durch Lehrer	induktiv	markiert
durch Lärm	deduktiv	markiert
durch Material einer anderen Station	induktiv	markiert
durch Partner im Team	deduktiv	markiert
durch teamfremde Kameraden	induktiv	markiert

Tab. 16: Auszug aus der tabellarischen Übersicht des Codebuchs: Die deduktiv gebildeten Kategorien orientierten sich an Forschungsinteresse und Vorannahmen. Die induktiv gebildeten Kategorien entstanden durch Sichtung im Datenmaterial, woraus sich Subcodes entwickelten.

Interaktionen, für die nur die Kenntnis deren Vorkommen/Nicht-Vorkommen bzw. deren Dauer relevant ist werden rein quantitativ in ihrem Zeitumfang erfasst. Sie werden nicht transkribiert, sondern nur in den Videos mit dem entsprechenden Code markiert und deren Position in den einzelnen Videos und die Dauer erfasst und als Excel-Tabelle exportiert. Codierte Ereignisse beinhalten auch eine szenische und verbale Transkription.

Die Strukturierung im Instruktionsdesign ergibt eine klare Phasenstruktur an den Stationen. Ähnlich eines Drehbuches wird somit die Handlungsaktivität im Lernzirkel gesteuert. Um nun in einem ersten Schritt zu überprüfen, inwieweit der intendierte Ablauf (vgl. Abb. 86) mit der Realität übereinstimmt und welche Spannen in der Bearbeitungszeit auftreten, werden die Videosequenzen zunächst sequenzanalytisch ausgewertet (vgl. Auszug aus dem Codebuch in Abb. 87). Die einzelnen Sequenzen werden den „Drehbuch-Phasen“ zugeordnet. Die Videos werden zunächst in Sequenzen unterteilt, die sich auf die Arbeitsaufträge beziehen. Eine Station wird so in Arbeitsabschnitte untergliedert, die Interaktionen werden dann diesen Phasen zugeordnet. Daraus kann ermittelt werden, welche Spannweite die Bearbeitungszeiten der einzelnen Arbeitsaufträge haben.

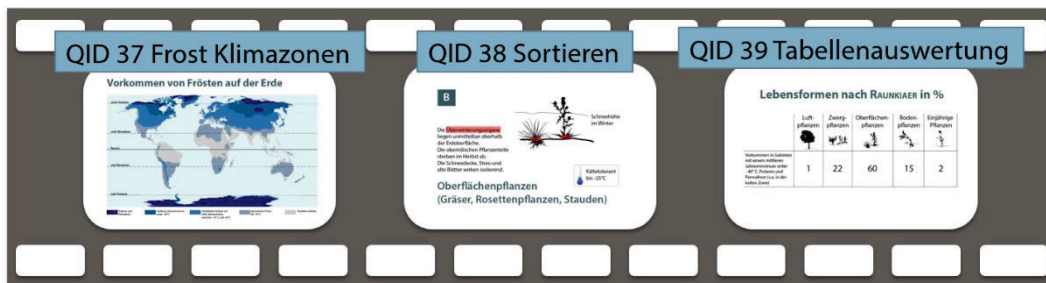


Abb. 86: Drehbuch-Ansicht der Station K1: Das Instruktionsdesign definiert die Sequenzierung der Station in die Abfolge der Fragen QID37 bis QID 39.

Phasen an K1

Beschreibt das zeitliche Ausmaß der Aktivitäten der SuS an der Station in Bezug auf die intendierten Arbeitsphasen. Ziel ist, eine Übersicht zu gewinnen, wie lange die SuS für welche Aufgabe benötigt haben. Ähnlich den Szenen eines Theaterstückes wird die Station in Arbeitsszenen (Subcodes) eingeteilt, die den Arbeitsaufträgen der App entsprechen.

Diese Arbeitsphasen werden markiert, Anleitung siehe Subcodes.

Phase QID 37 Frost Klimazonen

Anleitung:

Start der Szene wird markiert:

> im Falle, dass Tablet-Halter Instruktionen laut vorliest: Start mit dem Vorlesen der Aufgabe QID 37 (*"In dieser Zone sind niedrige Temperaturen eine Herausforderung für die Pflanzen. Vor allem Temperaturen unter 5°C und Frost sind limitierende Faktoren. Schaut euch die beiden Karten im Anhang an und wählt dann aus, in welchen Klimazonen Frost vorkommt!"*).

> im Falle, dass Tablet-Halter Instruktionen leise liest und anschließend Kurzanweisungen gibt oder die Partner zeitgleich lesen: vom Start des leisen Lesens an, sobald Person den Blick auf den Tablet-PC richtet.

Szene endet:

wenn SuS Auflösung gelesen haben und zur nächsten Frage übergeleitet wurde *"Schaut euch die Theorie eines bedeutenden Botanikers an."*

Abb. 87: Auszug aus dem Codebuch: Hier wird der Code definiert und eine Codieranweisung beschrieben. In diesem Fall ist nur die Dauer relevant. Daher werden die Phasen der einzelnen Arbeitsphasen (Szenen) nur markiert.

Jedoch soll nicht nur die Bearbeitungsdauer der einzelnen Arbeitsaufträge erfasst werden. Auch einzelne Interaktionen werden in ihrem Zeitumfang erfasst.

Der Code „Informationen aus Text/Diagrammen/Karten/Videos entnehmen“ markiert Stellen, in denen Instruktionen gelesen oder Arbeitsmaterialien ausgewertet werden. Hier soll die Art und Weise der Informationsentnahme in Rahmen des kooperativen Arbeitens näher untersucht werden. Lassen sich Muster feststellen, z. B., dass nur die Person, die den Tablet-PC hält die Informationen allen laut vorliest, oder zunächst leise für sich liest und nur die Arbeitsanweisungen an den Partner weitergibt? Sind solche Muster bei den verwendeten Medienarten gleich? Ähnliches gilt für den Obercode „Dokumentation der Antworten/Untersuchungsergebnisse“. Er markiert Phasen, in denen SuS eine Eingabe in den Tablet-PC vornehmen. Bei Text- und MC-Antworten wurde induktiv beobachtet, dass es Gruppen gibt, bei denen die Person, die den Tablet-PC hält, eigenmächtig Eingaben vornimmt und Gruppen, bei denen gemeinsam eine Antwort erarbeitet wurde. Daraus ergaben sich entsprechende Subcodes.

Der Code „Orientierung“ markiert Stellen, an denen SuS sich zu Schwierigkeiten beim Auffinden der Station äußern. Darüber hinaus auch Stellen, an denen unklar ist, wo das entsprechende Arbeitsmaterial zu finden ist (Realraum und App). Auch Navigationsschwierigkeiten innerhalb der App fallen unter diese Kategorie.

Folgende Übersicht (Abb. 88) zeigt eine weitere Auswahl an Codes, bei denen nur die Dauer relevant war. Alle verwendeten Codes zuzüglich ihrer Codieranleitung und weiterer Subcodes sind dem Anhang (Codebuch Anhang VI S. A54ff) zu entnehmen.

<p>Abgleich Instruktion/Material - Original/Versuchsgegenstände</p> <p>Anleitung: wird markiert, wenn:</p> <ul style="list-style-type: none"> - SuS Versuchsgegenstände oder Originale mit Informationen der App in Zusammenhang bringen, indem sie z. B. während des Lesens unterbrechen und den Gegenstand suchen/darauf zeigen bzw. der Partner während des Vorlesens die erwähnten Gegenstände anschaut/darauf zeigt. - bezieht sich nur auf die Arbeitsphase (Obercode), nicht auf die Phase der Orientierung o.ä. - wird <u>nicht</u> markiert, wenn sie Originale oder Versuchsgegenstände zur Orientierung nutzen, d. h. zur Verifizierung, ob sie an der richtigen Station sind.
<p>Dokumentation der Antworten/Untersuchungsergebnisse</p>
<p>Handynutzung</p>
<p>Usability Umgebung</p> <p>Beschreibt den Einfluss der Umgebung. Markiert werden <u>Belastung</u> (SuS äußern Belastungen verbal oder durch Gestik/Mimik/Proxemik) sowie <u>Ablenkungen</u> durch andere Personen (Lehrperson, eigene Partner mit nicht stationsrelevanten Themen, teamfremde Mitschüler/innen, oder Material anderer Stationen).</p> <p>Belastung</p> <p>wird markiert, wenn mind. eine Person sich verbal zu Belastung äußert oder durch Körpersprache (z.B. Haltungsänderung, weil Arbeitshaltung unangenehm) zum Ausdruck bringt.</p> <p>Ablenkung</p> <p>wird markiert, wenn eine Ablenkung durch andere Personen, Störquellen (z. B. Lärm) oder Material anderer Stationen die Arbeitsphase mind. einer Person unterbricht.</p>

Abb. 88: Der Auszug aus dem Codebuch zeigt weitere Phasencodes.

Von zentralem Interesse sind die Stellen, die Optimierungspotential aufzeigen. So wird der Code „Fehlinterpretation“ vergeben, wenn SuS aus dem gegebenen Arbeitsmaterial (in der App oder an der Station) die falschen Schlüsse ziehen.

Ankerbeispiel: 24012018_Tablet2, #00:00:52.1#

Bei der Kartenauswertung, alle drei schauen sich die Karten an.

S3: "Also, Polarzone (.)"

S2: "In der subpolaren Zone."

S3: "Seid ihr damit einverstanden?"

S1: "Ja (.) Lieber alle außer in der tropischen Zone."

S2: "Ja, außer in den Tropen und Subtropen."

Codes dieser Kategorie werden szenisch beschrieben bzw. der Kontext kurz erläutert und verbal transkribiert. Aus diesen können dann ggf. weitere Verbesserungen der App abgeleitet werden.

Im Gegensatz dazu steht der Code „Fehlvorstellungen“. Er kennzeichnet Stellen, an denen SuS falsches Vorwissen einbringen.

Ankerbeispiel: 23102018_Tablet 3, #00:04:49.8#

SuS versuchen, bei den Originalen das Gras zu identifizieren.

S2: "Obwohl, Gräser //" (schaut sich Originale an und nimmt den Topf mit der Zwiebelpflanze zu sich).

Codebuchentwicklung

In der ersten Erprobungsphase wurden die Videos noch nicht systematisch ausgewertet. Verständnisschwierigkeiten wurden notiert und Änderungen im Instruktionsdesign vorgenommen. Nachdem Ende Mai 2018 auch Zugriff auf MaxQDA möglich war, wurde aus den eher explorativen Befunden und den Vorannahmen zunächst wie oben dargelegt deduktive Kategorien formuliert. Mittels acht zufällig ausgewählter Videos wurde dieses Gerüst induktiv verfeinert. Zudem wurden Angrenzungen der zu codierenden Szenen definiert und eine erste Beschreibung und Codieranweisung im Codesystem in Form von Memos angelegt. Mit dieser ersten Version des Codebuches wurde eine wissenschaftliche Hilfskraft geschult (vgl. DÖRING & BORTZ 2016, 563). Diese hat anschließend zwei weitere Videos codiert. Auftretende Fragen und Unstimmigkeiten wurden in Memos notiert. Anschließend wurde eine erste Inter-Coder-Reliabilität zwischen einem von beiden Personen bearbeiteten Video berechnet. Insbesondere die hiermit identifizierten Unstimmigkeiten konnten dazu beitragen, genauere Anweisungen zur Abgrenzung der Phasen sowie trennscharfe Formulierungen, z. B. in Bezug auf Unterscheidung von

Fehlinterpretationen und Fehlvorstellungen zu generieren. Anschließend bearbeiteten beide Codierer mit der optimierten Version des Codebuches eine weitere Videodatei und schärften mit den daraus gewonnenen Unstimmigkeiten weiterhin das Kategoriensystem und die Beschreibung der Codes. Das Codebuch wurde somit konsensual entwickelt (vgl. KUCKARTZ 2016).

Da es sich bei den Beobachtungen um nominalskalierte Variablen handelt, wurde zur Validierung des Codebuches die prozentuale Übereinstimmung sowie Cohens Kappa für die Berechnung der Inter-Coder-Reliabilität herangezogen (vgl. DÖRING & BORTZ 2016, 351). Da MaxQDA diese Übereinstimmung bei Videodaten in Bezug auf die Länge der codierten Sequenz berechnet, war diese Übereinstimmung insbesondere bei sehr kurzen Sequenzen – v. a. beim Code Fachsprache, der oft nur ein Wort markiert – mit der standardisierten Voreinstellung von einer Überlappung von 90 % nicht zu erreichen. In Abstimmung mit dem MaxQDA Support und in Abhängigkeit vom Forschungsinteresse wurde die Inter-Coder-Reliabilität auf drei unterschiedlichen Wegen bestimmt:

1. Codes deren Dauer relevant ist

Bei Codes, bei denen für die Auswertung nur die Dauer relevant ist und die in der Regel eine recht lange Sequenz abdecken, wurde die voreingestellte Überlappung von 90 % beibehalten. Dies betraf folgende Codes:

- Phase nicht beschreibbar
- Phase QID 37
- Phase QID 38
- Phase QID 103
- Phase QID 39
- Phase Aufräumen der Station
- Orientierung/Wo finde ich Arbeitsmaterial?
- Orientierung/Wie komme ich auf dem Tablet-PC weiter?
- Orientierung/Wo/welches ist die Station?
- Dokumentation/Fotodokumentation
- Dokumentation /Eingabe auf Diktat des Partners
- Antworteingabe nach/mit Konsensbildung
- Antworteingabe erfolgt eigenmächtig
- Handynutzung/für private Zwecke
- Handynutzung/zur Bearbeitung der Station

Für die Datei 27102017_Tablet 7 wurde mit diesem Kriterium eine Inter-Coder-Übereinstimmung von 76,92 % festgestellt (vgl. Abb. 89, Anhang IX, S. A84ff).

Code	Übereinstimm...	Nicht-Überein...	Gesamt	Prozentual
Phase nicht beschreibbar	2	2	4	50,00
Phasen an K1\Phase QID 37 Frost Klimazonen	2	0	2	100,00
Phasen an K1\Phase QID 38 Sortieren	2	0	2	100,00
Phasen an K1\Phase QID 103 Sieger wählen	2	0	2	100,00
Phasen an K1\Phase QID 39 Tabellenauswertung	2	0	2	100,00
Phasen an K1\Phase Aufräumen der Station	0	2	2	0,00
Orientierung\Wo ist\Welches ist die Station?	2	2	4	50,00
Dokumentation der Antworten\Untersuchungsergebnisse\Fotodokumen...	2	0	2	100,00
Dokumentation der Antworten\Untersuchungsergebnisse\Antworteinga...	6	0	6	100,00
<Total>	20	6	26	76,92

Abb. 89: Screenshot-Ansicht aus der InterCoder-Tabelle zur codespezifischen Übereinstimmung in MaxQDA für die Datei 27102017_Tablet 7. Hier werden die Übereinstimmungen des jeweiligen Codes aufsummiert (eigene Darstellung aus MaxQDA).

Ein genauerer Blick auf die einzelnen Ereignisse zeigt auch hier die Problematik, dass bei kurzen Sequenzen diese 90 %-ige Überlappung nicht zu erreichen ist. Wie aus Abb. 90 (Anhang IX, S. A84ff) ersichtlich, haben beide Codierer die Phase "Orientierung\Wo ist\Welches ist die Station?" abweichend codiert. Die Anfangszeiten weichen nur 0,7 Sekunden voneinander ab, die Endzeiten dagegen 3,1 Sekunden. Durch die Kürze der Sequenz kann hier keine 90 %-ige Übereinstimmung ermittelt werden.

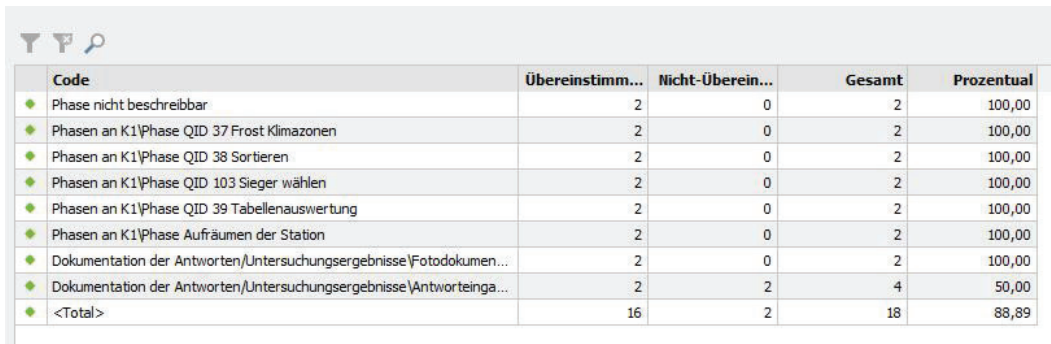
Dokument	Code	1. Dokument	2. Dokument	Übereinstimm...	Anfang	Ende
27102017 Tablet 7 Kristina	Phase nicht beschreibbar	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	00:00:00.0	00:03:55.5
27102017 Tablet 7	Phase nicht beschreibbar	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	00:00:00.0	00:03:54.9
27102017 Tablet 7	Orientierung\Wo ist\Welches ist die Station?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	00:00:00.0	00:00:58.2
27102017 Tablet 7 Kristina	Orientierung\Wo ist\Welches ist die Station?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	00:00:04.0	00:00:59.5
27102017 Tablet 7 Kristina	Phasen an K1\Phase QID 37 Frost Klimazonen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	00:00:52.9	00:03:05.5
27102017 Tablet 7	Phasen an K1\Phase QID 37 Frost Klimazonen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	00:00:52.9	00:03:05.0
27102017 Tablet 7	Dokumentation der Antworten\Untersuchungsergebnisse\Antworteingabe nach\mit Konsens...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	00:04:15.7	00:06:06.7
27102017 Tablet 7 Kristina	Dokumentation der Antworten\Untersuchungsergebnisse\Antworteingabe nach\mit Konsens...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	00:04:17.0	00:06:04.8
27102017 Tablet 7 Kristina	Phasen an K1\Phase QID 38 Sortieren	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	00:18:31.8	00:24:38.6
27102017 Tablet 7	Phasen an K1\Phase QID 38 Sortieren	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	00:18:38.0	00:24:58.4
27102017 Tablet 7 Kristina	Orientierung\Wo ist\Welches ist die Station?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	00:19:45.6	00:19:59.1
27102017 Tablet 7	Orientierung\Wo ist\Welches ist die Station?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	00:19:48.7	00:19:58.4
27102017 Tablet 7	Dokumentation der Antworten\Untersuchungsergebnisse\Fotodokumentation	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	00:24:13.9	00:24:38.7
27102017 Tablet 7 Kristina	Dokumentation der Antworten\Untersuchungsergebnisse\Fotodokumentation	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	00:24:14.8	00:24:38.0
27102017 Tablet 7	Phasen an K1\Phase Aufräumen der Station	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	00:24:37.5	00:24:56.0
27102017 Tablet 7 Kristina	Phasen an K1\Phase Aufräumen der Station	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	00:24:38.2	00:24:57.4
27102017 Tablet 7	Phasen an K1\Phase QID 103 Sieger wählen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	00:24:58.9	00:25:23.2
27102017 Tablet 7 Kristina	Phasen an K1\Phase QID 103 Sieger wählen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	00:24:58.9	00:25:23.4
27102017 Tablet 7 Kristina	Dokumentation der Antworten\Untersuchungsergebnisse\Antworteingabe nach\mit Konsens...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	00:25:07.0	00:25:21.7
27102017 Tablet 7	Dokumentation der Antworten\Untersuchungsergebnisse\Antworteingabe nach\mit Konsens...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	00:25:07.6	00:25:21.6
27102017 Tablet 7 Kristina	Phasen an K1\Phase QID 39 Tabellenauswertung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	00:25:23.4	00:27:40.2
27102017 Tablet 7	Phasen an K1\Phase QID 39 Tabellenauswertung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	00:25:23.5	00:27:39.7
27102017 Tablet 7	Dokumentation der Antworten\Untersuchungsergebnisse\Antworteingabe nach\mit Konsens...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	00:26:28.9	00:27:37.8
27102017 Tablet 7 Kristina	Dokumentation der Antworten\Untersuchungsergebnisse\Antworteingabe nach\mit Konsens...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	00:26:33.3	00:27:39.8
27102017 Tablet 7	Phase nicht beschreibbar	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	00:27:07.2	00:28:15.1
27102017 Tablet 7 Kristina	Phase nicht beschreibbar	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	00:27:15.3	00:28:02.9

Abb. 90: Screenshot-Ansicht aus der InterCoder -Übereinstimmungstabelle in MaxQDA für die Datei 27102017_Tablet 7. Für die rot markierten Phasen wurde keine Überlappung von 90 % festgestellt (eigene Darstellung aus MaxQDA).

Cohens Kappa für dieses Dokument und diese Codes beläuft sich auf .74. Werte über .75 gelten nach konventionellen Standards als sehr gut, Werte zwischen .60 und .75 werden als gut eingestuft und Werte zwischen .40 und .60 als

mittelmäßige bzw. gerade noch ausreichende Messgenauigkeit eingeordnet (ebd.). Die Übereinstimmung liegt demnach an der oberen Grenze der als „gut“ eingestufteten Werte.

Mit einer weiteren Datei (100112017_Tablet 3) wurde erneut eine Inter-Coder-Reliabilität für oben beschriebene Codes berechnet.



Code	Übereinstimm...	Nicht-Überein...	Gesamt	Prozentual
Phase nicht beschreibbar	2	0	2	100,00
Phasen an K1\Phase QID 37 Frost Klimazonen	2	0	2	100,00
Phasen an K1\Phase QID 38 Sortieren	2	0	2	100,00
Phasen an K1\Phase QID 103 Sieger wählen	2	0	2	100,00
Phasen an K1\Phase QID 39 Tabellenauswertung	2	0	2	100,00
Phasen an K1\Phase Aufräumen der Station	2	0	2	100,00
Dokumentation der Antworten/Untersuchungsergebnisse\Fotodokumen...	2	0	2	100,00
Dokumentation der Antworten/Untersuchungsergebnisse\Antwortheinga...	2	2	4	50,00
<Total>	16	2	18	88,89

Abb. 91: Screenshot-Ansicht aus der Intercoder-Tabelle zur codespezifischen Übereinstimmung in MaxQDA für die Datei 100112017_Tablet 3 (eigene Darstellung aus MaxQDA).

Wie Abb. 91 zeigt, belief sich die prozentuale Übereinstimmung auf 88,89 %, Cohens Kappa liegt bei .87 und damit im sehr guten Bereich. Die detaillierteren Tabellen dazu können dem Anhang IX (S. A84ff) entnommen werden.

2. Codes, für die nur das Vorkommen per se interessant ist

Codes, bei denen die Kenntnis der Dauer irrelevant ist nur deren Vorkommen an ungefähr der gleichen Stelle im Video überprüft werden soll, sind in der Regel relativ kurz. Für diese wurde die Überlappung auf 50 % reduziert. Hierzu zählen die Codes:

- Kamera
- User experience/Freude
- User experience/Ermüdung
- User experience/Frustration
- User experience/Begeisterung/positives Erstaunen
- Fehlinterpretation
- Fehlvorstellung
- Usability Umgebung/Belastung/durch Kälte
- Usability Umgebung/Belastung/durch Hitze
- Usability Umgebung/Belastung/durch Stehen/Arbeitshaltung
- Usability Umgebung/Ablenkung/durch Lehrer
- Usability Umgebung/Ablenkung/durch Lärm
- Usability Umgebung/Ablenkung/durch Material einer anderen Station

- Usability Umgebung/Ablenkung/durch Partner im Team
- Usability Umgebung/Ablenkung/durch teamfremde Kameraden
- Usability Software/Belastung durch zu viele Arbeitsaufträge/Fragen an der Station
- Usability Software/Schwierigkeiten Handhabung Tablet
- Usability Software/Belastung durch zu viele Anhänge
- Usability Software/Verständnisschwierigkeiten Instruktion
- Usability Software/Verständnisschwierigkeiten User
- Usability Hardware/Tablet Ladezeit
- Usability Hardware/Tablet Kameraqualität
- Usability Hardware/Tablet Lichteinfall
- Usability Hardware/Tablet Sensitivitätsproblem
- Usability Hardware/Arbeitsmaterial real

Für diese Codeauswahl konnte mit der Videodatei 27102017_Tablet 7 eine Intercoder-Übereinstimmung von 85,71 % und ein Cohens Kappa von .84 und damit eine sehr gute Übereinstimmung erzielt werden. Mit der Videodatei 10112017_Tablet 3 konnte eine Übereinstimmung von 75 % und einem Cohens Kappa von .67 erreicht werden, eine gute Übereinstimmung (vgl. Anhang IX, S. A87 und S. A93).

3. Codes, für die nur deren Vorkommen relevant ist, dieses aber extrem kurz ist

Der Obercode Fachsprache, bei dem die Dauer irrelevant ist und dessen Sequenzen sehr kurz sind (Halbsätze, einzelne Worte) und nur deren Vorkommen an ungefähr der gleichen Stelle im Video überprüft werden soll, wurde die Überlappung auf 10 % reduziert. Eine schwächere Überprüfung mittels der MaxQDA-Optionen „Häufigkeiten des Codes im Dokument“ oder ein bloßer Abgleich von „Vorhandensein im Dokument“ wurde dagegen als nicht ausreichend verworfen. Mit der 10 %-Lösung wird zumindest sichergestellt, dass das codierte Segment im gleichen Gesprächskontext stattfindet (z. B. im Kontext des Vorlesens oder im Kontext des freien, handlungsbegleitenden Sprechens). Folgende Codes wurden daher mit einer 10 %-igen Überlappung überprüft:

- Fachsprache/ Fachsprache korrekt
- Fachsprache/ Fachsprache falsch
- Fachsprache/ Vermeiden Fachsprache

Für diese Codeauswahl konnte mit der Videodatei 27102017_Tablet 7 eine Intercoder-Übereinstimmung von 57,14 % und ein Cohens Kappa von .14 und damit eine schlechte Übereinstimmung erzielt werden. Mit der Videodatei

10112017_Tablet 3 konnte eine Übereinstimmung von 80 % und einem Cohens Kappa von .60 erreicht werden, eine noch gute Übereinstimmung (vgl. Anhang IX, S. A89 und S. A95f). Wie oben dargelegt, ist dies auf die enorme Kürze der Gesprächsphasen zurückzuführen; die Sequenzen beider Codierer liegen jedoch überwiegend im gleichen Gesprächskontext.

Mit diesem Codebuch als standardisierter Analyseleitfaden wurden anschließend alle 25 geeigneten Aufzeichnungen an Station K1 in deren unterschiedlichen Entwicklungsphasen systematisch codiert. Ein Überblick über die codierten Videos, deren Dauer und Anzahl der codierten Sequenzen zeigt Tab. 17. Fünf der aufgeführten Videos wurden von einer wissenschaftlichen Hilfskraft bearbeitet, von der Autorin überprüft und verschriftlicht.

Phase und verfügbare Videos	Anzahl Videos nach Kursart	Codierte Videos	Dauer [hh:mm:ss]	Anzahl Codings
Phase 0: 7 Videos	3 Bio LK	26012017_Tablet 3.mp4	00:10:20	82
		02022017_Tablet 1.mp4	00:11:29	100
	4 EK LK*	25012017_Tablet 6.mp4	00:12:59	68
Phase 1: 13 Videos	10 EK LK	21062017_Tablet 4.mp4	00:07:49	67
		07092017_Tablet 2.mp4	00:09:48	102
	2 Bio LK	08092017_Tablet 5.mp4	00:11:14	77
		08092017_Tablet 4.mp4	00:12:19	115
Phase 2: 7 Videos	3 Bio LK	10112017_Tablet 3.mp4	00:07:45	49
		10112017_Tablet 1.mp4**	00:12:46	117
	2 Bio GK	11012018_Tablet 5.mp4	00:14:46	88
		11012018_Tablet 3.mp4	00:11:04	144
	2 EK LK	27102017_Tablet 7.mp4	00:28:03	105
Phase 3: 13 Videos***	3 Bio LK	22012018_Tablet 4.mp4	00:23:44	78
		19022018_Tablet 3.mp4	00:16:00	147
	3 Bio GK	23012018_Tablet 4.mp4	00:12:41	92
		23012018_Tablet 3.mp4	00:11:30	88
	4 EK LK	25012018_Tablet 2.mp4	00:10:58	87
	3 Profil (Bio + EK LK)	24012018_Tablet 3mp4**	00:14:12	147
		24012018_Tablet 2.mp4	00:09:20	95
Phase 4: 6 Videos	2 EK LK	13062018_Tablet 4.mp4	00:16:20	106
		13062018_Tablet 3.mp4	00:09:32	106
	4 Bio LK	14062018_Tablet 4.mp4	00:15:32	119
		14062018_Tablet 1.mp4	00:11:20	129
		14062018_Tablet 3.mp4	00:14:21	97
		14062018_Tablet 2.mp4	00:11:02	115

Tab. 17: Übersicht über die an Station K1 für die einzelnen Entwicklungsphasen codierten Videos.

* Gesamtgruppengröße 34 SuS -> nur ein Video mit Teamgröße <4 Personen/Tablet-PC; zudem hohe Hintergrundgeräuschbelastung -> nur teilweise Audio hörbar, nicht weiter ausgewertet

** Volltranskript im Anhang (vgl. Anhang VIII, S. A71ff)

*** ursprünglich 16 Clips, jedoch drei Clips mit >3 Personen/Tablet-PC, diese wurden ausgeschlossen

Die Videoanalyse bezieht sich überwiegend auf Aspekte des Lerngeschehens, das beobachtbar ist, auch „Sichtstrukturen“ genannt, und ist somit an die niedrig-inferente Codiermethode angelehnt (SEIDEL & THIEL 2017, 7). Die Auswertung der codierten Ereignisse berücksichtigt deren Häufigkeit und ggf. auch deren Dauer mit dem Ziel, die Interaktionen und Schwachstellen zu beschreiben.

6.8. Usability-Test der Station K1: Schwachstellenanalyse der Station nach dem Prinzip der Schülerorientierung und Auswirkungen der Optimierungs-entscheidungen auf die Qualität der Schülerantworten

Wie oben ausgeführt, soll in dieser Arbeit der adaptierte Usability-Test an einer Station dargelegt werden. Dazu wurde Station K1 ausgewählt, denn die Erkenntnisse, die die SuS an dieser Station erlangen, sind für das Bearbeiten der nachfolgenden Station essentiell. So zielt K1 darauf ab, einen kognitiven Konflikt zu erzeugen, der an der nachfolgenden Station K2 aufgelöst wird (vgl. Abb. 92). Es gilt, die an der Station K1 bereitgestellten Beispielpflanzen von fünf verschiedenen Wuchsformen mittels Informationen in der App nach zunehmender Frostresistenz zu sortieren. Anschließend wird der kognitive Konflikt erzeugt: anhand der Auswertung der Tabelle zur Häufigkeitsverteilung der Wuchsformen in der Kalten Zone sollen die SuS ermitteln, dass die frostresistentesten Wuchsformen in der Kalten Zone nur spärlich vertreten sind. Es ist wichtig, dass die Lernenden die beiden resistentesten Wuchsformen ermitteln, denn an K2 wird erarbeitet, warum die theoretisch am besten angepassten Formen in der Realität jedoch kaum in der Kalten Zone vertreten sind.

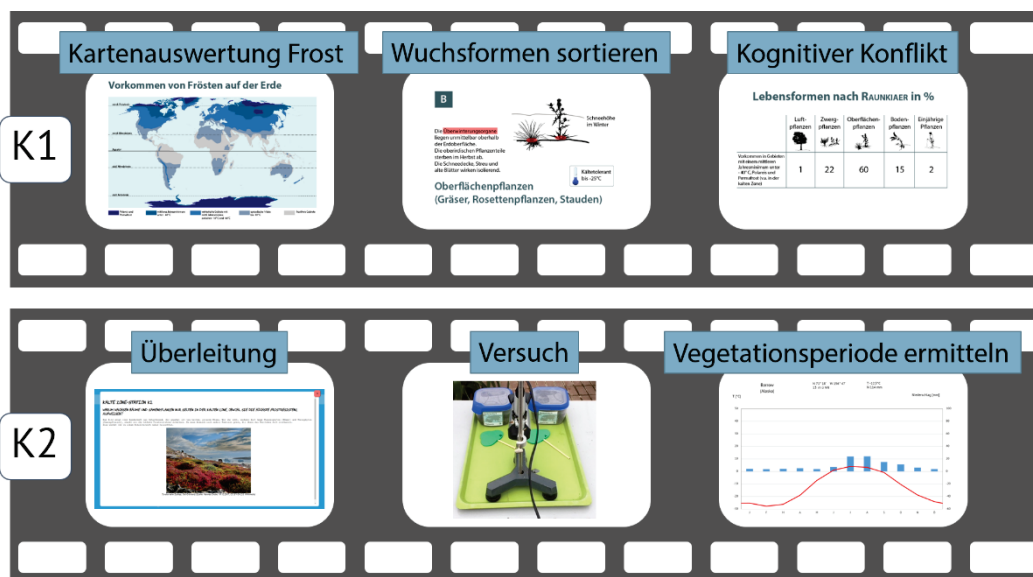


Abb. 92: Drehbuch-Darstellung für die Stationen K1 und K2: Der in K1 aufgeworfene kognitive Konflikt wird an K2 durch einen Versuch und durch die Ermittlung der Vegetationsperiode anhand eines Klimadiagrammes aufgelöst (eigene Darstellung).

Version 0 (v0) bis Version 1 (v1)

Die zugehörigen Lernziele lauteten:

Die SuS benennen in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die Klimazonen, in denen Frost vorkommt, indem sie mithilfe der Karten im Anhang die Frostklimate in allen vier Klimazonen verorten (QID 37).

Die SuS ordnen in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit die an der Station bereitgestellten Beispieldpflanzen für Wuchsformen nach ihrer Frostresistenz, indem sie die Originale entsprechend der aus den Text-Bild-Informationen entnommenen Daten nach zunehmender Frostresistenz sortieren (QID 38).

Die SuS formulieren in Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit einen Widerspruch, indem sie anhand eines Diagrammes zur Häufigkeitsverteilung der Wuchsformen ermitteln, dass die beiden im Ranking nach führenden Wuchsformen in der Kalten Zone nur spärlich vertreten sind (QID 39).

Die Übersicht (vgl. Abb. 93) zeigt das Instruktionsdesign in der App (blau hinterlegte Felder) und den Aufbau vor Ort (weiße Felder) hierzu in der ersten Erprobungsphase (Version v0).

<p>Arbeits-auftrag in der App: QID 38</p>	<p>In den Anhängen findet ihr die Unterteilung der Lebens-/Wuchsformen nach dem Botaniker Raunkjær. Schaut euch an, welche Wuchsform welche Temperaturen aushält. Sortiert die Lebensformen in den Töpfen an der Station nach ihrer Frostresistenz! Legt die Pfeile passend zwischen die Töpfe. Notiert am Ende die Reihenfolge der Buchstaben ohne Komma oder Leerzeichen, Bsp.: abcde.</p>
<p>Aufbau vor Ort:</p>	

Aufgrund der Enge in Kalthaus III waren die Originale auf dem Boden aufgebaut. Einsteckschilder halfen bei der Identifizierung der Wuchsformen, die z.T. durch die Winterruhe nicht voll ausgebildet waren. Mithilfe von Pfeilschildern sollte das Ranking nach Frostresistenz erstellt werden.

Die Zahlen geben euch die Grenztemperaturen in °C für Frostschäden an. Beispiele der jeweiligen Gruppe stehen auch an der Station.

Sortiert die Pflanzen nach aufsteigender Frostresistenz!

A

Nur der **Samen** überwintert, die „Mutterpflanze“ stirbt ab. Eine neue Pflanze muss im Frühjahr aus dem Samen austreiben und rasch genügend Stoffe produzieren, um im Herbst Samen bilden zu können.



Einjährige Pflanzen

B

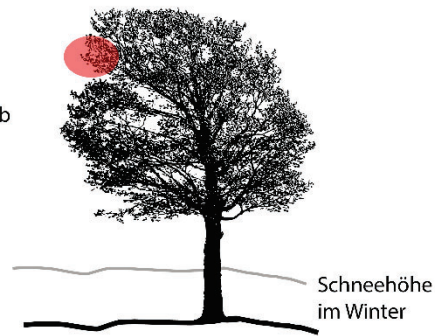
Die **Überwinterungsorgane** liegen unmittelbar oberhalb der Erdoberfläche. Die oberirdischen Pflanzenteile sterben im Herbst ab. Die Schneedecke, Streu und alte Blätter wirken isolierend.



Oberflächenpflanzen (Gräser, Rosettenpflanzen, Stauden)

C

Überwintern durch **Knospen**.
Diese liegen jedoch meist oberhalb
der schützenden Schneedecke
und sind daher der Kälte
besonders ausgesetzt.



Luftpflanzen (Bäume, Hochsträucher)

D

Überwintern durch **Knospen**.
Diese liegen zwischen 10 cm und 50 cm
über dem Boden, und genießen somit
im Winter den Schutz der Schneedecke.
Ihr dichter Wuchs schützt die Knospen ebenfalls
vor Wind und Frost.



Zwergpflanzen (Zwergsträucher, Polsterpflanzen)

E

Überwintern durch **Knollen oder Zwiebeln**
im Boden. Aus diesen Speicherorganen
treibt die Pflanze im Frühjahr wieder aus.



Bodenpflanzen (Rüben, Zwiebeln, Knollen)

Abb. 93: Instruktionsdesign der App und Aufbau vor Ort in Version v0 und v1 (eigene Darstellung)

Fünf Anhänge in Form von Text-Bild-Steckbriefen beschreiben die einzelnen Wuchsformen. Es wurden deutsche Begriffe verwendet. Silhouetten ermöglichen einen visuellen Abgleich mit Originalen vor Ort. Die roten Markierungen in Text und Bild fokussieren auf die Überwinterungsstrategie als Unterscheidungskriterium zwischen den Wuchsformen. Die Grenztemperaturen für Frostschäden waren nur mit dem tiefsten Temperaturwert angegeben. Zur Vermeidung der Eingabe langer Texte wurden Buchstaben-Platzhalter verwendet, sodass eine Eingabe des Rankings als Textantwort nur in Form der entsprechenden Buchstabenreihenfolge nötig war.

Gruppen, die diese Version erprobt haben, waren am 25.01., 26.01. und 02.02.2017 zu Gast. Die Gruppe am 25.01.2017 war mir 34 SuS und mind. 3 Personen/Tablet-PC deutlich zu groß, die Geräuschkulisse zu laut, die Videos daher kaum auswertbar. Auch der Kameraaufbau war nicht optimal, sodass die SuS meist nur vollständig im Blickfeld waren, wenn sie in der Hocke gearbeitet haben. Dennoch ließ sich nach dem ersten Sichten schon Optimierungsbedarf hinsichtlich der Proxemik feststellen. Die SuS gingen nur selten in die Hocke, um mit den Originalen zu arbeiten. Ein Wechsel zwischen Stehen zum Arbeiten mit dem Tablet-PC und hocken zum Sortieren der Töpfe zeichnete die Arbeitsphase aus (vgl. Abb. 94). Stellenweise wurden Töpfe und Pfeilschilder auch mit den Füßen verschoben.



Abb. 94: Die Arbeitshaltung der SuS schwankt zwischen stehen und hocken. Gelegentlich sitzen sie auch auf dem kalten Boden (eigene Darstellung aus Video-Standbildern, Januar 2017).

Ein Durchlauf mit den Auszubildenden des Fachbereichsgartens zeigte sich, dass diese sich sehr wohl in der Hocke mit den Pflanzen auseinandersetzten. Sie sind zum einen körperliche Arbeit gewohnt, zum anderen haben sie eine Affinität zu Pflanzen. Um die proxemische Ausrichtung zum Original –oder aus Schülersicht die Arbeitshaltung – zu verbessern, wurde die Station nachfolgende in Version 1 auf einem Tisch aufgebaut, ansonsten blieb das Setting gleich (vgl. Abb. 95). Die

Version v1 wurde an vier Terminen im Juni und vier Terminen im September/Oktober 2017 eingesetzt.



Abb. 95: Die Auszubildenden des Fachbereichsgartens (Abb. links, eigene Darstellung, aus Video-Standbild Dez. 2016) hatten keine Probleme mit der Arbeitshaltung. Ab Frühjahr 2017 wurde die Station auf einem Tisch aufgebaut (Abb. rechts, eigene Darstellung aus Video-Standbild, Juni 2017).

Eine Analyse der Antworten der SuS (vgl. Abb. 96) brachte zu Tage, dass die Teilleistung „nach aufsteigender Frostresistenz“ zu sortieren nur unzureichend erbracht werden konnte.

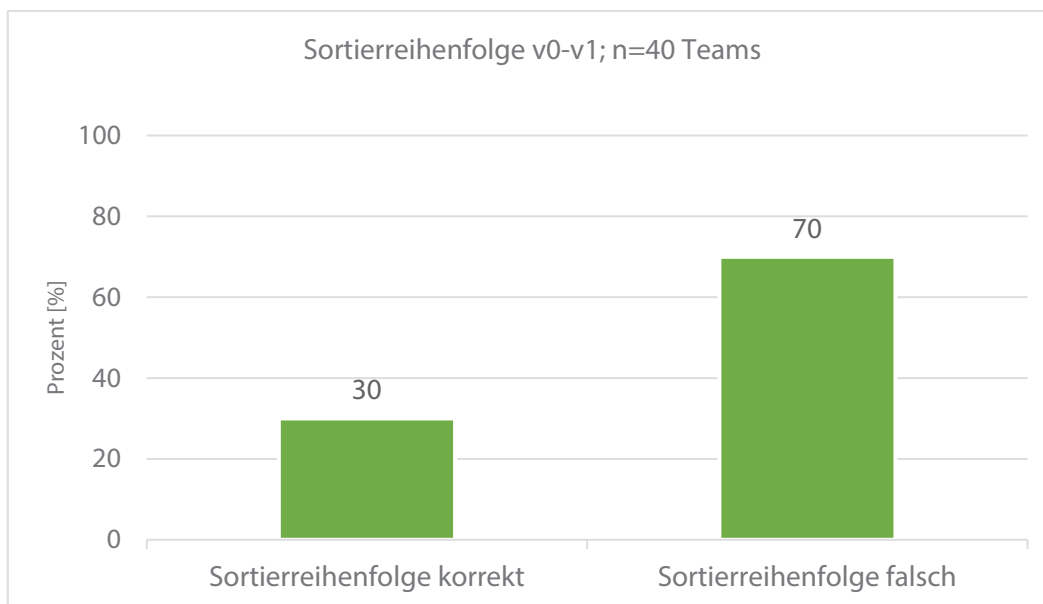


Abb. 96: In der ersten Version scheint es Schwierigkeiten im Verständnis des Arbeitsauftrages hinsichtlich der Sortierrichtung zu geben (eigene Darstellung).

In den Videos zeigte sich, dass sich ein Großteil der Unterhaltungen darum drehte, wie mit den Pfeilschildern und Töpfen agiert werden sollte, um ein Ranking nach aufsteigender Frostresistenz aufzubauen. In vier der sieben für

diese Phase codierten Videos hatten SuS Schwierigkeiten mit der Sortierrichtung (vgl. Ankerbeispiel in Abb. 97). Für zwei Gruppen war es irritierend, dass zwei Wuchsformen gleiche Werte hatten (vgl. Anhang X, S. A96ff). Dadurch, dass nur die niedrigste Temperatur der Spanne der Frostresistenz angegeben war, war dies bei zwei Wuchsformen der Fall. Diese sollten die SuS bei der Texteingabe mit einem „=“ kenntlich machen.



S1: "Das war die mit 196 oder was?"
S3: "Nein, das war die A, die hat die größte Resistenz."
S1: "Ja dann muss die ganz an den Anfang."
S3: "Nein. Zunehmende Frostresistenz!"
(zeigt mit den Fingern die Richtung auf den Pfeilschildern nach)
S1: "Achso, ja gut."
S2: "Wir sind deutsch, also von links nach rechts."
S1: "Ja sorry (lacht)."

Abb. 97: Ankerbeispiel für Dialog in Bezug auf Unsicherheit, in welcher Richtung die Pflanzen aufgestellt werden sollen; [Phase 0_26012017_Tablet 3, #00:03:28.1#] (eigene Darstellung aus Video-Standbild, Jan. 2017).

Die Auswertung der Codings des Codes „Verständnisschwierigkeiten Instruktion“ (vgl. Abb. 98) zeigt, dass unter anderem die Sortierrichtung ein dominierendes Thema war. Daneben irritierten die gleichen Wertangaben bei zwei Wuchsformen, sowie ein generelles Unverständnis in Bezug auf die Aufgabenstellung.

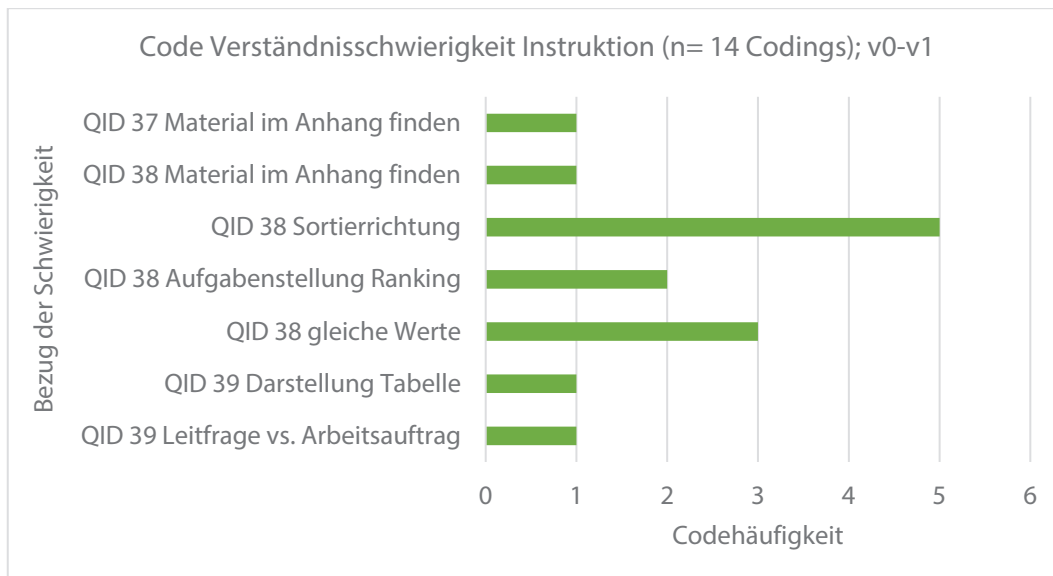


Abb. 98: Codehäufigkeiten des Codes "Verständnisschwierigkeiten Instruktion" in v0-v1 und deren Bezug (eigene Darstellung).

Gemäß der Cognitive Load Theory (vgl. S. 13) soll die sachfremde Belastung des Arbeitsgedächtnisses minimiert werden. Die Auseinandersetzung sollte hier mit dem Original und dessen Frostresistenz und weniger mit den Pfeilschildern als Sortierhilfen stattfinden. Daher wurden diese „Requisiten“ in einem Re-Design der Arbeitsmaterialien vor Ort durch Holzpodeste ersetzt.

Auch die sprachliche Qualität der Auseinandersetzung mit dem Original war nicht befriedigend. Zwar wurden auf den Text-Bild-Informationen die deutschen Begriffe der Wuchsformen verwendet, dennoch wurden die Pflanzen eher mit den Platzhalter-Buchstaben, die intentional nur für die Erleichterung der Texteingabe gedacht waren, adressiert. Wie die Auswertung der Codehäufigkeiten in Bezug auf die Verwendung von Fachsprache (n=57 Codings, vgl. Abb. 99, Anhang X, S. A99) zeigt, werden die deutschen Begriffe kaum verwendet, die SuS reden eher mit den Platzhalter-Buchstaben oder allgemein mit den Artikeln „das da/die da“.

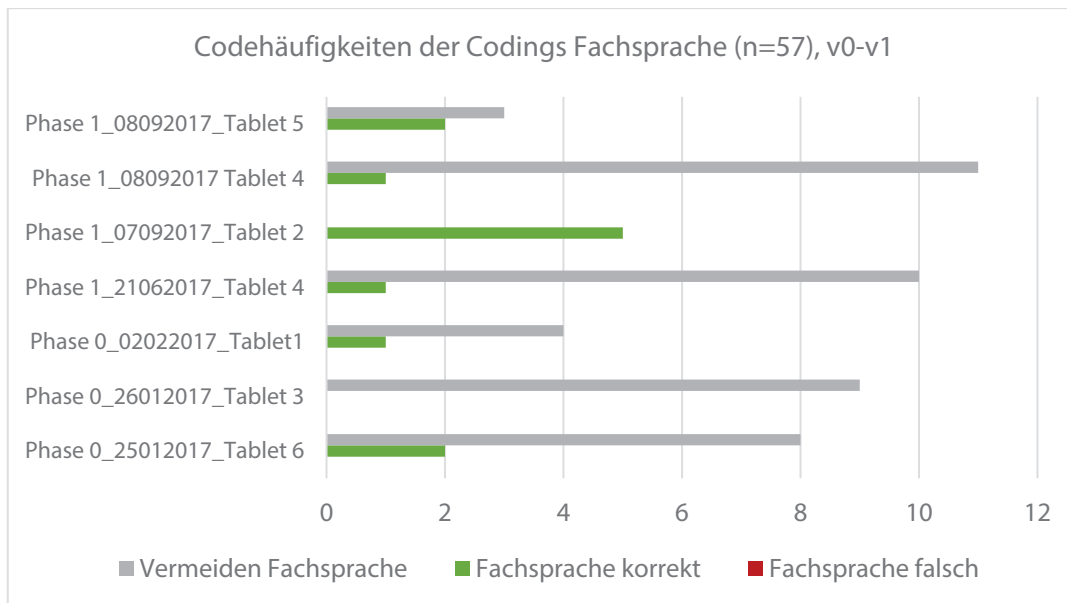


Abb. 99: Die Qualität der sprachlichen Auseinandersetzung mit dem Original ist eher gering, die Verwendung deutscher Begriffe wird weitgehend vermieden (eigene Darstellung).

Sowohl beim Vorlesen als auch beim handlungsbegleitenden Sprechen werden die Originale nicht mit den Begriffen der Wuchsformen, sondern überwiegend mit den Buchstaben adressiert, wie nachfolgende Abb. 100 zeigt. So kann zwar die Aufgabe gelöst werden, die Wuchsformen und deren Eigenschaften werden jedoch kaum erinnert werden können.

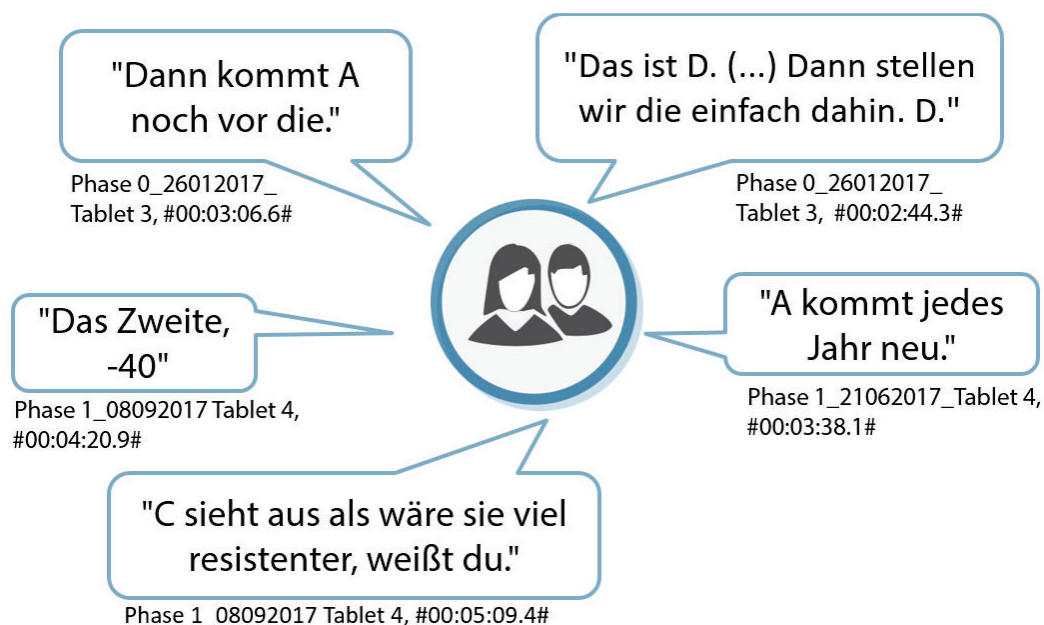


Abb. 100: Beispiele der sprachlichen Auseinandersetzung zu den Wuchsformen in v0 - v1 (eigene Darstellung aus Schüleräußerungen).

Die Auswertung der Schülerantworten, die diese in Form der entsprechenden Buchstabenreihenfolge als Textantwort in den Tablet-PC eingegeben hatte, zeigt ebenfalls ein unbefriedigendes Bild (vgl. Abb. 101). Von 40 Teams hatten nur 3 % das Ranking völlig korrekt erstellt.

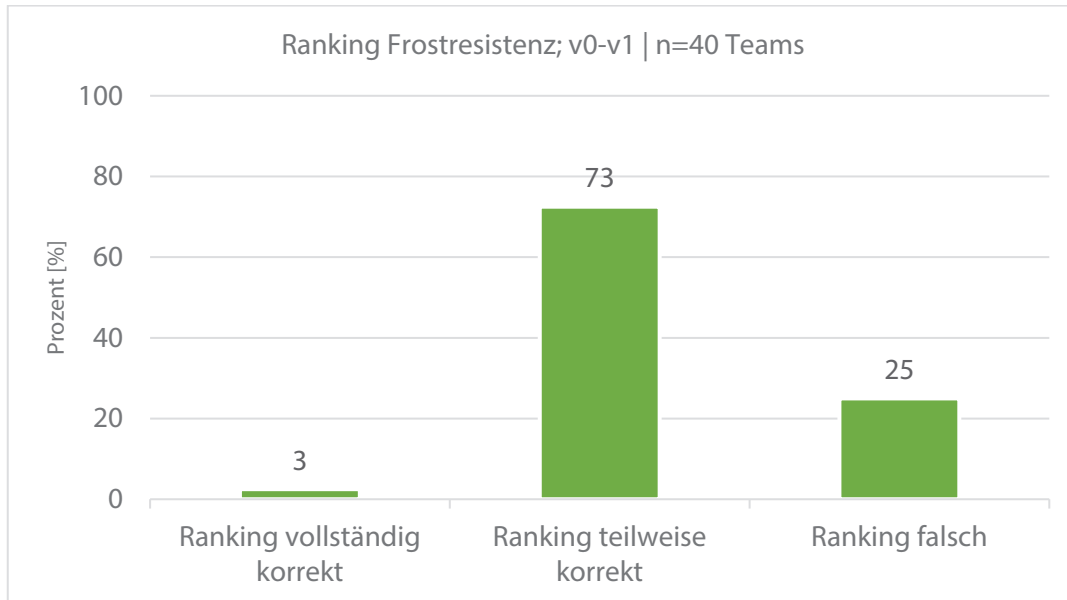


Abb. 101: Auswertung der Schülerantworten zu QID 38 Ranking der Wuchsformen nach Frostresistenz erstellen, v0-v1 (Ranking teilweise korrekt = nur eine Paarung vertauscht, Ranking falsch = mehr als eine Paarung vertauscht; eigene Darstellung).

Version 2 (v2) bis Version 3 (v3)

Beim Re-Design wurden sowohl Änderungen in der App als auch an den Hilfsmaterialien vor Ort vorgenommen. Zunächst wurden die Wuchsformen in den Text-Bild-Informationen in den Anhängen nun mit den Fachbegriffen beschrieben. Da das Auftreten gleicher Werte ebenfalls zu Verwirrung führte, und daher nicht wie ursprünglich gedacht eine Vereinfachung darstellt, wurden die Grenztemperaturen für Frostschäden als Wertespanne angegeben. Auf die Buchstaben-Platzhalter wurde verzichtet. Damit der Zeitaufwand für die Antworteingabe dennoch gering bleibt, wird Frage QID 38 nun mit einem Foto des Rankings beantwortet. Um den Fokus anschließend noch einmal auf die beiden resistentesten Wuchsformen zu lenken, mit denen an der nachfolgenden Station K2 weitergearbeitet wird, wurde eine Sicherungsfrage als Multiple-Choice-Frage QID 103 implementiert (vgl. Abb. 102), für die folgendes Lernziel formuliert ist.

Die SuS benennen in Partner- beziehungsweise Gruppenarbeit die zwei frostresistentesten Wuchsformenkategorien, indem sie die beiden Spitzenreiter mithilfe ihres Rankings identifizieren (QID 103).

Die Pfeilschilder als Hilfsmittel zum Sortieren wurden durch fünf unterschiedlich hohe Holzpodeste ersetzt, ähnlich den Siegertreppen im Sport.

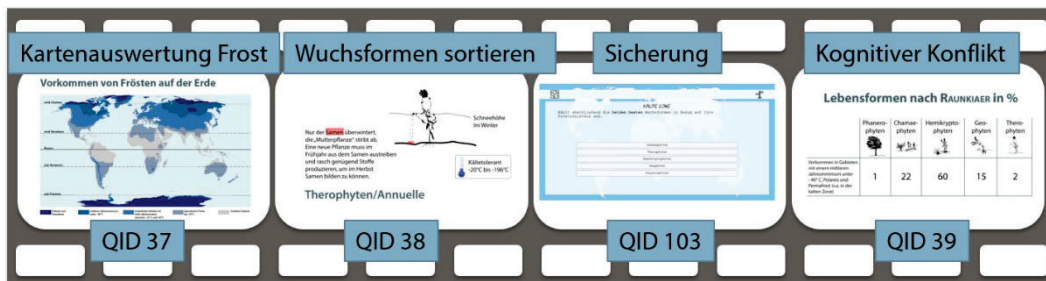


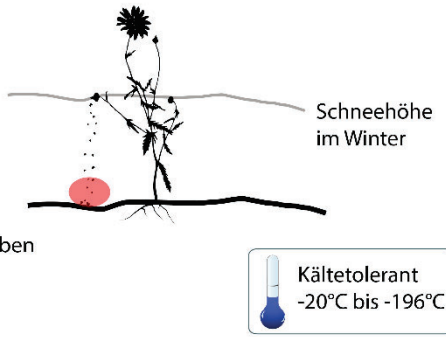


Abb. 102: Drehbuchansicht Station K1 in Version v2-v3; die Buchstabenplatzhalter wurden entfernt, die Wuchsformen werden mit Fachbegriffen adressiert, die Grenztemperaturen für Frostschäden als Spanne angegeben. Eine Sicherungsfrage ergänzt die Fotodokumentation.

Nachfolgende Übersicht (vgl. Abb. 103) zeigt das Instruktionsdesign in der App und die Überlegungen hierzu. Der Aufbau in der App beginnt nun schon mit der Einführung der Person Raunkiaers.

Auflösung zu QID 37 und Überleitung zu QID 38 in der App:	<p>Wie ihr den Karten entnommen habt, tauchen Fröste in allen Klimazonen auf. Selbst in der tropischen Zone kann es in Hochgebirgen recht kalt werden.</p> <p>Hier geht es jedoch um die kalte Zone und Pflanzen, die sich an die eisigen Temperaturen dort angepasst haben.</p> <p>Schaut euch hierzu die Theorie eines bedeutenden Botanikers an...</p> <div data-bbox="464 488 1158 1115" style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;">  <p>Ich bin Christian Raunkiaer.</p> <p>Als Botaniker habe ich mir angeschaut, wie Pflanzen überwintern.</p> <p>Ich habe sie nach Wuchs- bzw. Lebensformen eingeteilt.</p> <p>Diese Einteilung wirst du nun näher kennen lernen.</p> </div>
	<p>Intention: Feedback-Auflösung zur vorangegangenen Kartenarbeit.</p> <p>Einführung der Wuchsformen nicht direkt, sondern zunächst des Wissenschaftlers, der diese Einteilung vorgenommen hat (Stilmittel der Personifizierung).</p>
QID 38	<p>Raunkiaer hat die Pflanzen nach der Lage ihrer Erneuerungsknospen in Wuchsformen eingeteilt. Diese unterscheiden sich in ihrer Fähigkeit, Kälte zu ertragen.</p> <p>In den Anhängen findet ihr die Beschreibung der einzelnen Formen, auf dem Tisch jeweils ein Beispiel.</p> <p>Sortiert die Wuchsformen in den Töpfen an der Station nach ihrer Frostresistenz! Stellt sie dazu auf die passenden Holzpodeste.</p> <p>Macht anschließend ein Foto eures Rankings!</p>

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Aufbau vor Ort:</p>	 <p>Holzpodeste machen nun deutlicher, in welche Richtung „nach aufsteigender Frostresistenz“ bedeutet.</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Materialanhänge in der App</p>	<p>Welche Pflanzen können aufgrund ihrer Frostresistenz die stärksten Fröste ertragen?</p> <p>Die Zahlen geben euch die Grenztemperaturen in °C für Frostschäden an. Beispiele der jeweiligen Gruppe stehen auch an der Station.</p> <p>Sortiert die Pflanzen nach aufsteigender Frostresistenz!</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;">  <p>Nur der Samen überwintert, die „Mutterpflanze“ stirbt ab. Eine neue Pflanze muss im Frühjahr aus dem Samen austreiben und rasch genügend Stoffe produzieren, um im Herbst Samen bilden zu können.</p> <p style="text-align: right;">Schneehöhe im Winter</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; margin-top: 10px;"> Kältetolerant -20°C bis -196°C </div> <p style="text-align: center; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">Therophyten/Annuelle</p> </div>

Die **Überwinterungsorgane** liegen unmittelbar oberhalb der Erdoberfläche. Die oberirdischen Pflanzenteile sterben im Herbst ab. Die Schneedecke, Streu und alte Blätter wirken isolierend.

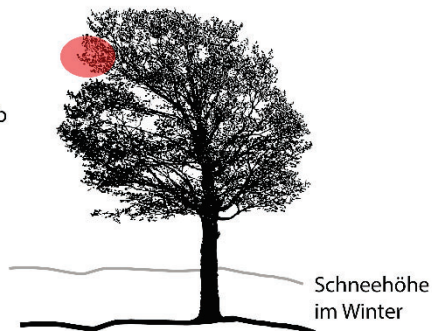


 Kältetolerant
-10°C bis -20°C

Hemikryptophyten (Gräser, Rosettenpflanzen, Stauden)

Überwintern durch **Knospen**. Diese liegen jedoch meist oberhalb der schützenden Schneedecke und sind daher der Kälte besonders ausgesetzt.

 Kältetolerant
-40°C bis -196°C



Phanerophyten

Überwintern durch **Knospen**. Diese liegen zwischen 10 cm und 50 cm über dem Boden, und genießen somit im Winter den Schutz der Schneedecke. Ihr dichter Wuchs schützt die Knospen ebenfalls vor Wind und Frost.



 Kältetolerant
-20°C bis -40°C

Chamaephyten (Zwergsträucher, Polsterpflanzen)


	 <p>Überwintern durch Knollen oder Zwiebeln im Boden. Aus diesen Speicherorganen treibt die Pflanze im Frühjahr wieder aus.</p> <p>Kältetolerant -10°C bis -15°C</p> <h2>Geophyten (Rüben, Zwiebeln, Knollen)</h2>					
<p>QID 103 (Multiple-Choice)</p>	<p>Wählt abschließend die beiden besten Wuchsformen in Bezug auf ihre Frostresistenz aus.</p> <table border="1" data-bbox="590 918 893 1120"> <tr><td>Chamaephyten</td></tr> <tr><td>Therophyten</td></tr> <tr><td>Hemikryptophyten</td></tr> <tr><td>Geophyten</td></tr> <tr><td>Phanerophyten</td></tr> </table>	Chamaephyten	Therophyten	Hemikryptophyten	Geophyten	Phanerophyten
Chamaephyten						
Therophyten						
Hemikryptophyten						
Geophyten						
Phanerophyten						

Abb. 103: Instruktionsdesign der App und Aufbau vor Ort in Version v2-v3 (eigene Darstellung).

Diese Version v2 war am 27.10., 10.11.2017 und 11.01.2018 im Einsatz; hier waren die Schilder mit den Wuchsformbezeichnungen als Hilfestellung schon in den Töpfen eingesteckt. In Version v3 am 22., 23., 24., 25.01. und am 19.02.2018 mussten die SuS die Schilder selbst einstecken.

Eine Auswertung der von den SuS erstellten Fotos ihres Rankings zeigte hinsichtlich der Sortierrichtung nun deutliche Besserung: Wie Abb. 104 zeigt war zumindest die Teilleistung nach aufsteigender Frostresistenz zu sortieren nun klarer, die Holzpodeste halfen, die intendierte Sortierrichtung zu erfassen.

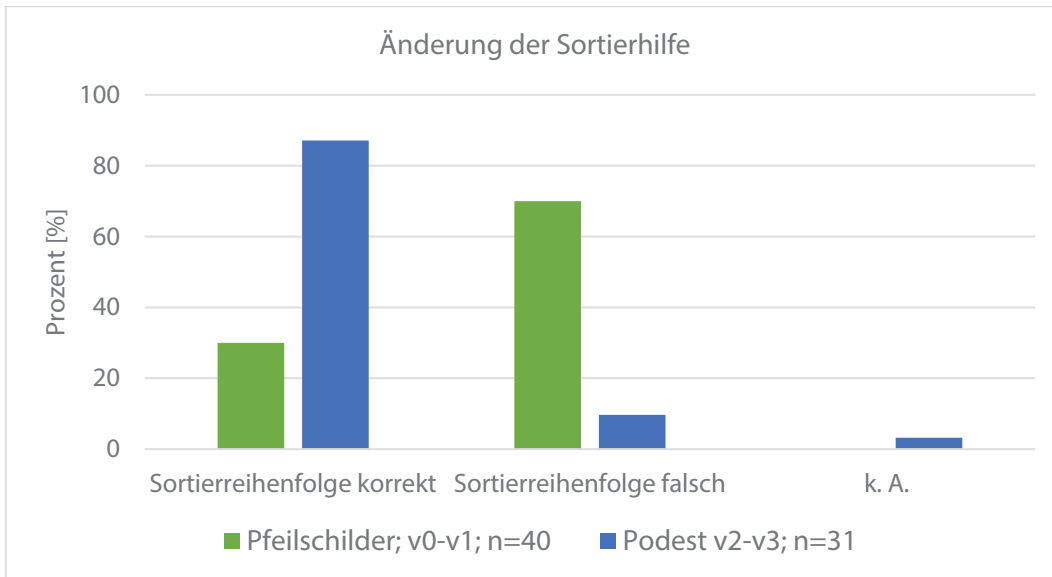


Abb. 104: Auswertung der Fotos der Rankings: die Podeste verdeutlichten die intendierte Sortierrichtung besser als die Pfeilschilder (eigene Darstellung).

Eine Analyse der Codings in Bezug auf den Code „Verständnisschwierigkeiten Instruktion“ zeigte (vgl. Abb. 105), das die Sortierrichtung weitgehend klar war, jedoch vor allem generelle Unklarheit bestand, was denn überhaupt zu tun sei (vgl. Anhang X, S. A105ff).

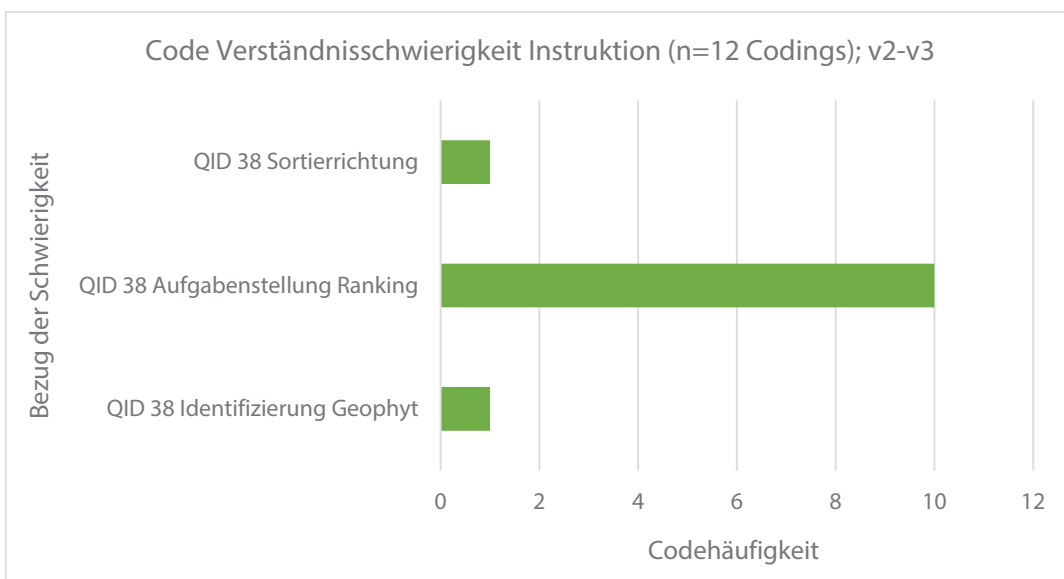


Abb. 105: Auswertung der Codings zum Code "Verständnisschwierigkeiten Instruktion" der Version v2 und v3. Es herrscht oft Unklarheit in Bezug auf die eigentliche Aufgabenstellung (eigene Darstellung).

Meist sind die SuS zunächst irritiert und lesen die Aufgabenstellung erneut. Einige gehen jedoch davon aus, dass sie für ihr Ranking ihr Vorwissen nutzen sollen und entdecken die Informationen im Anhang erst spät (in einem Fall auch gar nicht). Folgender Ausschnitt einer Szene verdeutlicht die Schwierigkeit:

Phase 2_10112017_Tablet 1, #00:03:11.0#

S1: "F*** (...) woher soll ich das wissen? (...) Also, was, wie sollen wir die sortieren?"

S2 zeigt auf die Pflanzen: "Was am meisten Frost verträgt (zeigt nach links) und am wenigsten (zeigt nach rechts)".

S1 beugt sich über die Pflanzen und liest die Einsteckschilder mit den taxonomischen Bezeichnungen des botanischen Gartens. Diese enthalten jedoch nur die Artnamen, d. h. sie sind für die Station irrelevant.

S2: "Ich glaube mal diese hier (nimmt den Topf mit den Samenpflanzen (Tagetes) in die Hand) vertragen was." (Unverständlich)

S1 liest leise weiter auf dem Tablet-PC, S2 liest die Pflanzenschildchen.

S2: "Woher sollen wir das wissen?"

S1 greift nach dem Baum: "Ich glaube, der hält viel Frost aus."

Als weitere Belastung wurden die vielen Anhänge empfunden. Hierzu gab es in den Versionen v0 bis Version v3 fünf direkte Äußerungen (vgl. Anhang X, S. A110ff).

Eine Diagnose in Anlehnung an die Cognitive Load Theory legt nahe, dass die Anzahl der Lernelemente, die gleichzeitig im Arbeitsgedächtnis behalten werden müssen, in diesem Setting zu groß ist. SuS müssen sich die Bezeichnung der Wuchsform merken, ihr Aussehen, dies jeweils einem der fünf Originale zuordnen und zudem eruieren, welche Frostresistenz diese Wuchsform besitzt, um schließlich das Ranking zu erstellen. Der Wechsel zwischen den fünf Anhängen mit den Text-Bildinformationen in der App und den Originalen fällt schwer.

Version v4

Ein erneutes Re-Design für Version v4 zielte zunächst auf die Unterteilung der Lernziele ab. Die Aufgabe wurde kleinschrittiger formuliert und unterteilt. Im Instruktionsdesign der App wurde QID 38 zweigeteilt. Zunächst sollen die Wuchsformen den Pflanzen vor Ort zugeordnet werden. In einer zweiten Teilleistung sollen die Wuchsformen dann nach Frostresistenz sortiert werden. Zu jeder Teilleistung wurde neues Arbeitsmaterial entwickelt. Die Lernziele lauteten nun wie folgt:

Die SuS ordnen in Partner- beziehungsweise Gruppenarbeit den an der Station bereitgestellten Beispielpflanzen die jeweilige Wuchsformkategorie zu, indem sie deren Beschreibung aus einem Video entnehmen und die entsprechenden Schilder an den Beispielpflanzen anbringen. (QID 38, Teil 1)

Die SuS ermitteln in Partner- beziehungsweise Gruppenarbeit die Frostresistenz der einzelnen Wuchsformkategorien, indem sie entsprechende Daten zur Grenztemperatur für Frostschäden aus einem Diagramm entnehmen. (QID 38, Teil 2)

Die SuS ordnen in Partner- beziehungsweise Gruppenarbeit die an der Station bereitgestellten Beispielpflanzen nach ihrer Frostresistenz ordnen, indem sie die Originale entsprechend der aus dem Diagramm entnommenen Daten nach abnehmender Frostresistenz auf Rankingpodeste sortieren. (QID 38, Teil 2)

Die SuS bestimmen in Partner- beziehungsweise Gruppenarbeit die zwei frostresistentesten Wuchsformenkategorien, indem sie die beiden Spitzenreiter ihres Rankings identifizieren. (QID 103)

Die SuS formulieren in Partner- beziehungsweise Gruppenarbeit einen Widerspruch, indem sie anhand eines Diagrammes zur Häufigkeitsverteilung der Wuchsformen ermitteln, dass die beiden im Ranking nach Frostresistenz führenden Wuchsformen in der Realität in der Kalten Zone kaum vorkommen. (QID 39)

Die Drehbuchansicht verdeutlicht die Unterteilung an QID 38 in nachfolgender Abbildung Abb. 106:

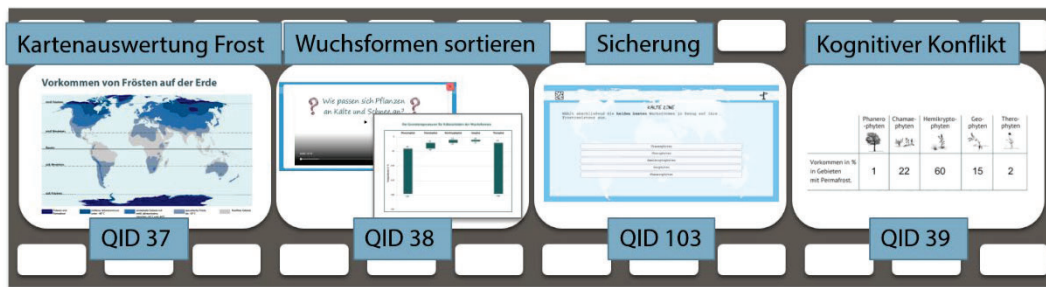


Abb. 106: Drehbuchansicht der Version v4: Kleinschrittigere Herangehensweise in Aufgabe QID 38 und Überarbeitung des Arbeitsmateriales (eigene Darstellung).

Als Arbeitsmaterial zur Identifikation der Wuchsformen wurde ein Sketch-Video erstellt. In diesem Video werden nacheinander alle Wuchsformen namentlich vorgestellt und ihre Überwinterungsstrategie beschrieben. Das Video hat keinen Ton, was mehrere Gründe hat: Textinformationen können sowohl über den visuellen Kanal als auch über den auditiven Kanal übertragen werden. Mehrere Wahrnehmungsprozesse für die Vermittlung zu nutzen kann den Lernprozess behindern, wenn das Arbeitsgedächtnis überlastet wird. Daher sollten Texte, die am Bildschirm präsentiert werden, nicht zugleich als Audioausgabe vorgelesen werden. Denn aus der bildhaften und aus der auditiven Darstellung heraus wird jeweils ein verbales Modell erzeugt, welche der Lernende zu einem Modell integrieren muss; das Arbeitsgedächtnis wird unnötig belastet (KERRES 2018, 186–187). Auch aus pragmatischen Gründen ist eine Vertonung in diesem Fall ungünstig, denn die Geräuschkulisse in Kalthaus III ist durch die Nähe der vier hier aufgebauten Stationen recht hoch, sodass ein vertontes Video mit Kopfhörern anzuhören wäre. Jedoch können die SuS so vorgehen, dass sie das Video nach jeder Beschreibung stoppen und dem entsprechenden Original das zugehörige Einsteckschild zuordnen. Ein Wechsel zwischen Einstecken des Kopfhörers für die nächste Beschreibung und Arbeiten mit dem Original wäre erneut belastend für die SuS.

Zudem hat ein Sketch-Video einen weiteren Vorteil: Da die Beschreibung durch die schreibende Hand erst allmählich erscheint, wird das Lesetempo vorgegeben. SuS sind also mehr oder weniger gezwungen, auch die Wuchsformbeschreibung zu lesen, und nicht nur selektiv Fachbegriff und Aussehen zu entnehmen, wie bei den vorherigen Text-Bildinformationen. So kann eine stärkere Auseinandersetzung mit dem Original erfolgen. Insbesondere für die nachfolgende Station K2 ist die Kenntnis der Überwinterungsstrategie der Therophyten erforderlich. Falls die SuS das Video nicht stoppen erst vollständig anschauen können sie mittels Übersichtsbild am Ende des Videos die Wuchsformbezeichnungen auf den Einsteckschildern, welche nun nur noch den Fachbegriff und nicht mehr die Silhouette enthalten, den Originalen zuordnen.

Zudem wurde die Annahme vertreten, dass bei bewegten Bildern alle Partner im Team auf das Video schauen, sodass alle die Informationen erhalten und nicht nur der Tablet-Halter, der dann ggf. nur die Fachbegriffe und Werte weitergibt, wie es meist bei den Text-Bildinformationen der Fall war. Für die zweite Teilleistung, die Wuchsformen nach austeigender Frostresistenz zu sortieren, wurde die Spanne der Grenztemperaturen nicht mehr als Zahlenwerte angegeben, sondern in einem Diagramm visualisiert. Die Podeste erhielten zusätzlich Nummerierungen, um die Platzierung noch deutlicher zu machen, denn eine Gruppe hatte die Pflanzen in umgekehrter Reihenfolge sortiert.

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">OID 38</p>	<p>Einige Pflanzen können Kälte besser ertragen als andere.</p> <p>Auf dem Tisch findet ihr Vertreter verschiedener Überwinterungsstrategien.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ordnet ihnen anhand des Videos im ersten Anhang die entsprechende Wuchsformbezeichnung zu, indem ihr die passenden Schilder einsteckt. 2. Sortiert die Pflanzen anschließend mithilfe des zweiten Anhangs nach ihrer Frostresistenz! Stellt sie dazu auf die passenden Holzpodeste. <p>Macht anschließend ein Foto eures Rankings!</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Aufbau vor Ort:</p>	<div data-bbox="309 1115 1257 1617" data-label="Image"> </div> <p>Die Holzpodeste tragen nun Ranking-Nummern. Auf den Einsteckschildern stehen nur die Fachbegriffe, die die SuS anhand des Videos zuordnen sollen.</p>

Wie passen sich Pflanzen an Kälte und Schnee an?

Fragen wir doch einen Botaniker, der diverse Überwinterungsstrategien untersucht hat.



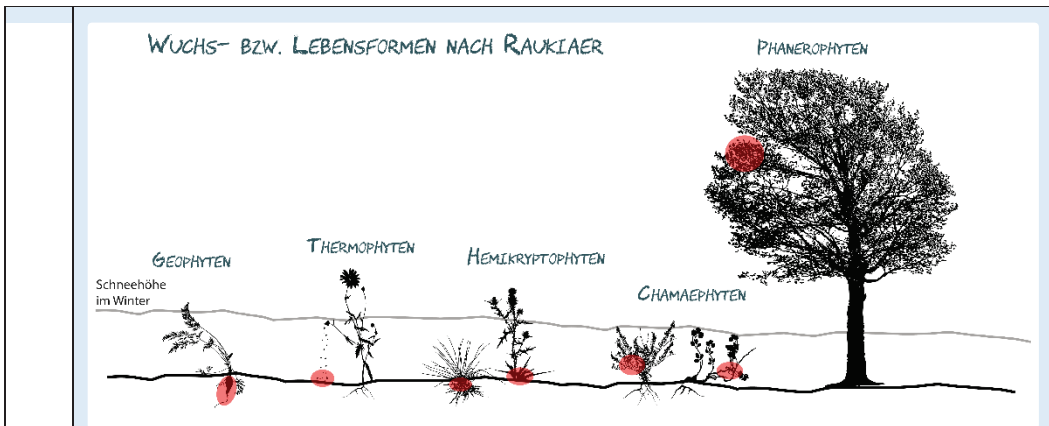
Das Sketchvideo (Bild oben zeigt Ausschnitt aus Startsequenz) erzwingt ein Lesen der Wuchsformbeschreibungen. Es kann nach jeder Beschreibung gestoppt werden, um das entsprechende Original zu identifizieren und das Einsteckschild zuzuordnen.

Therophyten (Samenpflanzen)

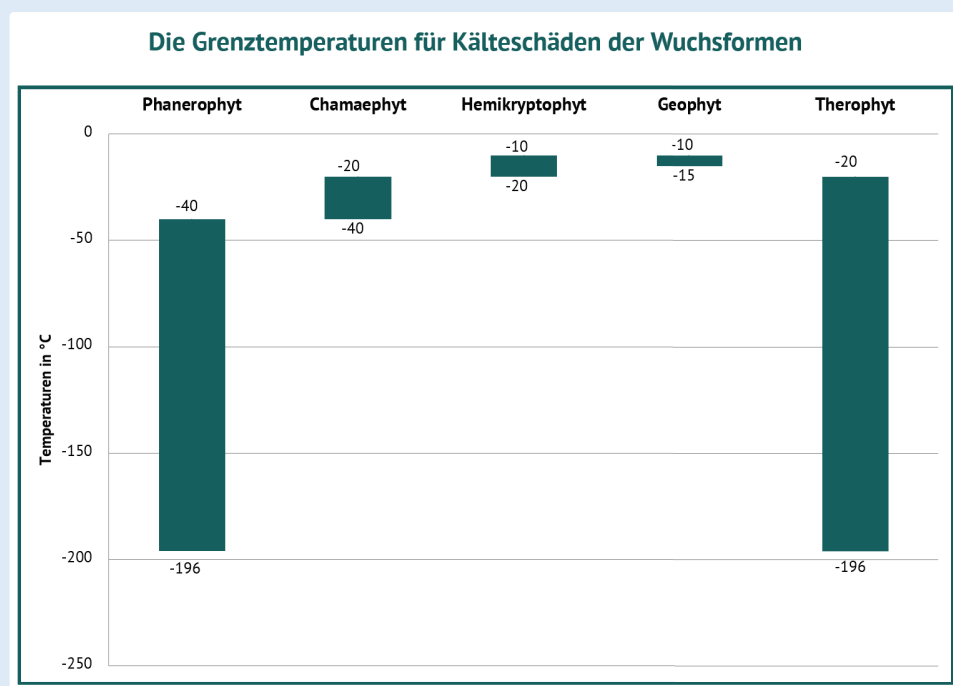
Nur der Samen überwintert, die "Mutterpflanze" stirbt ab. Eine neue Pflanze muss im Frühjahr aus dem Samen austreiben und rasch genügend Stoffe produzieren, um im Herbst neue Samen bilden zu können.



Die Unterscheidungskriterien zwischen den Wuchsformen werden im Video farblich hervorgehoben (Bild oben zeigt Screenshot aus einer Wuchsformbeschreibung).



Das Schlussbild am Ende ermöglicht eine Zuordnung anhand der Silhouetten. So können auch die SuS, die das Video zunächst zu Ende anschauen, die Zuordnung vornehmen, ohne das Video noch einmal anschauen zu müssen.



Die Grenztemperaturen für Schäden wurden in einem Diagramm visualisiert.

Abb. 107: Instruktionsdesign in der App und Aufbau vor Ort in Version v4 (eigene Darstellung)

Diese Version v4 wurde am 13.06. und 14.06.2018 erprobt.

Die Zuordnung der Fachbegriffe zu den Wuchsformen konnte verbessert werden (vgl. Abb. 108); nur eine Gruppe hatte ein Paar vertauscht, mehr als ein Paar vertauscht kam nun nicht mehr vor.

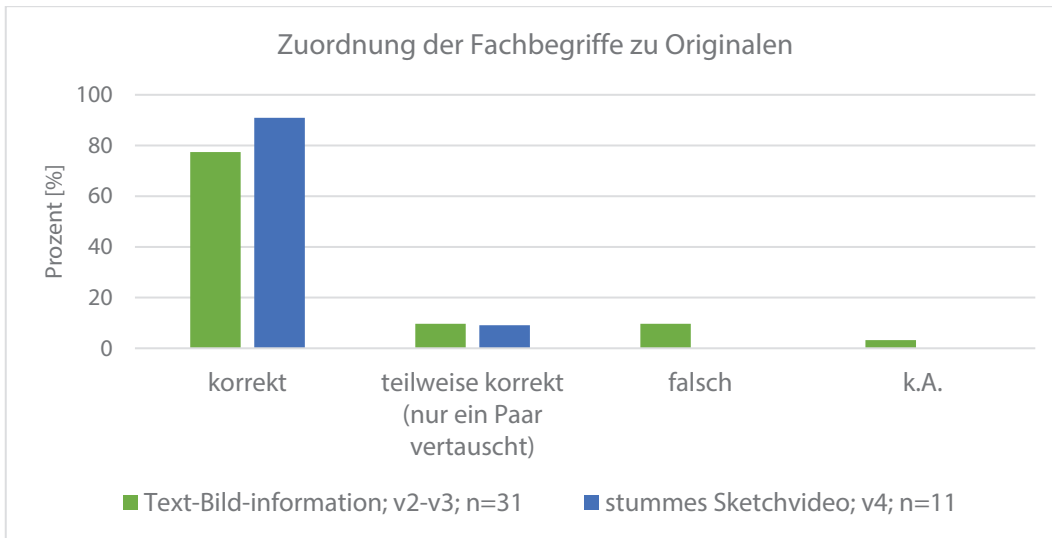


Abb. 108: Auswertung der Schülerantworten in Bezug auf Zuordnung der Einsteckschilder zu den entsprechenden Originalen. Mit der Einführung des Sketch-Videos hatte nur eine Gruppe lediglich ein Paar vertauscht (eigene Darstellung).

Wie Abb. 109 zeigt, scheint es bei der Betrachtung der Schülerantworten zum Ranking selbst auf den ersten Blick keine Verbesserung durch die Darstellung im Diagramm zu geben. Werden die Schülerantworten genauer betrachtet, so trägt diese Bild, denn zum einen gab es nun keine Rankings mit mehr als einer vertauschten Paarung mehr (s.o.). Zum anderen wurden bei den vertauschten Paaren nur noch die Therophyten und Phanerophyten vertauscht und nicht wie bisher verschiedene Paarungen. Dies liegt daran, dass SuS visuell die längere Spanne der Therophyten als größere Frostresistenz identifiziert hatten und nicht die niedrigeren Grenztemperatur der Phanerophyten als Kriterium sahen.

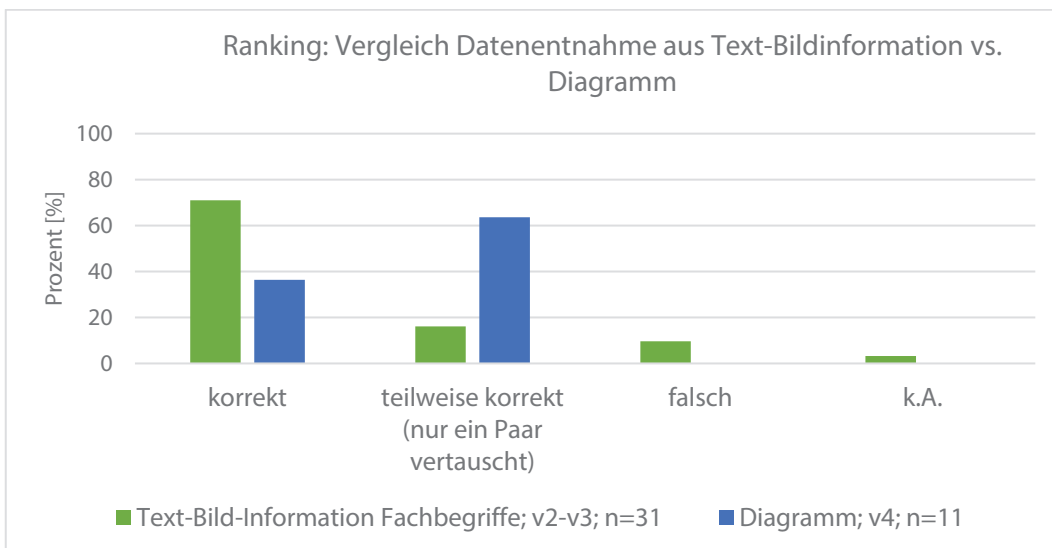


Abb. 109: Auswertung der Schülerantworten in Bezug auf das erstellte Ranking: das Diagramm brachte auf den ersten Blick keine Verbesserung (eigene Darstellung).

Der Code „Verständnisschwierigkeiten Instruktion“ kommt in Version v4 nicht mehr vor. Mit dem Dokumenten-Vergleichsdiagramm in MaxQDA kann das Vorkommen eines Codes über alle Dokumente hinweg gegenübergestellt werden. Eine Visualisierung des Vorkommens des Codes „Verständnisschwierigkeiten Instruktion“ (vgl. Abb. 110, sowie besser lesbar im Anhang X, S. A124) zeigt deutlich, dass die Lernenden sich ab Version v4 nicht mehr mit Überlegungen zur Aufgabenstellung auseinandersetzen und damit effizienter arbeiten können.

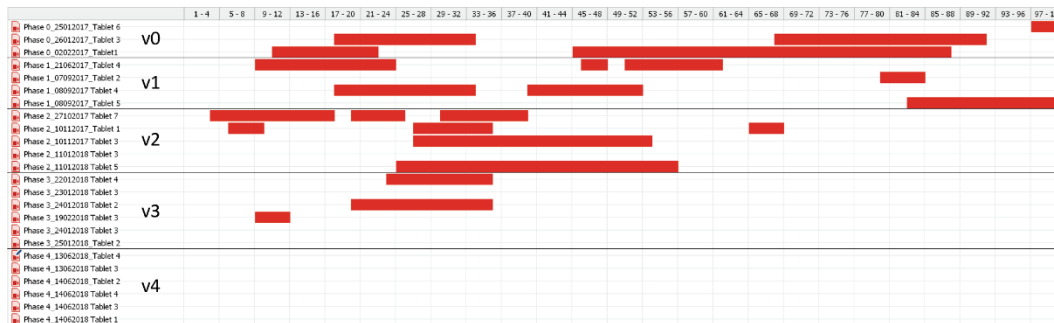


Abb. 110: Dokumenten-Vergleichsdiagramm (siehe auch S. A124 im Anhang): Der Code "Verständnisschwierigkeiten Instruktion" tritt in Version 4 (v4) nicht mehr auf (eigene Darstellung aus MaxQDA).

Verständnisschwierigkeiten auf Nutzerseite, d.h. Stellen, an denen Schwierigkeiten aufgrund von Anwenderfehlern auftauchen (vgl. Anhang X S. A158) sind vernachlässigbar und überwiegend darin begründet, dass die Person mit dem Tablet-PC falsch vorliest oder fehlerhafte Informationen weitergibt und/oder die Partner nicht korrekt zugehört hatten.

Die Auswirkungen der mediendidaktischen Entscheidungen im Verlauf der Entwicklung dieser Station schlugen sich auch in der Qualität der Schülerantworten zu Frage QID 39 nieder, die mittels Auswertung einer Tabelle zur Häufigkeitsverteilung der Wuchsformen in der Kalten Zone einen kognitiven Konflikt hervorrufen sollte (vgl. Abb. 111). Bei der Teilleistung wurde als korrekt und vollständig gewertet, wenn die SuS sowohl Wuchsformen nannten, die häufig vorkommen, als auch Wuchsformen, die selten vorkommen. Die Schülerantworten zu QID 38 und QID 39 sind im Original im Anhang XII, S. A163ff zu finden.

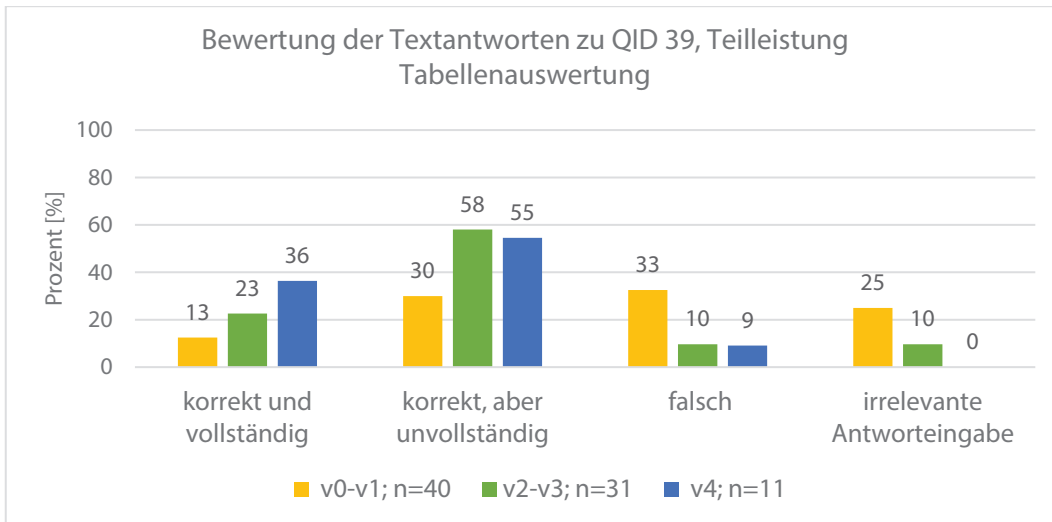


Abb. 111: Auswertung der Schülerantworten zu QID 39: die mediendidaktischen Entscheidungen führten zu einer Verbesserung der Qualität der Schülerantworten (eigene Darstellung).

Auch die Teilleistung der eigentlichen Tabelleninterpretation verbesserte sich, der Widerspruch wird häufiger ausformuliert (vgl. Abb. 112).

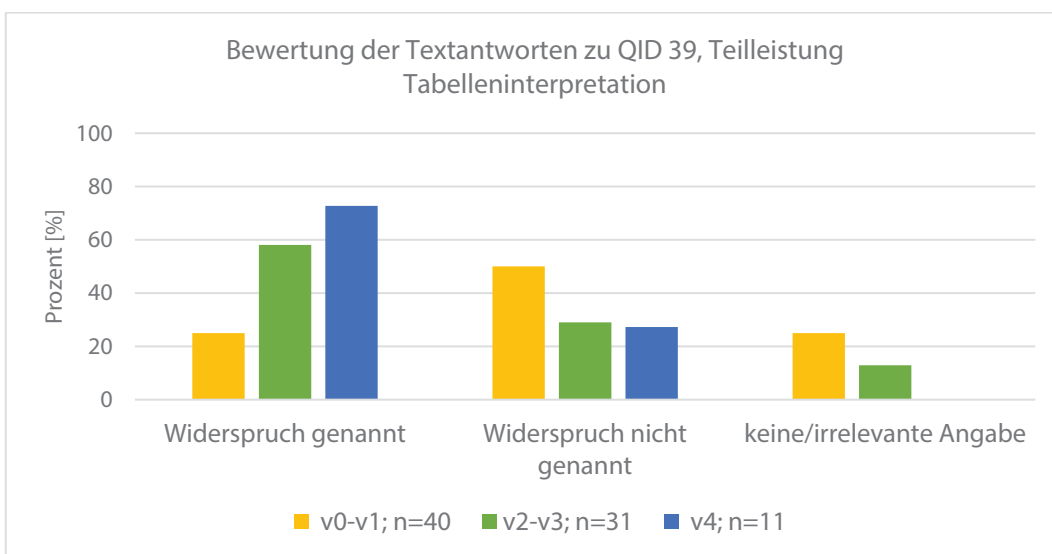


Abb. 112: Auswertung der Schülerantworten zu QID 39: der kognitive Konflikt wird nun eher ausformuliert (eigene Darstellung).

Dadurch, dass SuS sich weniger mit Fragen wie „was ist zu tun?“ und „wie soll ich sortieren?“ beschäftigt sind, arbeiten sie eher im Flow. Die Effektivität wurde erheblich verbessert. Zudem zeigt sich auch eine qualitativ positive Entwicklung der sprachlichen Auseinandersetzung. Wie Abb. 113 zeigt, wurde in den Versionen v0-v1 über die Wuchsformen überwiegend mit Platzhaltern gesprochen (vgl. S. 278). Wenn die deutschen Begriffe verwendet wurden, wurden sie auch korrekt ausgesprochen. Mit Einführung der Fachtermini in den Versionen v2-v3 halten sich korrekte und falsche Aussprache ungefähr die

Waage, der Anteil an Benennung mit Platzhaltern ist deutlich gesunken (vgl. Anhang X, S. A111). Der Anstieg der Mittelwerte von MW = 19 in v0-v1 auf MW = 31 in v2-v3 zeigt zudem, dass die Redeanteile in Bezug auf die Wuchsformen deutlich gestiegen sind. Die Unterhaltungen drehen sich nun nicht mehr um die Aufgabenstellung, sondern um die Aufgabeninhalte. Auffällig ist weiterhin die qualitative Änderung zu Version v4, der Anteil korrekter Verwendung der Fachbegriffe nimmt deutlich zu. Der Zwang zum Lesen durch das Sketch-Video hat hier sicherlich seinen Beitrag geleistet.

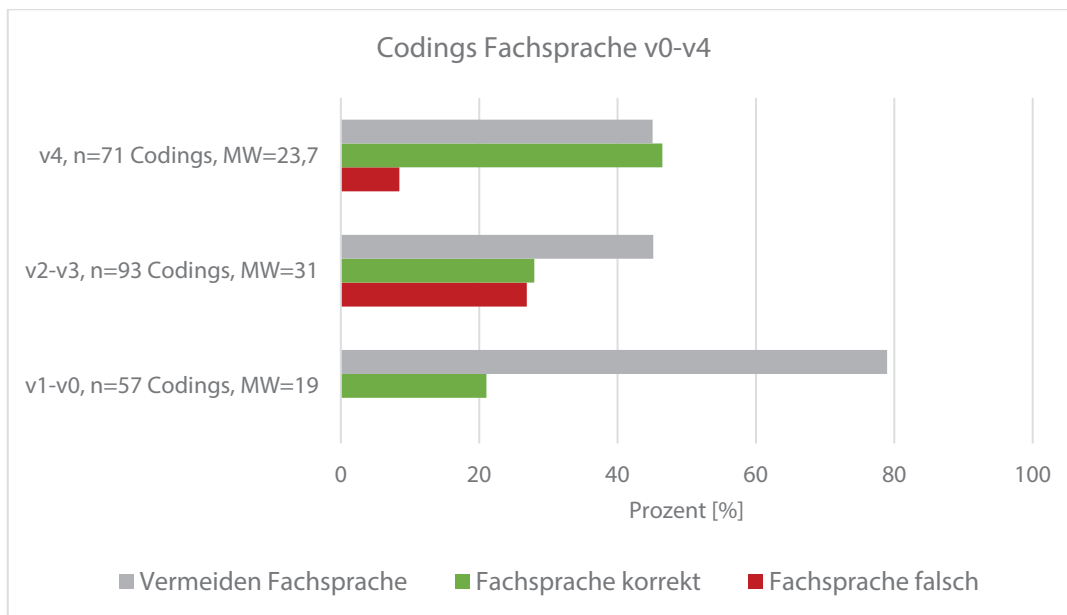


Abb. 113: Auswertung der Videodaten in Bezug auf den Code Fachsprache (eigene Darstellung).

Auch bei der Art und Weise wie die SuS sich das kooperative Arbeiten aufteilen sind leichte Verbesserungen erkennbar (vgl. Abb. 114). Der Einsatz des stummen Sketch-Videos bewirkte, dass sie in dieser Phase die Informationen häufiger gemeinsam der Web-App entnommen haben.

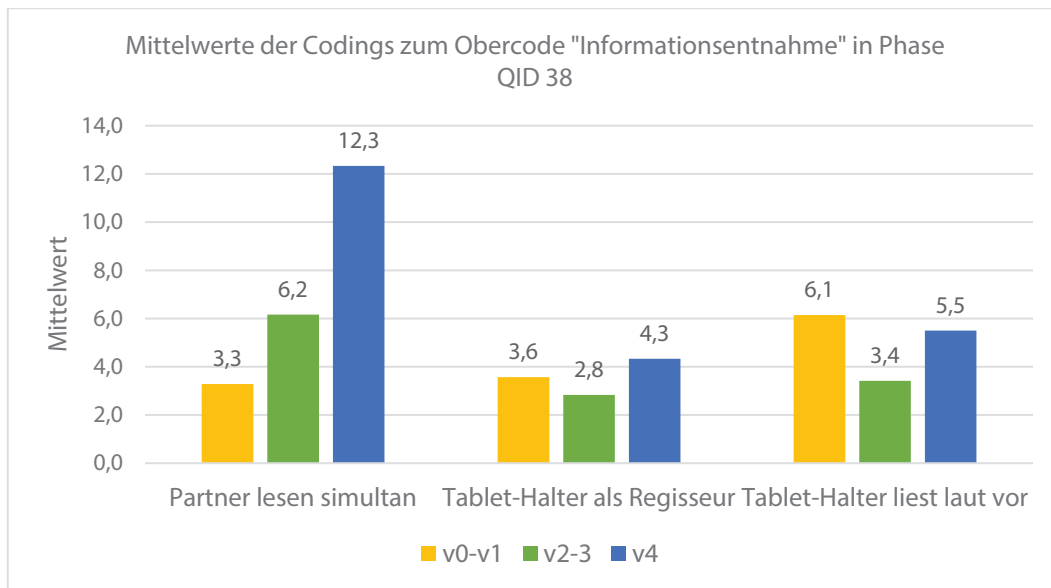


Abb. 114: Vorgehensweise bei der Informationsentnahme in Phase QID 38, Mittelwerte der Codings (eigene Darstellung)

Eine Gruppe zeigte sich besonders kreativ im Umgang mit der Sprache: sie vermieden zunächst in der Sortierphase bei Frage QID 38 die Fachbegriffe. Als sie entschieden, wohin der Phanerophyt sortiert werden soll, „krönten“ sie diesen sprachlich zum „King“. Während der nachfolgenden Auswertung der Häufigkeitstabelle in Frage QID 39 betitelten sie auch die anderen Wuchsformen mit eignen Begriffen aus der Jugendsprache, die ebenfalls ein Ranking darlegten.

#00:04:55.8# [Phase QID 38]

S2: „Das ist der King, oder?“ (zeigt auf Phanerophyt)

#00:07:22.7# [Phase QID 39]

S2: "Warte mal, wo sind die Lelleks, die Lelleks machen, warte (.) (schaut wiederholt zwischen Tablet-PC und Originalen hin und her.) (unv.) Irgendwie, das hier sind die Boys (legt Hand an Chamaephyt) (.)"

S1: "Die kommen am häufigsten vor (zeigt auf Hemikryptophyt)."

S2 legt Hand an Hemikryptophyt: "Das sind die Lelleks kommen am wenigsten (schaut auf App) ach, nein (zeigt auf Geophyt) Ultralleks sind vorletzter und die (.) die (.) auf dem zweiten Platz."

#00:07:43.8#

S2: "Und warum kommen die Lelleks (zeigt auf Chamaephyt) dann am häufigsten vor?"

#00:09:18.4#

S2: "Platz zwei waren dann die Lelleks, die Chamas, nicht wahr?"

00:09:45.0#

S2: "Dann kam der, wer kam denn dann, dann kam die Ultrallele (Geophyt)."

S1: "Nein, nicht die Ultrallele (.) dann kam die Chamaephyten."

S2: "Nein, die habe ich schon."

S1: "Dann die Krypto, dann die, dann die Ultrallele, (...) (beide lachen)"

Weiterhin gab es eine recht große Spannbreite in der Art und Weise, wie die SuS die Aufgabe lösten. So gab es zwei Gruppen, die die Station gänzlich ohne Originale gelöst haben. Beiden Gruppen zeigen extreme Unterschiede hinsichtlich der kognitiven Leistung:

Gruppe A:

Eine Dreiergruppe hatte die Station selbst nicht direkt identifizieren können. Alle vier Stationen in Kalthaus III mussten aufgrund der Enge vor Ort auf nur zwei Tischen aufgebaut werden. Eine Gruppe aus vier Personen arbeitete an Station K4 am Nachbartisch und hatte sich etwas ausgebreitet. Die Dreiergruppe hatte nach kurzem Blick auf die Tische sich weiter mit den Inhalten der App beschäftigt und die Sortieraufgabe nur mit den Text-Bildinformationen in der App gelöst. Auch die nachfolgende Tabellenauswertung QID 39 war völlig korrekt: Ihre Antwort lautete: „Luftpflanzen und einjährige Pflanzen sind kaum vorhanden obwohl sie sehr frostresistent sind.“ Erst nachdem die Vierergruppe weg ist, nähern sie sich wieder den Tischen, sortierten jedoch gedanklich weiter.

#00:05:44.1#

S2 liest Anhänge: "A, (..) hat jemand einen Stift dabei?"

S3: "Nein."

S2: "Ok, merk dir: A hat -196."

Erst nachdem sie die Station beendet haben bemerken sie die Pflanzen und Pfeilschilder.

#00:11:00.6#

S2: „Ah, wir hätten die aufstellen...Okay, wir haben das auf dem Tablet gemacht direkt.“

S3 lacht: "Ach so, ja okay."

[v1, 18102017_Tablet 6, Gymnasium, EK GK, MSS 12; Video nicht flächendeckend auswertbar].

Gruppe B:

Eine andere Zweiergruppe löste die Station ebenfalls, ohne die Originale zu nutzen. Sie hatten zwar die Station gefunden, jedoch die Aufgabenstellung trotz lauten Vorlesens nicht korrekt erfasst. Sie nutzten weder die Anhänge der App,

noch nahmen sie die Originale an der Station wahr. Sie legten die Einsteckschilder auf die Podeste und nutzten zur Erstellung des Rankings reine Intuition. Die Antwort auf QID 39 wurde mit sehr viel Geduld (Eingabe dauerte fast 13 Minuten) ausführlich eingegeben, sie lautete: *„Aus der Tabelle lässt sich schlussfolgern, dass in kalten Gebieten am häufigsten Hemokryptophyten vorkommen. Auf Platz zwei liegen die Chamaephyten. Auf Platz drei liegen die Geophyten, auf Platz 4 die Therophyten und am wenigsten kommen die Phanerophyten vor.“* Ein kognitiver Konflikt wurde weder formuliert noch erkannt.

Die beiden haben nach einigem Suchen die richtige Station gefunden, haben aber noch nicht verstanden, was zu tun ist.

#00:09:46.3#

S2: "Was jetzt?" Er schaut auf die Einsteckschilder und kratzt sich am Kopf. S1 hat sich die Materialien noch nicht angeschaut und blickt zunächst auf das Tablet, dann etwas genervt Richtung Kamera. S1: "Okay, noch mal." Er liest erneut die Instruktionen vor.

Als S1 mit dem wiederholten Vorlesen der Instruktion zum Sortieren auf die Holzpodeste endet, beginnt S2 die Podeste zu zählen und gleicht die Anzahl mit den Einsteckschildern ab. Die Töpfe mit den Pflanzen haben beide noch nicht wahrgenommen. S1 schaut eher auf den Tablet-PC und blickt zu K1. Schließlich legt er den Tablet-PC auf den Pflanztisch neben K1 ab.

#00:10:08.4#

S2 fasst sein Verständnis der Aufgabenstellung nach dem Abgleich der Versuchsgegenstände zusammen: "Also das, was am meisten Frost aushält."

S1: "Ja."

Beide beugen sich über die Einsteckschilder und drehen sie um. S1 nimmt das Schild des Phanerophyten und sagt: "Baum".

S2: "Ja, der Tannenbaum, ja."

S1 steckt das Einsteckschild in den Holzpodest Rang 1. Das Schild fällt um. S1 kommentiert mit einem Fluch und legt das Schild wieder zurück zu den anderen.

S1: "Ja, aber der der ziemlich (unverständlich) ausgebildet ist (unverständlich aufgrund der Unterhaltung einer anderen Gruppe an K3)."

S2 schaut sich ebenfalls die Einsteckschilder an: "Zwiebelblumen (unverständlich)."

S1: "Weißt du, was Hemokryptophyt ist?"

Die Pflanzen daneben haben sie immer noch nicht als Arbeitsmaterial ihrer Station wahrgenommen. Auch die App wurde nicht konsultiert. Nach welchen

Kriterien die beiden das Ranking der Fachbegriffe festlegen ist unklar. Auch beim Auswählen der Sieger ist S1 sich seiner Sache sicher.

#00:13:44.8#

S1: " Also, Phanolulu, (...) und Geophyt."

Nach der Auflösung wird ihnen klar, dass statt Geophyt Therophyt richtig gewesen wäre.

#00:14:05.0#

S1: "Therophyten?"

Sie lachen, äußern jedoch keinen Unmut darüber, dass sie keine Hilfestellungen zum Sortieren gehabt hätten. Sie gehen weiter davon aus, dass sie diese Sortieraufgabe mit ihrem Vorwissen hätten lösen sollen.

S1 beugt sich über das Schild Geophyt: "Also echt, das hätte ich niemals geraten!" Er zeigt auf das Schild Therophyt, welches sie auf den letzten Platz gelegt hatten und sagt: "Weil die die ganze Zeit so'n Dings abgegeben haben, so'n Samen. (...) Egal."

[v3; 22012018_Tablet 4, IGS, Bio LK, MSS 12].

Solche Fehlinterpretationen (vgl. Anhang X S. A132) - SuS ziehen aus dem gegebenen Arbeitsmaterial in der App und/oder an der Station die falschen Schlüsse – tragen Optimierungspotential in sich. So zeigen folgende Dialoge, dass bei der Tabellenauswertung in QID 39 die Zellenbeschriftung irritiert:

Phase 3_24012018 Tablet 3, # 00:11:16.2#

S2: „Ich meine, bei uns wachsen die nicht. Dass die hier im Gewächshaus überhaupt wachsen, aber da sind es ja nicht -40°, oder?“

Phase 2_10112017_Tablet 1, #00:09:57.4# Bei Antworteingabe auf QID 39: [...]

S1 zeigt auf das Gras und dann auf die Geophyten: "Das sind die wo 22, die wo 15." Er sieht sein Partner fragend an: "Warum kommen die überhaupt vor, wenn es da ein Jahresminimum von unter 40°C hat. Das macht eigentlich keinen Sinn. (...) Die dürften eigentlich gar nicht leben."

Dies regte an, die Zeilenbeschriftung der Tabelle der Häufigkeitsverteilung von „Vorkommen in Gebieten mit einer mittleren Jahresminimumtemperatur und -40°C, Polareis und Permafrost (v. a. in der kalten Zone)“ in Version v4 didaktisch auf „Vorkommen in % in Gebieten mit Permafrost“ zu reduzieren.

Weitere Schwierigkeiten traten in Bezug auf das Aufwerfen des kognitiven Konfliktes in QID 39 auf. Der geforderte Operator „beschreibe Auffälligkeiten“ wird missachtet, die Lernenden suchen nach Begründungen für die

Unstimmigkeit. Eine Gegenüberstellung zweier Gruppen legt die Spannweite dar:

Phase 3_24012018 Tablet 3: SuS versuchen, ihr Vorwissen einzubringen

#00:06:50.6#

S1: „Phaneotypen (zeigt auf Baum) da überlebt nur einer. Weil der dann alle//

S2 unterbricht: „Das ist Vorkommen, nur einer kommt vor!“

S1: „Ja, in der (unverständlich) Zone, weil der so viele Nährstoffe braucht.

S2: „Ja.“

S1: „Es gibt ja kaum welche, wahrscheinlich. Die bisschen die da sind können sich ja nicht 20 Stück oder so angeln.“

oder diskutieren frustriert im Kreis

#00:07:43.8#

S1 setzt die Interpretation der Tabelle fort: „Ja, davon gibt es ganz viele, weil Gräser gibt es ganz viele wenn es welche gibt.“

S2: „Und von denen ganz wenig (zeigt auf die Preiselbeere)? Nein, Theophyt gibt es ganz wenig. Warum gibt's da ganz wenig?“

S1: „Ja ja, stimmt, das macht Sinn. Weil die eben so kalt, in ganz ganz kalten Gebieten sind. Deshalb sind es da wenig. Dann macht es wieder Sinn. Genau.“

S2: „Gut.“

und kommen zum falschen Schluss:

S2: „Je kälter es wird umso mehr wachsen von denen (zeigt erneut auf Sieger) und umso weniger von denen (zeigt wieder auf untere Ränge)“.

Phase 4_14062018 Tablet 3: Eine Person einer Gruppe hinterfragte jedoch in dieser Phase ihre Gedanken und hakte nach.

#00:12:16.3#

S2: „Was sollen wir tun, sollen wir erklären oder//“

S1: „Wir sollen nur sagen, was uns auffällt.“

S2: „Ja, dann (.)“ Sie formulieren die Auffälligkeit.

Der Umgang mit Operatoren sollte in der Schule eingeübt worden sein. Gegebenenfalls kann an dieser Stelle in der Fragestellung deutlicher darauf hingewiesen werden, dass keine Interpretation erforderlich ist. Derzeit ist dies jedoch nicht implementiert.

Ein erster Blick auf die Auswertung der Bearbeitungsdauer (vgl. Abb. 115, Anhang X, S. A125ff) zeigt keine deutliche Veränderung hinsichtlich der Effizienz, der Median liegt bei allen drei Gruppen in etwa gleich. Vor allem in den Versionen v0-v1 war die Bearbeitungszeit mit Minimum 03:22 min und Maximum 10:57 min recht gut in der intendierten Bearbeitungszeit. Bei

genauerer Analyse zeigte sich jedoch, dass die Gruppen oft das Erarbeiten des Rankings abgebrochen hatten und nach Bauchgefühl die Buchstaben-Reihenfolge eingegeben hatten, was sich auch in der geringen Anteil an korrekten Antworten auf QID 38 widerspiegelt (vgl. Abb. 101); formuliert wurde dieses Vorgehen z. B. in diesem Kommentar:

Phase 0_25012017_Tablet 6, # 00:05:58.8#:

S3: "Und wo ist da der Sinn? (.) (unverständlich.) Wir sortieren es einfach so wie wir wollen."

Bei zwei Gruppen trat zudem ein Handhabungsfehler auf: Sie haben nach Eingabe der Buchstaben kurz hintereinander den „weiter“-Button wiederholt betätigt. Dadurch wurde diese Antwort sowohl als Antwort auf QID 38 gespeichert und beim zweiten Betätigen auch als Antwort auf QID 39, die gerade aus dem Cache geladen, aber noch nicht angezeigt wurde. Die Gruppe erhielt die Fehlermeldung „Error 404: Die Seite, die Sie suchen kann nicht gefunden werden.“. Die Frage QID 39 wurde somit gar nicht mehr gestellt – damit wurde der kognitive Konflikt auch nicht erzeugt. Als Konsequenz wird nun bei der Anmoderation deutlich darauf hingewiesen, dass aufgrund der Ladezeiten etwas mehr Geduld von Nöten ist. In Version v4 ist die Bandbreite der Bearbeitungsdauer weniger gestreut als in den ersten Versionen; die Bearbeitungsdauer hat sich jedoch nicht reduziert, denn das Video-Ansehen dauert schon rund vier Minuten.

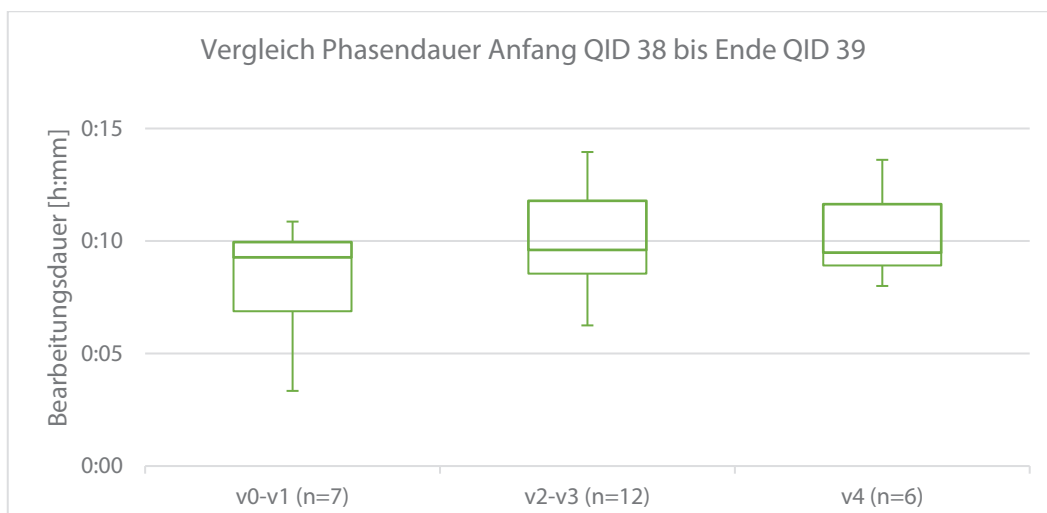


Abb. 115: Vergleich der Bearbeitungsdauer von Beginn QID 38 bis Ende QID 39, wobei seit v2 noch die Sicherungsfrage QID 103 implementiert ist (eigene Darstellung; Whisker beziehen Extremwerte ein).

Eine weitere Optimierung hinsichtlich der strukturellen Vorgaben ergab sich nach Sichtung des Videos Phase 2_27102017 Tablet 7. Diese Gruppe hatte zunächst mit Frage QID 37 die Bearbeitung der Station K1 begonnen. Nach

Antworteingabe haben sie jedoch angenommen, die Station sei abgeschlossen und haben über das Spielfeld Station K2 angewählt und diese bearbeitet. Dabei fehlte ihnen das Vorwissen aus K1 und sie bearbeiteten die Station mit einigen Irritationen. Danach stellten sie fest, dass in Station K1 noch Fragen unbeantwortet geblieben waren und arbeiteten dort weiter. Aus dieser Beobachtung wurden die Navigationsmöglichkeiten in der gesamten App weiter eingeschränkt: in Version v2 waren im Gruppenpuzzlemodus nur die für die Teams irrelevanten Stationen deaktiviert, alle zu bearbeitenden Stationen waren jedoch aktiv und somit zugänglich. Dies wurde ab Version v4 so implementiert, dass nun zwar die zu bearbeitenden Stationen als solche auf dem Spielfeld markiert wird, jedoch der Zugriff darauf erst frei geschaltet wird, wenn die vorangegangene Station vollständig abgeschlossen wurde.

Die Auswertung der Codes zur User experience zeigt im Hinblick auf den Subcode Frustration/Überforderung zunächst eine Zunahme von v0-v1 zu v2-v3 von vier Codings (MW = 0,6) auf 15 Codings (MW = 1,3) (vgl. Anhang X, S. A136ff). In v4 traten hingegen keine Äußerungen oder deutliche körpersprachlichen Signale von Frustration mehr auf.

Kontexte, in denen Überforderung gezeigt wurde, waren u. a. bezogen auf die App im Zusammenhang mit den vielen Anhängen, vielen Fragen an einer Station und der unklaren Aufgabenstellung geäußert worden. Auch der oben erwähnte Ladefehler „Error 404“ verursachte Frust. Im Zusammenhang mit den Originalen musste die Gruppe Phase 3_19022018 Tablet 3 mit einem Aufbaufehler kämpfen, denn es waren die Chamaephyten doppelt vertreten. Weiterhin fand es eine Gruppe frustrierend, dass sie den Geophyten nicht eindeutig identifizieren konnten, da die Zwiebel unter der Erde lag. In Bezug auf den Tablet-PC als Hardware trat Frustration im Zusammenhang mit der Sensitivität auf, wenn die Fenster sich nicht beim ersten Antippen schließen ließen oder auch der „weiter“-Button nicht sofort aktiviert werden konnte. Des Weiteren war Frust im Zusammenhang mit der Kameraqualität festzustellen, denn die Fotos als Schülerantwort waren oft nicht scharf genug; die SuS hätten ihre Arbeit gerne präziser dokumentiert.

Aus Abb. 116 (vgl. Anhang X, S. A137f) wird ersichtlich, dass im Zuge der Entwicklung dieser Station nach dem Prinzip der Schülerorientierung auch deren Lernemotionen positiv beeinflusst werden konnten. Negative Äußerungen gab es in Version v4 nicht, dagegen erstmals positive Äußerungen.

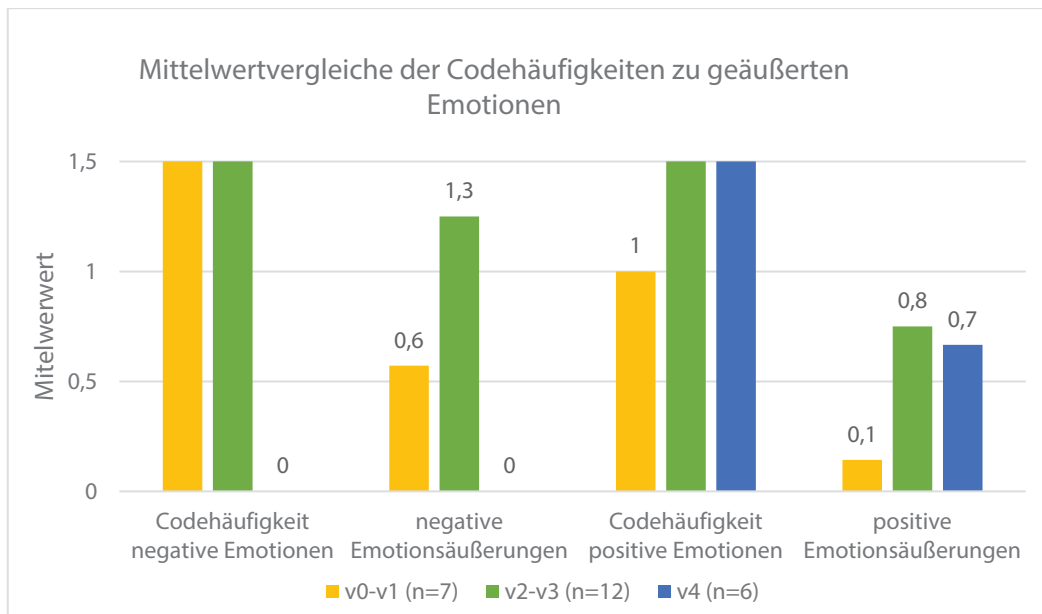


Abb. 116: Vergleich der Mittelwerte der Codehäufigkeiten zu negativen und positiven Emotionsäußerungen (eigene Darstellung).

Positive Emotionen im Sinne von Begeisterung bzw. Erstaunen im positiven Sinne riefen die enormen Kältetoleranzbereich der Phanerophyten und Therophyten hervor. Freude zeigten die SuS bei der Fotodokumentation sowie nachdem sie positives Feedback auf ihre Antworten in der App erhalten hatten.

In Bezug auf die Vorannahmen bezüglich der externen Faktoren wie Lärm oder Belastung durch die Temperaturen zeigte sich an dieser Station, dass zumindest Äußerungen zu Belastung durch Hitze und/oder Kälte (vgl. Anhang X, S. A144) kaum vorkamen (zwei Codings zu Hitze am 21.06.2017, drei Codings zu Kälte im Januar 2017). Dagegen wurde eine Belastung durch Stehen/Arbeitshaltung bei acht Teams gezeigt bzw. geäußert. Einige forderten Sitzgelegenheiten wie an den Versuchstationen, die in den Beeten aufgebaut waren. Zudem zogen sie sich dann auf Sitzmöglichkeiten auf Mauern oder Pflanztischen zurück, wenn keine Arbeit mit den Originalen gefordert war (z. B. Kartenauswertung in QID37, Antworteingabe nach QID 39). Auch die Lärmbelastung wirkte nur selten ablenkend; lediglich zwei Unterbrechungen der Arbeit durch Lärmbelastung waren beobachtbar. Die äußeren Faktoren wurden demnach weitgehend ausgeblendet, was nicht gleichzusetzen ist, dass die SuS unter anderen Bedingungen ggf. eine angenehmere Arbeitsatmosphäre empfunden hätten. Häufig zu Ablenkungen führte jedoch die räumliche Nähe der vier Stationen in Kalthaus III zueinander. So wurde neunmal die Arbeit unterbrochen, um sich das Material an einer anderen Station anzusehen. Teamfremde Kameraden waren jedoch der Hauptgrund für Ablenkung (38 Codings, vgl. Anhang X, S. A145ff). Innerhalb der Teams führte private Handynutzung zur Ablenkung meist des

Partners, der nicht mit dem Tablet-PC betraut war (11 Codings, vgl. Anhang X, S. A148). Ein Erdkunde-Kurs war damit betraut worden, Inhalte des Lernzirkels zu dokumentieren, um sie in der Schule im Biologie-Kurs zu präsentieren. Hierzu nutzten SuS auch ihr Smartphone, um entsprechende Fotos zu machen. Alle weiteren codierten Stellen kennzeichnen überwiegend Phasen, in denen ein Teammitglied private Kommunikation mit dem Smartphone betrieb. Oft geschah dies während der Antworteingabe des Partners.

Was die Usability der verwendeten Tablet-PCs betrifft, so fällt die erwartete Einschränkung durch Lichteinfall kaum ins Gewicht (5 Codings, vgl. Anhang X, S. A149). Durch Verschatten oder Kippen des Tablet-PCs konnten SuS die Inhalte offenbar gut entnehmen. Eher zu Unzufriedenheit führte – wie oben in Bezug auf Frustration bereits erwähnt – die geringe Kameraauflösung (5 Codings), Verzögerungen durch die Ladezeit (4 Codings) sowie die geringe Sensitivität des Tablet-Displays (10 Codings). Die Usability des zur Verfügung gestellten Arbeitsmaterials bot dagegen mehr Optimierungsbedarf (vgl. Anhang X, S. A151ff). Zwar war die Einführung der Holzpodeste eine enorme Erleichterung zur Visualisierung des Rankings, eine Gruppe hatte dennoch Schwierigkeiten damit, den Höhenunterschieden intuitiv eine Bedeutung zuzuordnen und stellte den Sieger auf das niedrigste Podest. Seitdem tragen die Holzpodeste Rangnummern. Bei zwei Gruppen fiel die ungünstige Gewichtsverteilung des eingetopften Mammutbaumes als Beispiel für Phanerophyten auf, der leicht Schlagseite hatte und so beim Umsortieren insbesondere für schwächere SuS nicht einfach zu handhaben war. Er wurde gegen einen kleineren Laubbaum ausgetauscht. Neun Codings beziehen sich auf Schilder, die nicht zum Inhalt der Station, sondern taxonomische Bezeichnungen bzw. Pflegehinweise des Gartens waren. Insbesondere in Situationen, in denen SuS nach Informationen suchen und sie Hilfestellung benötigen, wirken diese Pflegeschilder irritierend. Dies zeigt sich deutlich bei der Gruppe, bei denen durch einen Aufbaufehler zweimal die Preiselbeere stand. Sie versuchten auch die für Laien nicht lesbaren Pflegezeichen zu entziffern, um daraus ggf. Hinweise zu schließen, wie sich die beiden Preiselbeeren nun unterscheiden. Gemäß der Cognitive Load Theory ist sachfremde Belastung zu vermeiden. Daher sollte künftig auf einen korrekten Aufbau geachtet und ggf. die Pflegeschilder entfernt werden. Weitere vier Codings beziehen sich auf die Identifizierung des Geophyten. Da das Überwinterungsorgan unter der Erdoberfläche liegt fanden es einige SuS schwierig, die Zwiebelpflanze zu erkennen. Eine Optimierung wäre ggf. ein Umtopfen in einen transparenten Topf.

An dieser Station traten zwei Kategorien von Fehlvorstellungen auf, die sich auch den Schulfächern Biologie und Erdkunde zuordnen lassen (vgl. Anhang X,

S.A 139ff). So bestand im Zusammenhang mit der Arbeit mit den Originalen die Schwierigkeit, dass der aktuelle Vegetationszustand der angebotenen Originalen nicht mit den Charakteristika der Überwinterungsstrategien der Wuchsformen übereinstimmte. Zudem war nicht klar, dass alle Pflanzen Blüten und Samen zur Fortpflanzung bilden, hier aber die Samenpflanze als Wuchsform mit der Überwinterungsstrategie in Form von Samen gesucht war. Diese zeigen folgende Äußerungen zweier Gruppen:

Phase 4_13062018_Tablet 4, #00:04:52.1#

Beim Abgleich der Instruktionen mit dem Original ist das Tandem auf der Suche nach der Samenpflanze.

S2: "Ich glaub, das ist die (zeigt auf Geophyt, derzeit mit Blütenständen). Die hat Samen (lacht verlegen)"

S1 schaut sich die Moosbeere an: "Die hier? Nein, die hat Beeren. (...) Sollen wir trotzdem mal weiter schauen?" meint mit anderen Wuchsformen weiterarbeiten nach dem Ausschlussprinzip).

S2 hat sich die Blüten der Zwiebel genauer angeschaut: "Ich glaub, das ist die da."

S1: "Ja, aber die hat doch auch Zwiebeln."

S2: "Ja, das ist verwirrend. "

Phase 4_14062018_Tablet 2, #00:03:36.5#

S1 hat Schild in der Hand, zögert jedoch, dieses wie von S2 (mit Tablet-PC) instruiert einzustecken: "Das ist keine Samenpflanze, die hat keine Samen."

[Anm.: Tagetes trägt derzeit Blüten]

Die Wirkung von Präkonzepten zeigt sich auch in der geographischen Einstiegfrage QID 37. Hier sollen durch Kartenvergleich die Klimazonen bestimmt werden, in denen Frost vorkommt. In der App ist eine Karte mit Frostvorkommen und eine Karte mit den im Lernzirkel thematisierten Klimazonen untereinander angeordnet. Durch vertikales Wischen können SuS zwischen beiden Ansichten wechseln. Sechs Teams kamen zu dem Schluss, dass Frost nicht in den Tropen und Subtropen vorkommt. Dabei hatte nur eine der Gruppen sich beide Karten angeschaut, vier dagegen nur die erste Karte zur Frostverbreitung betrachtet, dies auch eher oberflächlich (bei einer Gruppe war die Beobachtung nicht möglich). Dies legt nahe, dass dieses Präkonzept recht stark war und die SuS dies nicht durch Kartenarbeit widerlegen konnten. Durch diese Beobachtung wurde ein neues Tool in die App integriert: Beide Karten lagern nun übereinander; durch einen Schiebe-Regler lassen sich die Karten ineinander überblenden. So sollen die Lernenden aktiver mit den Karten

arbeiten. Dieses Tool wurde in der aktuellen Version v5 implementiert. Auch an anderen Stationen (G2, T2, S2), die mit dem Vergleich zweier Karten arbeiten wurde diese Overlay-Technik (vgl. Abb. 117) eingebaut. Mit dem grünen Regler in der grauen Leiste am oberen Bildrand lassen sich die Karten ineinander überblenden. Ist der Regler in den äußersten Positionen, wird nur eine der beiden Karten in voller Deckkraft angezeigt. Im Unterricht wird dies gelegentlich durch die Lehrperson mittels Overhead-Folien eingesetzt. Hier sollen die SuS diese Methode in einer digitalen Version selbst anwenden.

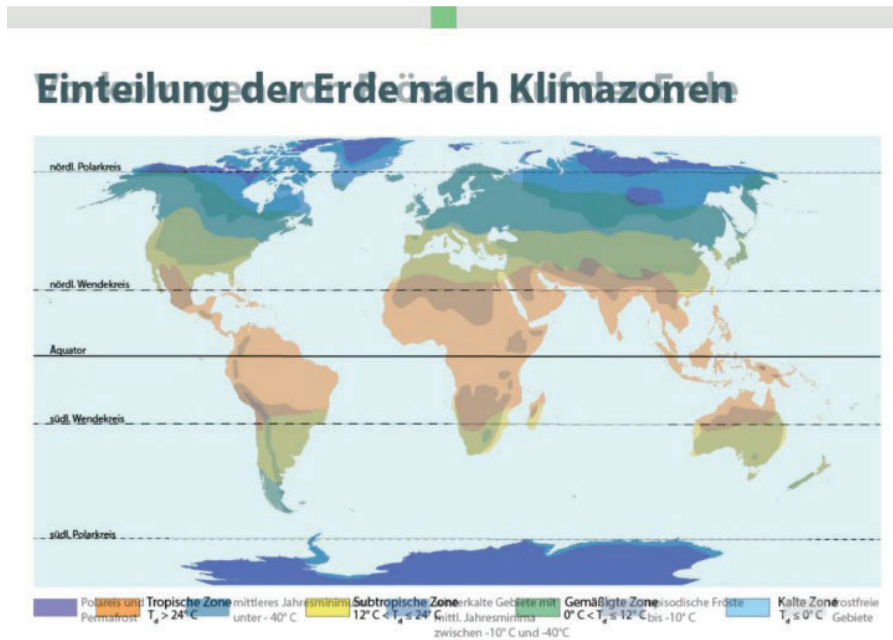


Abb. 117: Screenshot-Ansicht der Overlay-Technik zur Kartenauswertung: Mit dem grünen Regler lassen sich die Karten „Einteilung der Erden nach Klimazonen“ und „Vorkommen von Frösten“ ineinander überblenden (eigene Darstellung).

Wie bereits oben angeklungen ist, konnten Erkenntnisse aus den Beobachtungen an Station K1 zum Teil auch zur Optimierung anderer Stationen übertragen werden. So wurden beispielsweise die Nutzerführung eingeschränkt, indem zu bearbeitende Stationen erst freigeschaltet werden, wenn alle Fragen einer Station beantwortet wurden (vgl. S. 303). Auch der Einsatz neuer Tools konnte übertragen werden. So ist das Overlay-Tool nun auch für die Kartenarbeit an Station G2 (Vorkommen von Karnivoren + Klimakarte) implementiert. Weiter vorgesehen ist die Technik auch für die Station G3 an der Weinbauggebiete einzelner Rebsorten heute und in einer Projektion 2040 verglichen werden sollen. Auch an Station T2 soll der Anbau von Zuckerrohr und Zuckerrübe den entsprechenden Klimazonen zugeordnet werden. Der Einsatz dieser Technik setzt jedoch voraus, dass die Karten deckungsgleich übereinander zu legen sind, was noch korrigiert werden muss.

7. Diskussion und Ausblick

Nachfolgend soll zunächst die Methode der Videographie kritisch reflektiert, sowie Möglichkeiten für weitere Forschungen aufgezeigt werden. Abschließend werden Optionen für die Weiterentwicklung des Lernzirkels dargelegt.

7.1. Diskussion der Videographie und weitere Forschungsmöglichkeiten

Die formative Evaluation mittels Videographie der Station K1 und die Auswirkungen der Re-Designs auf die Antwortqualität der SuS hat Potential für die Optimierung gezeigt. Die hohe Zustimmungsquote zur Videographie hat diese Form der Evaluation erst ermöglicht. Eine teilnehmende Beobachtung hätte sicherlich nicht den gleichen Effekt erzielt, da SuS dann ggf. eher den Rat der Betreuungsperson gesucht bzw. weniger frei agiert hätten. Doch auch die Kamera hatte stellenweise einen beobachtenden Charakter und Reaktivitätseffekte sind generell nicht auszuschließen. Insbesondere an den Stationen im Kalthaus III war es zumindest anfangs einigen Personen unangenehm, da recht große Kameras im Einsatz waren. Aufgrund der Platzsituation mussten die Kameras auch an manchen Tagen in der ungünstigen Frontalperspektive installiert werden. Trotz einer Entfernung von 3-4 m empfanden einige wenige beim Eintreffen an der Station die Position der Kamera(s) eher unangenehm. Zwei Gruppen verließen das Kamerablickfeld wieder, um zumindest die Kartenauswertung in Frage QID 37 ohne Beobachtung zu lösen. Generell lässt sich das Verhalten jedoch als überwiegend natürlich beschreiben, die Kamera rückte im Verlauf der Bearbeitung der Station zunehmend in den Hintergrund der Aufmerksamkeit. Lediglich, wenn SuS vermeintlich Fehler begangen hatten, war ihnen die Aufzeichnungssituation peinlich. Insgesamt ließ das Interesse an der Kamera, sofern dies überhaupt vorhanden war, rasch nach. Dies deckt sich auch mit Erfahrungen aus Unterrichtsaufzeichnungen: Die Auswertung einer Eye-Tracking-Studie zeigt, dass Lehrpersonen bei der Aufzeichnung ihres Unterrichts in den ersten ein bis zwei Minuten des Unterrichts häufiger in die Kamera blickten; danach sind keine Reaktivitätseffekte mehr erkennbar (PRAETORIUS et al. 2017, 64). Einige Personen waren umgekehrt sehr offen und interagierten öfter mit der Kamera. Gelegentlich überprüften sie, welcher Ausschnitt aufgezeichnet wurde. Andere posierten spaßeshalber für die Kamera, winkten oder lächelten in die Kamera (vgl. Anhang X, S. A160f). Allgemein waren sowohl positive als auch negative Kameraeffekte jedoch gering.

Ein entscheidender Nachteil ist der enorme Zeitaufwand in der Datenaufbereitung und –auswertung insbesondere im Zusammenhang mit den

oft kumulierenden Besuchen der Kurse. Dadurch, dass die Gruppen gehäuft zum Ende des Halbjahres oder vor den Ferien zu Gast waren, war es nicht möglich, Missstände schnell aufzudecken und kurzfristig zu optimieren. Andererseits ermöglichte die Videographie eine wiederholte Sichtung der Interaktionen; so wurde im Verlauf der systematischen Auswertung erst die Veränderungen in der Qualität der Fachsprache offensichtlich.

Bei Videostudien stellt sich oft die Frage, wie viele Aufzeichnungen für valide und reliable Aussagen benötigt werden. In Bezug auf die Beurteilung der Unterrichtsqualität hat sich gezeigt, dass je Lehrperson relativ wenige Aufzeichnungen ausreichen. Studien, die beispielsweise die Qualität der Instruktionen am Beispiel der kognitiven Aktivierung mittels externer Beobachterratings untersuchten, videographierten lediglich eine geringe Anzahl an Unterrichtsaufzeichnungen der gleichen Lehrperson (PRAETORIUS et al. 2014, 3). So wurde in der IPN-Videostudie im Fach Physik zwei Unterrichtseinheiten einer Lehrperson (SEIDEL et al. 2009), die TIMMS-Videostudie 1999 in Mathematik und Naturwissenschaften jeweils eine Aufzeichnung einer Lehrperson untersucht (BAUMERT & LEHMANN 1997). Die höchste Anzahl an Aufzeichnungen pro Lehrperson verwendeten Clarke et al. (2006) sowie Anderson et al. (1989) in frühen Studien im Fach Mathematik mit maximal 10 Aufzeichnungen pro Lehrperson. Es zeigte sich, dass Aspekte der Unterrichtsqualität, die mit hohen Routinen und Häufigkeiten im Unterrichtsverlauf verbunden sind (z.B. Frage-Antwort-Interaktionen) mit nur wenigen Aufzeichnungen erfassbar sind (PRAETORIUS et al. 2014; SEIDEL & PRENZEL 2006; SEIDEL & THIEL 2017). Da der Ablauf in der vorliegenden Lernumgebung nicht variiert und auch nicht von persönlichen Kompetenzen der Lehrperson abhängt, ist die Schwachstellenanalyse im vorliegenden Lernzirkel ebenso dieser Kategorie der routinierten Abläufe zuzuordnen. Dies unterstreicht die Erfahrung durch die iterative Videoanalyse an Station K1, da sich herauskristallisiert hat, dass vier bis fünf Videos für eine reliable und valide Schwachstellenanalyse ausreichen. Für die Auswertung der vorliegenden Videos an den anderen Stationen und ggf. auch für den Einsatz der Videographie für neu zu entwickelnden Stationen kann somit effizienter gearbeitet werden. Es sollten jedoch Aufzeichnungen von Gruppen aus Erdkunde- und Biologiekursen gleichermaßen berücksichtigt werden. Das vorliegende Codebuch (vgl. Anhang VI, S. 54ff) muss lediglich in Bezug auf die intendierten Arbeitsphasen an den Stationen angepasst werden. Nicht nur für die Auswertung weiterer Videoaufzeichnungen kann das Codebuch genutzt werden, sondern auch als Grundlage für ein Beobachtungsprotokoll für strukturierte Beobachtungen dienen (DÖRING & BORTZ 2016, 333). Die Kategorienbeschreibungen im Codebuch

kann dann als Grundlage für Beobachterschulungen dienen, sodass auch ohne Videographie standardisiert Schwachstellen identifiziert werden können. So kann der Analyseprozess sowohl mit als auch ohne Videographie erheblich verkürzt werden. Den diagnostizierten Schwachstellen kann schneller und effizienter begegnet werden. Zudem können die identifizierten Fehlvorstellungen und Anwendungsschwierigkeiten in die in der Entwicklung befindlichen, digitalen Lehrerhandreichung einfließen.

Studien nach dem Design-Based Research-Ansatz sollen auch Implikationen für die weitere Forschung entwickeln. Zunächst bestätigten die Erkenntnisse aus der Videographie und des Re-Designs die Empfehlungen der Cognitive Load Theory. Daneben decken sich die Erfahrungen zur Videographie am außerschulischen Lernort mit denen im Klassenraum in der Hinsicht, dass eine Stichprobengröße von vier bis fünf Videos für die Identifizierung von Schwachstellen im Instruktionsprozess genügen.

Auch für weiterführende Forschungen kamen Hinweise zu Tage. Der in dieser Arbeit eher explorative und qualitative Zugang brachte mit der Optimierung der Station K1 eine Abnahme der Lernschwierigkeiten bei gleichzeitiger Zunahme der korrekten Schülerantworten und gleichzeitig auch einer Verbesserung in der Qualität der sprachlichen Auseinandersetzung mit dem Original mit sich. Als hypothesengenerierendes Charakteristikum qualitativer Untersuchungen kann dieser Befund somit in weiteren Arbeiten und anderen Designs näher betrachtet werden.

Die im Rahmen dieses Lernzirkels neu eingesetzte digitale Technik zur Kartenarbeit kann deren Lernförderlichkeit in weiteren Studien näher beforscht werden: Inwiefern neu eingesetzte Overlay-Technik mit Tablets (vgl. S. 307) für die Kartenarbeit geeignet ist und ob diese zur intensiveren Auseinandersetzung mit den Karten und ggf. wie in diesem Fall zum eigenständigen Hinterfragen von Fehlvorstellungen geeignet ist, könnte in weiterführenden Arbeiten in einem Kontrollgruppendesign getestet werden.

Neben der Fehlvorstellung, dass Frost in allen Klimazonen vorkommt und somit dem Geographieunterricht zugeordnet ist, traten auch Schwierigkeiten auf, die das Fach Biologie betreffen. So war einigen SuS nicht klar, dass Blüte und Samen i.d.R. zeitlich aufeinander folgen und selten gleichzeitig am selben Individuum zu finden sind. Auch hier könnte überprüft werden, ob es sich um manifeste Präkonzepte handelt, oder nur um unreflektierte Spontanäußerungen.

7.2. Entwicklungs- und Transfermöglichkeiten für den Lernzirkel

Weiterentwicklungsmöglichkeiten für die vorliegende Lernumgebung beziehen sich auf zwei Bereiche. Zum einen können einzelne Stationen modifiziert und der Lernzirkel modularisiert werden. Zum anderen kann er transferiert werden. Grundsätzlich kann die Anwendung in andere Botanische Gärten adaptiert und eingesetzt werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, die Inhalte, Materialien und Methoden in den Klassenraum zu transferieren. Diese Entwicklungsoptionen werden nachfolgend näher betrachtet.

7.2.1. Entwicklungsmöglichkeiten des bestehenden Lernzirkels

Entwicklungsmöglichkeiten bestehender Stationen sind auf inhaltlich-struktureller Ebene zu finden sowie auf der Ebene der Nutzung digitaler Techniken. Folgende inhaltlich-strukturelle Änderungsoptionen bestehender Stationen sind angedacht.

Die Videoanalyse an K1 und weitere Beobachtungen haben gezeigt wie fragil der „rote Faden“ innerhalb einer Station und vor allem zwischen zwei aufeinander aufbauenden Stationen ist. Daher sollte die verknüpften Stationen T3 und T4 deutlicher strukturiert werden. Station T3 und T4 thematisieren den Lichtmangel und Anpassungsstrategien daran. T3 beinhaltet die Lichtmessung und stellt Epiphyten vor, Station T4 stellt den *Ficus* als nur zeitlich befristeten Epiphyten vor, der zudem seinen Trägerbaum schadet. Diese Station sollte deutlicher geteilt werden – so kann an T3 weiterhin mit dem Luxmeter die Lichtintensität gemessen werden und Licht als Mangelfaktor am Boden in dichten Waldbeständen identifiziert werden. Die Station wäre dann zeitlich recht kurz, daher kann die nachfolgende und daran anknüpfende Station T4 etwas umfassender ausfallen, d. h. hier sollten die Anpassungsstrategien der Pflanzen kumuliert angeboten werden. Die drei Grundstrategien zur Anpassung an Lichtmangel und deren Abgrenzungen sollen vorgestellt und an Originalen im Garten aufgesucht werden. Derzeit werden zwar Epiphyten vorgestellt, jedoch wird die Anpassung an das Leben ohne Bodenkontakt nur im Video erwähnt. Hier könnte eine Beobachtungsaufgabe zu Zisternenbildung oder der Wasseraufnahme und Fotosynthese durch Luftwurzeln eingebunden werden. In einem zu erstellenden Realdreh könnten die Azubis im Garten einige Anpassungsformen vorstellen; in diesem Video könnten auch Mikroskopaufnahmen Details zu Schuppenhaaren und Luftwurzeln gezeigt werden. Abgegrenzt von den permanenten Epiphyten kann hier wieder der *Ficus* mit seiner zeitlich begrenzten epiphytischen Lebensweise angeschlossen werden; er dient auch zur Überleitung zur Wuchsform der Lianen, die als dritte

Form der Anpasstheit an den Lichtmangel vorgestellt werden sollen. Sie nutzen ebenfalls Bäume als Stütze - jedoch wachsen sie nicht von oben nach unten wie die Würger, sondern von unten nach oben. Sie haben also von Beginn an Bodenkontakt und wachsen durch ihren biegsamen Spross rasch in die Höhe (WALTER & BRECKLE 1999, 148). Dabei verzichten sie auf die Ausbildung eines tragfähigen Stammes und nutzen andere Bäume als Kletterhilfe. Einige Lianen bilden durch unregelmäßiges Dickenwachstum einen welligen, hin und her gebogenen Spross aus, der dadurch zusätzlich stabilisiert wird (FUKAREK 1995, 103). Ein Vertreter der Lianen im Botanischen Garten ist die Nutzpflanze Kleine Vanille (*Vanilla pompona*) (vgl. Abb. 118) aus der Familie der *Orchidaceae*. Die Vanille gehört zu der Lianengruppe der Wurzelkletterer. Sie haften mithilfe vieler kleiner Adventivwurzeln an ihrem Trägerbaum (ebd., 104). Als Anknüpfungspunkt zu Alltagsvorstellungen kann hier aufgeklärt werden, dass Tarzan nicht an Lianen schwingen kann, da diese nicht, wie in Filmen oft dargestellt, frei von oben herabhängen, sondern fest verwurzelt sind; es handelt sich in den Film-Vorstellungen eher um Luftwurzeln epiphytischer Pflanzen.



Abb. 118: Die Kleine Vanille (*Vanilla pompona*) nutzt ihre Adventivwurzeln um in die Höhe zu wachsen (eigene Aufnahme, Juni 2018).

Explorative Erfahrungen an Station S1 und S2 zeigen, dass der in S1 geforderte Vergleich zwischen Basilikum und Olivenbaum relativ schnell erarbeitet ist. Der anschließende Versuch in S2 ist derzeit als veranschaulichender Versuch angelegt. Aus der Versuchsbeschreibung geht derzeit noch das Ergebnis hervor. Diese beiden Stationen sind für die Zielgruppe wenig herausfordernd. Die Inhalte könnten zu einer Station zusammengefasst werden, indem der Vergleich

der Originale gekürzt wird. Der kognitive und wissenschaftliche Anspruch kann erhöht werden, indem SuS aufgefordert werden, mit den Materialien einen Versuch zum Nachweis der Funktion der Wachsschicht selbst zu entwickeln. Einzelne Arbeitsschritte könnten als Hilfestellung vorgeben werden, jedoch in der falschen Reihenfolge. Die SuS könnten den Versuch entwerfen und durchführen und als Sicherung die Arbeitsschritte per Drag-and-Drop in die richtige Reihenfolge bringen.

Das Zusammenlegen von S1 und S2 würde Zeit schaffen, um eine Station zur Feuerökologie (vgl. S. 88) einzubauen. Viele Vegetationstypen sind abhängig von wiederkehrenden Bränden. Die Graslandschaften der Feuersavannen wären ohne Brände längst von Wäldern und Gebüsch verdrängt. Jährlich fallen große Mengen an pflanzlicher Biomasse an, denn der mikrobielle Abbau ist durch die Trockenheit nur gering (BOENIGK & WODNIOK 2014, 215). Natürliche Brände sind nicht an eine Ökozone oder ein Vegetationstyp gebunden. Auch die artenreiche Hartlaubvegetation der südafrikanischen Fynbos und westaustralische Kwongang zählen zu den Feuerökosystemen. Selbst Nadelwälder der borealen Zone werden regelmäßig von Bränden heimgesucht und regenerieren sich wieder (PFADENHAUER & KLÖTZLI 2014, 183). An dieser Station könnten Unterschiede der Feuerregimes Oberflächenfeuer und Kronenfeuer (vgl. Tab. 18) in der subtropischen Zone verdeutlicht werden.

	Oberflächenfeuer	Kronenfeuer
Brandlast	Abgetrocknete Pflanzenmasse in Bodennähe: Laub, Zweige, Reisig, trockene Gräser	Abgetrocknete Pflanzenmasse sowie vitales Blattmaterial der Baumkronen
Vorkommen	Graslandschaften, Wälder, sofern genügend Brennmaterial vorhanden; typisch in Savannenlandschaften	Wälder und Gebüsch mit harzreichen Koniferen (z. B. Gattung <i>Pinus</i>) und Gehölze mit ätherischen Ölen in den Blättern (z. B. Gattung <i>Eukalyptus</i>); typisch in Nadelwäldern und Hartlaubgebüsch der winterfeuchten Subtropen
Ausbreitungsgeschwindigkeit	0,3 – 10 m/min (max. 50 m/min)	15 – 100 m/min

Temperatur	100-600°C in einer Höhe bis 50 cm, jedoch nur für ein paar Sekunden bis wenige Minuten	> 1.000°C
Auswirkung auf die Vegetation	Vergleichsweise kühle Feuer, schädigen die Vegetation kaum	Heftige und heiße Feuer mit vernichtendem Ausmaß
Feuerintensität	2.800 kW/m ²	10.000 – 100.000 kW/m ²

Tab. 18: Charakteristika von Oberflächen- und Kronenfeuern (eigene Darstellung nach PFADEHAUER & KLÖTZLI 2014, 183)

Wie Abb. 119 zeigt, bleiben bei Bodenbränden die Kronen der Bäume verschont.



Abb. 119: Bodenbrände in Savannengebieten der sommerfeuchten Tropen: Bwabwata-Nationalpark, Namibia (links, eigene Aufnahme Juli 2018) Kakadu National Park, Australien (rechts, eigene Aufnahme August 1996).

Die Häufigkeit auftretender Brände variiert je nach Pflanzenformation. Die Feuerfrequenzen in Grasländern kann einmal jährlich, in Wäldern bis zu einem Abstand von 100 Jahren betragen (ebd.). Je länger sich am Boden Brennmaterial ansammeln kann, desto größer ist die Gefahr, dass die Flammen die Kronen erreichen und verheerendere Ausmaße annehmen. Die sich entwickelnden starken Winde in den Bränden begünstigen ebenfalls das rasche Überspringen in die Kronen, von wo aus sich die Feuer rasant ausbreiten (ROCKY MOUNTAIN NATIONAL PARK, 9). Die Temperaturen liegen zwischen 100-600°C in einer Höhe bis 50 cm, die jedoch nur für ein paar Sekunden bis wenige Minuten einwirken (SCHULTZ 2000, 455).

Die unterschiedlichen Feuerregimes können in einem Demonstrationsexperiment gezeigt werden, das im Vorfeld durchgeführt und mittels einer Videoaufzeichnung und zusätzlich einer Aufzeichnung von Thermalinfrarotvideos im Lernzirkel veranschaulicht wird. Aufgrund der Verletzungsgefahr für die SuS wird hier auf „hands-on“ mit Feuer verzichtet. Für den zu filmenden Demonstrationsversuch (ggf. auch in Slow-Motion) werden zwei präparierte Waldmodelle gleichzeitig angezündet und die Ausbreitungsgeschwindigkeit sowie die Unterschiede in der Hitzeentwicklung aufgezeigt. Die präparierten Waldmodelle stellen einen Wald mit einem hohen Anteil an Brennmaterial (Laub, trockene Gräser) dar, bei dem es zur Bildung von Kronenfeuern kommt sowie einen Wald mit wenig brennbarem Material am Boden, bei dem sich nur Bodenfeuer entwickeln.

Unter dem Motto „Manche mögen´s heiß“ können nach der Einführung in die Feuerregimes anhand von Originalen des Gartens anschließend folgende Anpassungen an Feuer thematisiert werden:

- Die Gelb-Kiefer (*Pinus ponderosa*) sind an Feuer mit geringer Intensität angepasst. Eine dicke Rinde schützt ihr Kambium (ROCKY MOUNTAIN NATIONAL PARK, 13).
- Korkeiche (*Quercus suber*): Dicke, luftgefüllte Borke als Feuerschutz.
- Eukalyptus-Arten: Die schuppige Borke und die mit gut brennbaren ätherischen Ölen durchsetzten Blätter wirken als Brandbeschleuniger und leiten das Feuer schnell weiter. Die brennenden Rindenschuppen werden durch Winde weiter transportiert, das Individuum bleibt durch diesen kurzen Impact im Innern unversehrt.

Im Garten verfügbar ist der Tasmanische Eukalyptus (*Eucalyptus globulus*), der auch in Portugal und Kalifornien zur Holzgewinnung kultiviert wird. *Eucalyptus globulus* ist höchst entflammbar, stirbt jedoch nach einem Brand nur selten ab. Er treibt sehr schnell aus Knospen an den Stämmen und dem Lignotuber am Wurzelstock wieder aus. Die in Streifen herabhängende Borke fängt schnell Feuer und leitet die Flammen in die Baumkrone. Die brennenden Borkenstreifen tragen das Feuer weiter vor die Flammenfront (SKOLMEN & LEDIG 1990, 302; ASHTON 1981). Weitere Merkmale tragen dazu bei, dass das Feuer sich rasant ausbreitet. Seine Blätter enthalten entflammbare ätherische Öle, sodass sich leicht, durch Laubfall, Brennmaterial im Bestand ansammelt. Die Zweige der Kronen stehen locker und reichen weit nach unten und ermöglichen einen maximalen Aufwind, der die Flammen nach oben führt. Abgesehen davon, dass die Blätter leicht flüchtige Öle enthalten, werden den Blättern des Tasmanischen Eukalyptus eine mittlere Resistenz gegen biologischen Abbau zugeschrieben, was zur

Anhäufung von Brennmaterial führt. Dagegen sind juvenile Blätter höchst feuerresistent, sodass der nach einem Brand aufwachsende Jungwuchs vor Schaden im Jungstadium geschützt ist (DICKINSON & KIRKPATRICK 1985).

An dieser neuen Station könnten die Strategien „Hitzeschutz durch dicke Rinde“ am Beispiel der Korkeiche der Strategie „Brandbeschleunigung zur Reduzierung des Impacts“ am Beispiel der *Eucalyptus globulus* gegenübergestellt werden. In einem weiteren Modellversuch als Video kann diese Strategie durch das Abbrennen zweier Äste demonstriert werden, wobei einer mit Kork ummantelt ist, der andere lose, abstehende Schuppen sowie Schwefelköpfchen ähnlich denen von Streichhölzern besitzt. Auch hier kann wieder die Thermalinfrarotkamera zum Einsatz kommen. Wünschenswert wäre eine „hands-on“-Station, die jedoch aufgrund der Sicherheitsbestimmungen im Umgang mit offenem Feuer nicht realistisch umsetzbar erscheint. Zumindest lassen sich die ätherischen Öle durch Zerreiben der Blätter olfaktorisch wahrnehmen.

Abschließend kann an der Station auf die speziellen Anpassungen der Wiederbesiedlung aus Samen nach Bränden eingegangen werden:

- Die Zapfen von Mammutbäumen wie z. B. *Sequoia sempervirens* schließen so dicht, dass sie sich erst nach Feuereinfluss öffnen und ihre Samen freigeben. Zudem haben deren Keimlinge einen hohen Licht- und Nährstoffbedarf, sodass frisch abgebrannte Flächen ihnen einen optimalen Lebensraum für die juvenile Phase bieten (FUKAREK 1995, 226). Sie benötigen demnach zwingend Brände für die Fortpflanzung und Verjüngung des Bestandes.
- Einige Arten der Gattungen *Hakea*, *Banksia* und *Casuarina* tragen Samenvorräte in den Kronen, die sie erst nach einem Brand fallen lassen (GILL 1994, 168).
- Einige australische Arten tragen zuckerreiche Elaiosomen an ihren Samen. Diese locken Ameisen an, die die Samen dann in ihren unterirdischen Bau tragen. Dort entfernen sie die Elaiosomen und deponieren die Samen als „Abfall“ in ihrem Bau oder im Eingangsbereich ihres Nestes, wo sie vor Feuer geschützt sind und nach einem Brand wieder austreiben können (BERG 1975; GILL 1994).
- Die Samen einiger Arten, insbesondere *Annuelle*, reagieren erst auf die chemischen Signale durch den Rauch eines Feuers, um ihre Dormanz in der Samenbank des Bodens zu brechen und so die Keimung nach dem Brand auszulösen (PETRUZZELLO 2018).

Neben diesen thematisch-inhaltlichen Optionen könnte bei der technischen Weiterentwicklung auch digitale Interaktionsmöglichkeiten wie beispielsweise

Drag-and-Drop-Funktionen entwickelt und implementiert werden. Diese könnten an Station T4 (vgl. S. 148 oder Stationsübersicht im Anhang XIII, S. 171) zum Ordnen der Entwicklungsstadien des *Ficus virens* eingesetzt werden. Auch an Station K4 (vgl. S. 235 oder Stationsübersicht im Anhang XIII, S. 171) könnten die SuS ausgewählte Sprechblasen mit den Klimawandelfolgen auf der Weltkarte per Drag-and-Drop verorten.

In der Videographie konnte nicht beobachtet werden, dass die SuS das Glossar nutzten, wenn Begriffe unklar waren. Das mag ggf. an anderen Stationen der Fall sein, jedoch erscheint das Glossar „zu weit weg“. Daher ist eine Einbindung von Tooltips bei Fachbegriffen sinnvoller. Diese können bei Desktop-Anwendungen als einfache Mouseover-Funktion in html-Seiten eingebaut werden. Bei mobilen Endgeräten ist zum einen der Platz und damit die Schriftgröße eingeschränkt, zum anderen gibt es keine Mausberührung. Die an mobile Ansichten angepasste Funktion leisten sog. Tapping-Icons (vgl. Abb. 120). Anhand der weiteren Videoauswertung können ggf. Begriffe identifiziert werden, die mit dieser Technik erläutert werden können. Das Glossar kann dann entfallen.

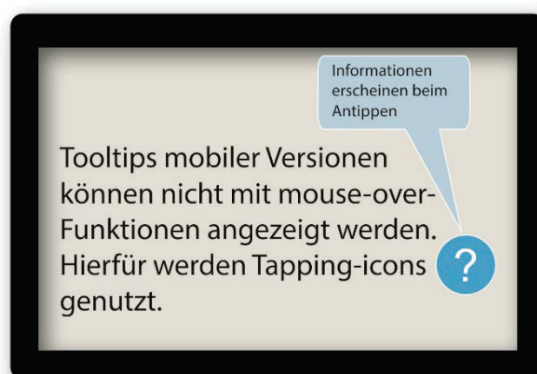


Abb. 120: Tapping-Icons ersetzen in mobilen Ansichten Tooltips (eigene Darstellung).

Sofern das Ziel einer strafferen Bearbeitung verfolgt wird, so müssen die Eingabemodi überdacht werden. Wie nachfolgende Abb. 121 zeigt, ist die Spannbreite der Dauer der Eingabe bei Texteingaben weitaus am größten (vgl. Anhang X, S. A154ff). Dies lag bei einigen Teams an der ungewohnten Eingabe über die Display-Tastatur. Oftmals aber eher daran, dass einige Gruppen zwar wie gefordert kurze Eingaben machten, jedoch ausgiebiger über die passende Formulierung diskutiert hatten oder auch über die richtige Schreibweise. Damit ist dies eine nicht kalkulierbare Variable, die kaum standardisiert werden kann. Bei der Fotodokumentation machten einige Gruppen wiederholt Bilder, da sie mit der Qualität nicht zufrieden waren; andere posierten zusammen mit den Pflanzen und arrangierten so ein kleines Fotoshooting.

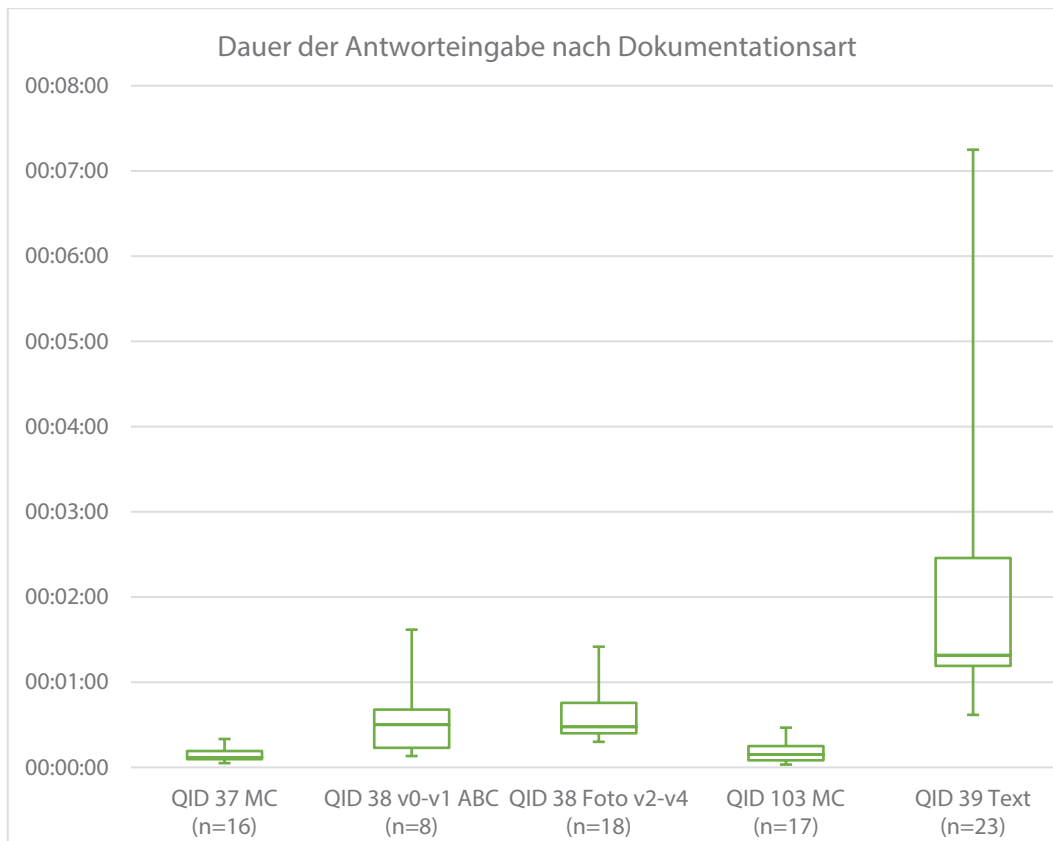


Abb. 121: Spannweite der Dauer der Eingabe von Schülerantworten nach Eingabemodus (MC=Multiple Choice, ABC=Texteingabe mit Platzhaltern, Foto=Fotodokumentation, Text=offene Texteingabe) (eigene Darstellung; Whisker umfassen Extremwerte)

Auch die Einbindung von Drag & Drop Antwortoptionen zur Verkürzung von Antworteingaben kann in Erwägung gezogen werden. Diese könnten an Station K4 die Verortung ausgewählter Sprechblasen auf der Weltkarte in Frage QID 50 (vgl. S. 235) ermöglichen. Auch an Station T3 können so die Entwicklungsstadien in Frage QID 10 des *Ficus virens* (vgl. S. 146) anhand des Sortierens einzelner Bilder der Stadien eine Alternative zur abstrakten Texteingabe mit Platzhaltern darstellen.

Von Anbieterseite ist es schwierig, die Kalte und Gemäßigte Zone ebenso interessant darzustellen wie die Tropische und Subtropische Zone, was sich auch in der Punktebewertung der SuS widerspiegelte (vgl. Abb. 76, S.241). In der Gemäßigten Zone stießen nur die Karnivoren auf reges Interesse, die jedoch auch nicht an diese Klimazone gebunden sind. Zudem ist das jahreszeitlich unterschiedliche Pflanzensortiment in Kalthaus III ungeeignet, um ein glaubwürdiges Ambiente der Kalten Zone zu generieren. In den Wintermonaten beherbergt das Haus die Kübelpflanzen aus dem Außenbereich, sodass die Stationen auf einer sehr kleinen Fläche aufgebaut werden müssen. Im Sommer beherrschen Tomaten, Paprika, Chili und Basilikum das Bild, die ebenfalls nicht die Kalte Zone abbilden. Eine Option wäre, den Lernzirkel zu modularisieren und

nur die Tropen und Subtropen abzubilden. Hierzu müssten dann diese Stationen zum Teil mehrfach angeboten und/oder durch weitere Anpassungen (z. B. Blattformen der Tropen) ergänzt werden, damit die SuS weiterhin in kleinen Tandems die Stationen bearbeiten können ohne sich gegenseitig zu behindern. Eine andere Option unter Beibehaltung der Gemäßigten und Kalten Zone wäre, das narrative Element stärker einzubinden. Die SuS befinden sich in der Phase der Berufsorientierung und daher ggf. offen für Impulse zur Berufswahl. Hier könnten beispielsweise in der Gemäßigten Zone, also ihrem Heimatraum, aktuelle Forschungen zur Nutzung von Pflanzen in den Städten zur Reduzierung des Stadtklimaeffektes thematisiert werden. Ähnlich könnten Forscherpersönlichkeiten und deren Tätigkeit in der Polarregion vorgestellt werden. Hier könnten die SuS beispielsweise an Eisbohrkern-Nachbildungen Klimaphasen rekonstruieren. All diese Beispiele zeigen, dass weitere spannende Anknüpfungspunkte vorliegen, eine an die Möglichkeiten im Garten angepasste themen- und schülerorientierte Weiterentwicklung der Stationen auf den Weg zu bringen.

7.2.2. Transfermöglichkeiten des Lernzirkels

Eine Übertragung des Lernzirkels auf andere Botanische Gärten in Deutschland ist technisch möglich und kann ggf. im Sinne des Open-Educational-Ressources-Gedankens über die Austauschplattform TULP des U.Edu-Projektes angeboten werden. Allerdings sollte dies so konfiguriert sein, dass interessierte Gärten auf Anfrage eine Download-Freigabe für das Programm und die Inhalte erhalten. Anschließend muss die Web-App auf eigenen Servern eingerichtet und inhaltlich auf ihre Bedürfnisse angepasst werden. Inwiefern hierfür eine technische Unterstützung seitens der TUK angeboten werden kann, ist zu klären.

Um Schulen, die aus zeitlichen und organisatorischen Gründen den Lernzirkel im Botanischen Garten der TUK nicht besuchen können, kann weiterführend der Lernzirkel in die Schule transferiert werden. Hierzu können einzelne Stationen und/oder Klimazonen modularisiert und als flexibles Lernangebot zusammengestellt werden. Die ausgewählten Inhalte des Lernzirkels können den Schulen bei Buchung des Angebotes als zeitlich begrenzt gültiger Link zur Verfügung gestellt werden. Die dazugehörigen Pflanzen können mit entsprechender Vorlaufzeit im Botanischen Garten kultiviert und zumindest in den warmen Monaten an die Schulen verschickt werden. Zu diesem Paket erhalten die Lehrpersonen neben einer Handreichung auch eine Liste an Materialien für die Experimente, die von Seiten der Schule (z. B. Bechergläser, destilliertes Wasser) oder aus dem Alltagsbestand (z. B. Küchenrolle, Kerzenwachs) aufgebracht werden müssen.

8. Fazit

Ziel dieser Arbeit war es, einen interdisziplinären Lernzirkel in einer für Tablet-PCs geeigneten Version nach dem Prinzip der Schülerorientierung zu entwickeln und einzusetzen. Hierfür wurde die Geobotanik als integrative Wissenschaft als thematische Verbindung der Schulfächer Biologie und Erdkunde ausgewählt. Sie findet ihren Niederschlag in den Lehrplänen beider Fächer in der gymnasialen Oberstufe in Rheinland-Pfalz. Sowohl aus fachlicher als auch aus didaktischer Sicht bietet sich die Exkursion als methodische Großform des Unterrichts in beiden Schulfächern an, was in diesem Konzept mit dem Besuch des außerschulischen Lernortes des Botanischen Gartens aufgegriffen wurde. Methodisch verbindet beide Fächer naturwissenschaftliche Arbeitsweisen, die in einem Lernzirkel in handlungsorientierten Stationen umgesetzt wurden. Eigenständiges Entdecken ermöglicht die digitale Umsetzung des Lernzirkels als Web-Applikation, die die Informationen und Arbeitsmaterial bietet, zum Handeln und Beobachten anleitet und Lernprodukte erfasst.

Der Lernzirkel ist bei 24 Kursen zum Einsatz gekommen und wird weiterhin genutzt; für 2019 liegen bereits zehn Anfragen vor (Stand: November 2018). Die Integrierte Gesamtschule Bertha-von-Suttner besucht das Lernangebot mit den Biologie-Kursen (Leistungs- und Grundkurs) in MSS 12 regelmäßig zu Jahresbeginn. Wie bei der Konzeption intendiert, ist der Besuch des außerschulischen Lernortes im Rahmen des Leitthemas 4 "Umwelt & Innenwelt lebender Systeme" verortet. Als Vorbereitung haben die SuS bis zum Besuch bereits die abiotischen Umweltfaktoren behandelt und sich auch mit Anpassungen von Pflanzen an ihren Standort (z. B. Xerophyten) beschäftigt. Auch die Fotosynthese und der Gasaustausch bei Pflanzen wurde im Unterricht bis zum Besuch thematisiert. Der Lernzirkel dient für diese Schule als Sicherung, Vertiefung und Veranschaulichung in der Unterrichtsreihe (HUBER 2018, 1). Doch nicht nur die inhaltliche Passung findet Anklang, wie nachfolgendes Zitat der fachdidaktischen Leitung der Biologie der Schule zeigt: *„Insgesamt bietet sich [der Lernzirkel] [...] sowohl für Leistungskurse als auch für Grundkurse nicht nur didaktisch, sondern auch methodisch an. Die einzelnen Stationen sind so konzipiert, dass die Schülerinnen und Schüler eigenständig naturwissenschaftliche Arbeitsweisen anwenden können. Der im Unterricht erlernte naturwissenschaftliche Erkenntnisweg kann so eingeübt und gefestigt werden. Dazu trägt auch das Benutzen der Rechner zur Auswertung der Versuche und die Präsentation der einzelnen Arbeitsergebnisse vorm Plenum mithilfe von Plakaten bei“* (ebd.). Fest in den Geographieunterricht eingebaut ist das Angebot auch an einem Gymnasium in Zweibrücken, das mit den Erdkunde-Leistungskursen den Besuch des außerschulischen Lernortes überwiegend als Sicherungsexkursion als

Abschluss des Teilthemas Geoökozonen durchführt. Auch eine Integrierte Gesamtschule aus der Vorderpfalz hat für 2019 den dritten Kurs angemeldet. Selbst Schulen aus Cochem an der Mosel und Trier nehmen die lange Anfahrt in Kauf. Die Tatsache, dass einige Schulen den Besuch des Lernzirkels als festen Bestandteil in ihr Unterrichtskonzept integriert haben, spricht für ein gelungenes Angebot, das nicht nur für Wandertage genutzt wird. Organisatorisch nutzen die Schulen das Fahrtenfenster im Januar / Februar oder Zeiten für Projekttag vor den Sommerferien um die Exkursion gezielt durchzuführen. Aufgrund von schulischen Sperrzeiten für Kursarbeiten wird das Lernangebot in den Zeiträumen Oktober bis Dezember und Mai bis Juni weniger frequentiert.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass das Projekt „In 80 Minuten um die Welt“ im Botanischen Garten der Technischen Universität Kaiserslautern die beiden Schulfächer Biologie und Erdkunde so verknüpft, dass SuS ihr Vorwissen aus beiden einbringen und handlungsorientierte Aufgaben eigenständig lösen können. Die digitale Umsetzung bietet den SuS, den begleitenden Lehrpersonen und den wissenschaftlichen Betreuern die Möglichkeit, Vor- und Nachteile multimedialer Lernmaterialien gegenüber bereits etablierter Darbietungsformen abzuschätzen. Die Unterrichtsstruktur in Form des Stationenlernens ist aus der Schule bekannt. Darauf aufbauend werden den SuS zusätzliche Repräsentationsmedien, Rechenwerkzeugen oder auch digitale Karten angeboten und erweitern so das gewohnte papierbasierte Materialportfolio. Video-Reportagen und Fotodokumentationen als Lernprodukte modifizieren gängige Aufgabenformate und bieten so einen motivationalen Anreiz.

Die Entwicklung des Lernzirkels war und bleibt sehr dynamisch. Sie erfordert weniger eine Anpassung an den Kenntnisstand der Schülerinnen und Schüler als vielmehr an die Grenzen der technischen Möglichkeiten und den aktuell verfügbaren Originalen im Botanischen Garten. Gerade diese Herausforderungen bieten jedoch für die beteiligten Fachbereiche noch vielfältige Möglichkeiten der Einbindung in die Lehramtsausbildung, sodass die Studierenden Fachinhalte aufbereiten, fachdidaktische Überlegungen anstellen, Methoden auswählen sowie technische Erfahrungen sammeln und dies konkret mit Schülerinnen und Schülern erproben können. Fachdidaktische Forschung können die Lernwirksamkeit des gesamten Lernzirkels untersuchen. Auch detailliertere Fragestellungen zur Lernwirksamkeit unterschiedlicher Methoden im Kontrollgruppendesign können näher betrachten. Auf qualitativer Seite könnten die affektiven Lernziele in den Fokus rücken. Ob jedoch erforscht werden kann, inwiefern Primärerfahrungen erlebt wurden und ob diese nachhaltig wirken, ist eine Fragestellung, die die Wirkungsforschung an

außerschulischen Lernorten generell nicht beantworten kann. Was Menschen zum Nachdenken und Handeln angeregt sind persönliche Erfahrungen und individuell berührende Momente, nicht blanke Zahlen.

Videoverzeichnis der beiliegenden CD

1. Fremdvideos mit Nutzungsrechten zu Bildungszwecken für den Lernzirkel am Standort der TU Kaiserslautern:

G1_Grüne Fleischfresser_Uni Würzburg.mp4

Beitrag "Erstaunliches aus der Welt der Pflanzen" von "W wie Wissen", Erstausstrahlung am 15.07.2012., für Bildungszwecke im Rahmen der Lernzirkels zur Verfügung gestellt von Dr. Sönke Scherzer, Molecular Plant Physiology & Biophysics, Universität Würzburg

T3_Epiphyten_Uni Innsbruck.mp4

Produziert von Prof. Stefan Mayr, für Bildungszwecke im Rahmen der Lernzirkels zur Verfügung gestellt von Prof. Stefan Mayr und Univ. Prof. Mag. Dr. Ilse Kranner, Institut für Botanik, Universität Innsbruck, Auflage: Verlinkung zum Innsbrucker Institut für Botanik

2. Selbst erstellte Videos

K1 Lebensformen.mp4

T2_Kranzanatomie.mp4

T2_Wachstumsturbo C4.mp4

Vegetationszeit bestimmen.mp4

Abbildungen

Abb. 1: Ablauf einer DBR-Studie	7
Abb. 2: Didaktisches Dreieck im Lernsetting	7
Abb. 3: Einflussfaktoren auf das Lernsetting aus der Umgebung	9
Abb. 4: Das CTML-Modell	14
Abb. 5: Relationales Modell des Interesse- / Nicht-Interesse-Konstruktes	22
Abb. 6: Außerschulische Lernorte als Teil Geographielernens	25
Abb. 7: Klassifikationen von Exkursionen	26
Abb. 8: Entwicklung universitärer botanischer Gärten	31
Abb. 9: Didaktische Feindimensionen außerschulischer Lernangebote	33
Abb. 10: Didaktische Feindimensionen informeller Angebote in Botanischen Gärten	34
Abb. 11: Didaktische Feindimensionen formaler Angebote in Botanischen Gärten	35
Abb. 12: Hype Cycle nach Gartner 2016	37
Abb. 13: Gewächshäuser des Botanischen Gartens der TUK	50
Abb. 14: Lageplan der 16 Stationen des Lernzirkels in den Gewächshäusern	50
Abb. 15: Botanische Gärten in Deutschland und deren Bildungsangebote	54
Abb. 16: Lehrplanpassung des Lernzirkels	57
Abb. 17: Abbildung der Klimazonen im Lernzirkel	63
Abb. 18: Beispiel für <i>Lithops spec.</i>	66
Abb. 19: Beispiel für Stammsukkulenz <i>Echinocactus grusonii</i>	66
Abb. 20: Epiphytenwand im temperierten Haus	67
Abb. 21: Querschnitt eines Zuckerrohrblattes unter dem Mikroskop	68
Abb. 22: aufbereitete Mikroskopbilder: C3-Blatt und C4-Blatt	69
Abb. 23: Hierarchie der Hauptkomponenten von geozonalen Ökosystemen	74
Abb. 24: Strahlung und Temperatur in Relation zur geographischen Breite	75
Abb. 25: Klimakarte nach SIEGMUND als Grundlage für die im Lernzirkel didaktisch reduzierte Klimakarte	76
Abb. 26: Lebensformen nach Christian Raunkjær (1934)	78
Abb. 27: Ökozonen der Erde	80
Abb. 28: Vergleich vertikaler Temperaturgradienten, Barrow (Alaska)	84
Abb. 29: Aspekte des didaktischen Prinzips Strukturierung	97
Abb. 30: Exemplarische Screenshot-Ansicht einer Orientierungshilfe	98
Abb. 31: Lageplan als verlinkte Orientierungshilfe	99
Abb. 32: Beispiel für eine Informationsseite	100
Abb. 33: Beispiel einer Aufgabe, die eine Texteingabe erfordert	103
Abb. 34: Beispiel einer Aufgabenstellung im Multiple-Choice-Format	103
Abb. 35: Beispiel für direktes Feedback nach Multiple-Choice-Antworten	104
Abb. 36: Beispiel einer Aufgabenstellung, die per Foto beantwortet wird	104
Abb. 37: Startansicht aus Sicht des Users	106
Abb. 38: Spielfeldansicht aus Sicht d. Users nach 2 abgeschlossenen Stationen	107
Abb. 39: Exemplarische Ansicht der Control-Seite control.html	108
Abb. 40: Ablaufschema der Kommunikation mit der Datenbank	109
Abb. 41: Exemplarische Ansicht der generierten Logins	109

Abb. 42: Exemplarische Ansicht der Login-Seite.....	110
Abb. 43: Sequenzdiagramm nach Eingabe der Logins	111
Abb. 44: Screenshot des Backend zur Konfiguration einer Aufgabenstellung.....	114
Abb. 45: Screenshot der Eingabemaske für eine Antwortoption bei MC-Fragen	115
Abb. 46: Das Entity-Relationship-Modell der Datenbank der Anwendung	116
Abb. 47: Didaktische Feindimensionen des Konzeptes	119
Abb. 48: Kompetenzbereiche des Schulfaches Geographie	121
Abb. 49: Screenshot-Ansicht der Startseite	128
Abb. 50: Screenshot-Ansicht der Welcome-Seite welcome/T1_Welcome.html	129
Abb. 51: Screenshot-Ansicht der Welcome-Seite K1Welcome.html	196
Abb. 52: Screenshot-Ansicht der Frage 1 an Station K1.....	196
Abb. 53: Karte 1 zu Station K1 QID 37: Vorkommen von Frösten	197
Abb. 54: Karte 2 zu Station K1 QID 37: Klimazonen der Erde	198
Abb. 55: Screenshot-Ansicht der Auflösung auf die MC-Frage QID 37	198
Abb. 56: Screenshot-Ansicht der Überleitungs-Seite	199
Abb. 57: Screenshot-Ansicht der Aufgabe 2 an Station K1	200
Abb. 58: Screenshot-Ansicht der Startseite des Videos zu Wuchsformen	200
Abb. 59: Aufbau der Originale an Station K1	201
Abb. 60: Diagramm zu den Frostresistenzen der Wuchsform	201
Abb. 61: Screenshot-Ansicht der abschließenden MC-Frage QID 103	202
Abb. 62: Screenshot-Ansicht der Auflösung auf die MC-Frage QID 103.....	203
Abb. 63: Screenshot-Ansicht der Frage QID 39.....	203
Abb. 64: Häufigkeitsverteilung der Wuchsformen in der kalten Zone	204
Abb. 65: Screenshot-Ansicht der Überleitungs-Seite outro/K1_1 outro.html	205
Abb. 66: Klimadiagramm von Ikerasak.....	211
Abb. 67: Startansicht des Videotutorials.....	211
Abb. 68: Klimadiagramm von Barrow (Alaska).....	218
Abb. 69: Materialseite K3_M3_Temperaturgradient.html	220
Abb. 70: Grafik zum fotosynthetisch nutzbaren Spektralbereich des Lichtes.	222
Abb. 71: Strahlungshaushalt im System Atmosphäre - Erdoberfläche	223
Abb. 72: Foto einer Heidelbeere.....	226
Abb. 73: Screenshot-Tutorial zum Filmen mit dem Tablet-PC	233
Abb. 74: Einzugsgebiet des Lernzirkels.....	237
Abb. 75: Bewertung der geistigen Anstrengung beim Bearbeiten des Lernzirkels.....	240
Abb. 76: Schülerfeedback zu den einzelnen Stationen.....	241
Abb. 77: Parameter des adaptierten Usability-Tests im Kontext Effektivität.....	248
Abb. 78: Auszug aus dem Codebuch: Obercode User experience.....	250
Abb. 79: Positionen der Actioncams im Warmhaus	253
Abb. 80: Möglichkeiten der Kamerapositionen in Kalthaus III	254
Abb. 81: Positionen von G1 & G2 und der Kameras in Kalthaus I vor d. Umsiedlung. .	254
Abb. 82: Positionen von S1 & S2 nach der Umsiedlung ins Kalthaus I.....	255
Abb. 83: Positionen von G1 & G2 und der Kameras nach der Umsiedlung	255
Abb. 84: Positionen der Stationen und Kameras im temperierten Haus.....	255
Abb. 85: Kameraposition an T3.....	256

Abb. 86: Drehbuch-Ansicht der Station K1	260
Abb. 87: Auszug aus dem Codebuch.....	261
Abb. 88: Auszug aus dem Codebuch: Phasencodes.	262
Abb. 89: Intercoder-Tabelle zur codespezifischen Übereinstimmung	265
Abb. 90: Intercoder-Übereinstimmungstabelle.....	265
Abb. 91: Intercoder-Tabelle zur codespezifischen Übereinstimmung	266
Abb. 92: Drehbuch-Darstellung für die Stationen K1 und K2.....	270
Abb. 93: Instruktionsdesign in Version v0 und v1	273
Abb. 94: Arbeitshaltung.....	274
Abb. 95: Auszubildende: Arbeitshaltung	275
Abb. 96: Schwierigkeiten im Verständnis hinsichtlich der Sortierrichtung	275
Abb. 97: Ankerbeispiel für Dialog in Bezug auf Unsicherheit	276
Abb. 98: Codehäufigkeiten Code "Verständnisschwierigkeiten Instruktion", v0-v1.....	277
Abb. 99: Geringe Qualität der sprachlichen Auseinandersetzung mit dem Original... ..	278
Abb. 100: Beispiele der sprachlichen Auseinandersetzung in v0-v1.....	278
Abb. 101: Auswertung der Schülerantworten zu QID 38	279
Abb. 102: Drehbuchansicht Station K1 in Version v2-v3	280
Abb. 103: Instruktionsdesign in Version v2-v3.....	284
Abb. 104: Auswertung der Fotos der Rankings.....	285
Abb. 105:Codings: Code "Verständnisschwierigkeiten Instruktion", v2-v3	285
Abb. 106: Drehbuchansicht der Version v4.....	288
Abb. 107: Instruktionsdesign in Version v4	291
Abb. 108: Auswertung der Schülerantworten: Zuordnung der Einsteckschilder.....	292
Abb. 109: Auswertung der Schülerantworten: Ranking	292
Abb. 110: Dokumenten-Vergleichsdiagramm.....	293
Abb. 111: Auswertung der Schülerantworten zu QID 39: Qualität.	294
Abb. 112: Auswertung der Schülerantworten zu QID 39: kognitiver Konflikt	294
Abb. 113: Auswertung der Videodaten, Code Fachsprache	295
Abb. 114: Vorgehensweise bei der Informationsentnahme QID 38.....	296
Abb. 115: Vergleich der Bearbeitungsdauer von Beginn QID 38 bis Ende QID 39.....	302
Abb. 116: Mittelwerte der Codehäufigkeiten zu Emotionsäußerungen.....	304
Abb. 117: Overlay-Technik zur Kartenauswertung.	307
Abb. 118: Kleine Vanille (<i>Vanilla pompona</i>)	312
Abb. 119: Bodenbrände in Savannengebieten der sommerfeuchten Tropen	314
Abb. 120: Tapping-Icons.....	317
Abb. 121: Dauer der Eingabe von Schülerantworten nach Eingabemodus	318

Tabellen

Tab. 1: Designrichtlinien für die Erstellung von mobilen Lernanwendungen.....	41
Tab. 2: Vergleich verschiedener Parameter bei C3- und C4-Fotosynthese	71
Tab. 3: Veränderungen der O ₂ - und CO ₂ -Anteile in der Atmosphäre.....	72
Tab. 4: Lebensformenverteilung in den Ökozonen	79
Tab. 5: Zielsetzung, Umsetzung und Verwendung von Videos im Lernzirkel.....	102
Tab. 6: Übersicht über die Besuchergruppen nach Schulart.....	236
Tab. 7: Geschlechterverteilung der SuS der Erprobungsphase	237
Tab. 8: Kursbelegung Erdkunde.....	238
Tab. 9: Kreuztabelle: Kursbelegung Erdkunde X letzte Zeugnisnote	238
Tab. 10: Kursbelegung Biologie	239
Tab. 11: Kreuztabelle: Kursbelegung Biologie X letzte Zeugnisnote	239
Tab. 12: Lufttemperatur in den Gewächshäusern im Juni und Januar	242
Tab. 13: Fragebogenerhebung zum Konstrukt Interesse/Lernfreude	249
Tab. 14: Fragebogenerhebung zum Konstrukt Wert/Nützlichkeit.....	249
Tab. 15: Fragebogenerhebung zum Konstrukt Frustration	250
Tab. 16: Auszug aus der tabellarischen Übersicht des Codebuches.	259
Tab. 17: Übersicht über die codierten Videos.....	269
Tab. 18: Charakteristika von Oberflächen- und Kronenfeuern	314

Literatur

- AARRESTAD, P. A.; MASUNGA, G. S.; HYTTEBORN, H.; PITLAGANO, M. L.; MAROKANE, W. & C. SKARPE (2011): Influence of soil, tree cover and large herbivores on field layer vegetation along a savanna landscape gradient in northern Botswana. In: *Journal of Arid Environments* 75, 290–297.
- ADAMS, R. (2007): Decision and stress. Cognition and e-accessibility in the information workplace. In: *Universal Access in the Information Society* 5, 363–379.
- AEBLI, H. (2011): *Zwölf Grundformen des Lehrens. Eine allgemeine Didaktik auf psychologischer Grundlage; Medien und Inhalte didaktischer Kommunikation, der Lernzyklus.* Stuttgart.
- ALBERT, M.; HURRELMANN, K. & G. QUENZEL (2015): 17. Shell Jugendstudie. Jugend 2015 3401. Frankfurt am Main.
- ANDERSON, L. W. & R. B. BURNS (1989): *Research in classrooms: The study of teachers, teaching and instruction.* Oxford.
- ARNOLD, P.; KILIAN, L.; THILLOSEN, A. M. & G. M. ZIMMER (HRSG.) (2004): *E-Learning. Handbuch für Hochschulen und Bildungszentren; Didaktik, Organisation, Qualität.* Nürnberg.
- ASBRAND, B.; MARTENS, M. & D. PETERSEN (2013): Die Rolle der Dinge in schulischen Lehr-Lernprozessen. In: *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 16, 171–188.
- ASHTON, D. H. (1981): Fire in tall open-forests (wet sclerophyll forests). In: GILL, A. M.; GROVES, R. H. & NOBLE, I. R. (Hrsg.): *Fire and the Australian biota.* Canberra City, 339–366.
- BALLSTAEDT, S.-P. (1997): *Wissensvermittlung. Die Gestaltung von Lernmaterial.* Weinheim.
- BAUMERT, J. & R. LEHMANN (1997): *TIMSS - Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Deskriptive Befunde.* Wiesbaden.
- BERG, R. Y. (1975): Myrmecochorous plants in Australia and their dispersal by ants. In: *Australian Journal of Botany* 23, 475–508.
- BILANDZIC, H.; SCHRAMM, H. & J. MATTHES (2015): *Medienrezeptionsforschung.* UTB 4003. Konstanz, Stuttgart.
- BIRKENHAUER, J. (1995): Außerschulische Lernorte. In: BIRKENHAUER, J. (Hrsg.): *Außerschulische Lernorte. HGD-Symposium Benediktbeuern 1993. Geographiedidaktische Forschungen Bd. 26.* Nürnberg, 9–16.
- BIRKENHAUER, J. (1999): Handlungsorientierung. In: BÖHN, D. (Hrsg.): *Didaktik der Geographie - Begriffe [A - Z].* Didaktik der Geographie. München, 65–66.
- BLOOM, B. S. (HRSG.) (1972): *Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich.* Weinheim.
- BLUMSTENGEL, A. (1998): *Entwicklung hypermedialer Lernsysteme.* Berlin.

- BLÜTHGEN, J. & W. WEISCHET (1980): Allgemeine Klimageographie. Lehrbuch der allgemeinen Geographie 2. Berlin.
- BOENIGK, J. & S. WODNIOK (2014): Biodiversität und Erdgeschichte. Berlin.
- BOER, H. D. & S. REH (HRSG.) (2012): Beobachtung in der Schule - Beobachten lernen. Wiesbaden.
- BONFADELLI, H. & T. N. FRIEMEL (2015): Medienwirkungsforschung. UTB Kommunikationswissenschaft, Soziologie, Psychologie 3451. Konstanz, München.
- BRANDES, D. (2001): Aufgaben und Bedeutung Botanischer Gärten. Vortrag anlässlich der Verabschiedung des Technischen Leiters des Braunschweiger Botanischen Gartens, Herrn Klaus Baeske, am 27. März 2001. Braunschweig.
- BRANDT, A.; MÖLLER, J. & K. KOHSE-HÖINGHAUS (2008): Was bewirken außerschulische Experimentierlabors? In: Zeitschrift für Pädagogische Psychologie 22, 5–12.
- BRENNECKE, A. (2012): Ökologie. Biosphäre Ökologie Schülerbd. Berlin.
- BRESGES, A. (2018): Mobile Learning in der Schule. In: WITT, C. de & GLOERFELD, C. (Hrsg.): Handbuch Mobile Learning. Wiesbaden, 613–635.
- BROWN, A. L. (1992): Design Experiments. Theoretical and Methodological Challenges in Creating Complex Interventions in Classroom Settings. In: Journal of the Learning Sciences 2, 141–178.
- BRUNER, J. S. & A. HARTTUNG (1974): Entwurf einer Unterrichtstheorie. Sprache und Lernen 5. Berlin.
- BUCHEM, I. (2018): Veränderungen in der Didaktik durch Mobile Learning. In: WITT, C. de & GLOERFELD, C. (Hrsg.): Handbuch Mobile Learning. Wiesbaden, 43–62.
- BUCHER, H.-J. & P. SCHUMACHER (2012): Aufmerksamkeit und Informationsselektion: Blickdaten als Schlüssel zur Aufmerksamkeitssteuerung. In: BUCHER, H.-J. & SCHUMACHER, P. (Hrsg.): Interaktionale Rezeptionsforschung. Theorie und Methode der Blickaufzeichnung in der Medienforschung. Wiesbaden, 83–110.
- BUDKE, A. & D. KANWISCHER (2015): Aktuelle Forschungs- und Entwicklungsfelder der Geographiedidaktik. In: Geographische Rundschau 67, 52–57.
- BULLINGER, R.; HIEBER, U. & T. LENZ (2005): Das Geographiebuch - ein (un)verzichtbares Medium (!)? Didaktische Funktionen und Grenzen eines traditionellen Mediums. In: Geographie heute: Themen, Modelle, Materialien für die Unterrichtspraxis aller Sekundarstufen 26, 67–71.
- CAROW, T. & R. FÜRST (1997): Fleischfressende Pflanzen. Artenübersicht - Kulturvermehrung; mit neu überarbeiteter Insektivoren-Artenliste. Nüdlingen.
- CLARKE, D.; KEITEL, C. & Y. & SHIMIZU (HRSG.) (2006): Mathematics classrooms in twelve countries. The insider's perspective. Rotterdam.
- COMENIUS, J. A. (1657, 1970): Große Didaktik. Übersetzt und herausgegeben von Flitner, A. Düsseldorf.

- DECI, E. L. & R. M. RYAN (1993): Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. In: Zeitschrift für Pädagogik 39, 223–238.
- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOGRAPHIE (DGFG) E.V. (HRSG.) (2014): Bildungsstandards im Fach Geographie für den Mittleren Schulabschluss mit Aufgabenbeispielen. Bonn.
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (2011): Grundsätzliche Empfehlungen für Produkt- und Prozessgestaltung. DIN-VDE-Taschenbuch 354,1. Berlin.
- DEUTSCHLAND BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (2000): Beitrag der deutschen Botanischen Gärten zur Erhaltung der biologischen Vielfalt und genetischer Ressourcen. Bestandsaufnahme und Entwicklungskonzept; Abschlußbericht des gleichlautenden F+E-Vorhabens 808 05 070 des Bundesamtes für Naturschutz. Bonn.
- DICKINSON, K. J. M. & J. B. KIRKPATRICK (1985): The flammability and energy content of some important plant species and fuel components in the forests of southeastern Tasmania. In: Journal of Biogeography 12, 121–134.
- DINKELAKER, J. & M. HERRLE (2009): Erziehungswissenschaftliche Videographie. Eine Einführung. Qualitative Sozialforschung. Wiesbaden.
- DOHMEN, G. (2001): Das informelle Lernen. Die internationale Erschließung einer bisher vernachlässigten Grundform menschlichen Lernens für das lebenslange Lernen aller. BMBF publik. Bonn.
- DOHMEN, G. (2002): Informelles Lernen in der Freizeit. In: Spektrum Freizeit, 18–27.
- DÖRING, N. & J. BORTZ (2016): Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften. Springer-Lehrbuch. Berlin, Heidelberg, s.l.
- DÖRING, N.; PÖSCHL, S.; GROß, H.-M.; BLEY, A.; MARTIN, C. & H.-J. BÖHME (2015): User-centered design and evaluation of a mobile shopping robot. In: International journal of social robotics 7, 203–225.
- DRESING, T. & T. PEHL (HRSG.) (2015): Praxisbuch Interview, Transkription & Analyse. Anleitungen und Regelsysteme für qualitativ Forschende. Marburg.
- DRISSNER, J.; HILLE, K.; DEBATIN, S. & H.-M. HAASE (2008): Das Grüne Klassenzimmer im Botanischen Garten der Universität Ulm. Eine Wirkungsanalyse. In: Diskurs Kindheits- und Jugendforschung 3, 209–218.
- DROLLINGER-VETTER, B. (2011): Verstehenselemente und strukturelle Klarheit. Fachdidaktische Qualität der Anleitung von mathematischen Verstehensprozessen im Unterricht. Zugl.: Zürich, Univ., Diss., 2009. Empirische Studien zur Didaktik der Mathematik 8.
- DUBS, R. (1993): Stehen wir vor einem Paradigmenwechsel beim Lehren und Lernen? In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik 89, 449–454.
- EDLINGER, H. & T. HASCHER (2008): Von der Stimmungs- zur Unterrichtsforschung. Überlegungen zur Wirkung von Emotionen auf schulisches Lernen und Leisten. In: Unterrichtswissenschaft 36, 55–70.

- EHLERINGER, J. R., & CERLING, T. E. (2002): C3 and C4 photosynthesis. In: MUNN, T. (Hrsg.): Encyclopedia of global environmental change. Chichester, 186–190.
- ELIAS, T. (2011): 71. Universal Instructional Design Principles for Mobile Learning. In: International Review of Research in Open and Distance Learning 12.
- ESCHENHAGEN, D.; KATTMANN, U. & D. RODI (1996): Fachdidaktik Biologie. Köln.
- ESSER, H. (1978): Der Biologieunterricht. Inhalte, Strukturen, Verfahren. Hannover.
- EULER, D. (1994): (Multi)mediales Lernen - Theoretische Fundierungen und Forschungsstand. In: Unterrichtswissenschaft 22, 291–311.
- EULER, D. & P. F. E. SLOANE (2014): Editorial. In: EULER, D. & SLOANE, P. F. E. (Hrsg.): Design-based research. Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik Beiheft 27. Stuttgart, 7–12.
- F. S. CHAPIN III; MCKENDRICK, J. D. & D. A. JOHNSON (1986): Seasonal Changes in Carbon Fractions in Alaskan Tundra Plants of Differing Growth Form. Implications for Herbivory. In: The Journal of Ecology 74, 707.
- FALK, G. (2015): Exkursionen. In: REINFRIED, S. & HAUBRICH, H. (Hrsg.): Geographie unterrichten lernen. Die Didaktik der Geographie. Mensch und Raum. Berlin.
- FANČOVIČOVÁ, J. & P. PROKOP (2011): Plants have a chance. Outdoor educational programmes alter students' knowledge and attitudes towards plants. In: Environmental Education Research 17, 537–551.
- FEULNER, B.; OHL, U. & I. HÖRMANN (2015): Design-Based Research – ein Ansatz empirischer Forschung und seine Potenziale für die Geographiedidaktik. In: Zeitschrift für Geographiedidaktik, 205–231.
- FILHO, N. F. D. & E. F. BARBOSA (2013): A requirements catalog for mobile learning environments. In: SHIN, S. Y. & MALDONADO, J. C. (Hrsg.): Proceedings of the 28th Annual ACM Symposium on Applied Computing - SAC '13. New York, USA, 1266.
- FISCHBECK-EYSHOLDT, M. (2001): Der botanische Garten als Ort für Umweltbildung. Gartenpädagogische Konzeption unter besonderer Berücksichtigung formenkundlicher Inhalte. Dissertation. Oldenburg.
- FISCHER, F. (2001): Gemeinsame Wissenskonstruktion. Theoretische und methodologische Aspekte. Forschungsbericht/Ludwig-Maximilians-Universität München, Institut für Pädagogische Psychologie und Empirische Pädagogik, Lehrstuhl Prof. Dr. Heinz Mandl Nr. 142. München.
- FÖRSTER, K. (2013): Detaillierte Nachbildung von Schneeprozessen in der hydrologischen Modellierung. Dissertation. Braunschweig.
- FREERICKS, R.; WULF, D. & D. BRINKMANN (2017): Didaktische Modelle für außerschulische Lernorte. Bremen.
- FRENZEL, A. C.; GÖTZ, T. & R. PEKRUN (2015): Emotionen. In: WILD, E. & MÖLLER, J. (Hrsg.): Pädagogische Psychologie. Springer-Lehrbuch. Berlin, Heidelberg, 201–225.

- FREY, W. & R. LÖSCH (2010): Geobotanik. Pflanze und Vegetation in Raum und Zeit. Heidelberg.
- FUCHS, E.; NIEHAUS, I. & A. STOLETZKI (2014): Das Schulbuch in der Forschung. Analysen und Empfehlungen für die Bildungspraxis. Eckert. Expertise / Georg-Eckert-Institut für Internationale Schulbuchforschung Band 4. Göttingen.
- FUKAREK, F. (1995): Urania-Pflanzenreich. Vegetation. Leipzig, Jena, Berlin.
- GENZ, F.; BRESGES & ANDRÉ (2017): Projektbeispiele für Design-Based Research im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: BASTIAN, J. & AUFENANGER, S. (Hrsg.): Tablets in Schule und Unterricht. Forschungsmethoden und -perspektiven zum Einsatz digitaler Medien. Wiesbaden, 63–86.
- GERLICHER, A. & T. JORDINE (2018): Mobile Learning und Mobile Game-based Learning. Anwendungsgebiete und technische Umsetzungsmöglichkeiten. In: WITT, C. de & GLOERFELD, C. (Hrsg.): Handbuch Mobile Learning. Wiesbaden, 161-176.
- GERSTENMAIER, J. (1995): Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. In: Zeitschrift für Pädagogik 41, 867–888.
- GEYER, C. (2008): Museums- und Science-Center-Besuche im naturwissenschaftlichen Unterricht aus einer motivationalen Perspektive. Die Sicht von Lehrkräften und Schülerinnen und Schülern. Zugl.: München, Univ., Diss, 2007. Studien zum Physik- und Chemielernen Bd. 77. Berlin.
- GILL, A. M. (1975): Fire and The Australian Flora. A Review. In: Australian Forestry 38, 4–25.
- GILL, A. M. (1994): Patterns and processes in open-forests of Eucalyptus in southern Australia. In: GROVES, R. H. (Hrsg.): Australian vegetation. Cambridge, 152–176.
- GILL, A. M.; GROVES, R. H. & I. R. NOBLE (HRSG.) (1981): Fire and the Australian biota. Canberra City.
- GLAHN, C. & M. R. GRUBER (2018): Mobile Blended Learning. In: WITT, C. de & GLOERFELD, C. (Hrsg.): Handbuch Mobile Learning. Wiesbaden, 303–320.
- GLÄSER-ZIKUDA, M. (HRSG.) (2012): Mixed methods in der empirischen Bildungsforschung. 74. Tagung der Arbeitsgruppe Empirische Pädagogische Forschung (AEPF) im September 2010 in Jena. Münster.
- GÖTZ, K. & P. HÄFNER (2010): Didaktische Organisation von Lehr- und Lernprozessen. Ein Lehrbuch für Schule und Erwachsenenbildung. Grundlagen der Weiterbildung. Augsburg.
- GRACE, J. (1977): Plant response to wind. Experimental botany 13. London.
- GRÄSEL, C. & B. GNIEWOSZ: Überblick Lehr-Lernforschung, 19–24.
- GRUNERT, C.: Außerschulische Bildung: Empirische Bildungsforschung, 165–178.
- GUDJONS, H. (2014): Handlungsorientiert lehren und lernen.

- GUY, C. L. (1990): Cold Acclimation and Freezing Stress Tolerance: Role of Protein Metabolism. In: Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 41, 187–223.
- HARRISON, R.; FLOOD, D. & D. DUCE (2013): Usability of mobile applications. Literature review and rationale for a new usability model. In: Journal of Interaction Science 1, 1.
- HASSELHORN, M. & A. GOLD (2006): Pädagogische Psychologie. Erfolgreiches Lernen und Lehren. Kohlhammer Standards Psychologie. Stuttgart.
- HECKHAUSEN, J. & H. HECKHAUSEN (HRSG.) (2018): Motivation und Handeln. Berlin, Heidelberg.
- HELMKE, T.; HELMKE, A.; SCHRADER, F.-W.; WAGNER, W.; NOLD, G. & K. SCHRÖDER (2008): Die Videostudie des Englischunterrichts: Unterricht und Kompetenzerwerb in Deutsch und Englisch. Ergebnisse der DESI-Studie. Beltz Pädagogik. Weinheim u.a., 345–363.
- HEMMER, I. & M. HEMMER (2008): Mit Interesse lernen. Schülerinteresse und Geographieunterricht. In: Geographie heute Sammelband Geographie unterrichten, 124–129.
- HEMMER, M. (2015): Empirische Forschung in der Geographiedidaktik – Entwicklung, Formate, Perspektiven. In: WEIBENO, G. & SCHELLE, C. (Hrsg.): Empirische Forschung in gesellschaftswissenschaftlichen Fachdidaktiken. Ergebnisse und Perspektiven. Wiesbaden, 201–210.
- HEMMER, M. & R. UPHUES (2009): Zwischen passiver Rezeption und aktiver Konstruktion. Varianten der Standortarbeit aufgezeigt am Beispiel der Großwohnsiedlung Berlin-Marzahn. Neue Wege der Exkursions- und Reisedidaktik: Vielperspektivität und Teilnehmerzentrierung. Berlin.
- HENNERN, H. (1993): Die fleischfressenden Pflanzen. Eine Einführung in Fangmethoden, Verbreitung und Kultur. Bochum.
- HENNINGER, S. & T. KAISER (2017): Mit digitalen Medien und Schülerversuchen den botanischen Garten erkunden. Explorative Videostudie zur Praxistauglichkeit einer Web-App in einer problemorientierten Lernumgebung. In: JUEN-KRETSCHMER, C.; MAYR-KEILER, K.; ÖRLEY, G. & PLATTNER, I. (Hrsg.): Digitale Pädagogik - Zwischen Realität und Vision. transfer Forschung ↔ Schule 3. Jahrgang. Bad Heilbrunn, 199–203.
- HENNINGER, S. & T. KAISER (2018): „In 80 Minuten um die Welt“ – Mit digitalen Medien und Schülerversuchen den botanischen Garten erkunden. In: GAUTSCHI, P.; REMPLER, A.; SOMMER HÄLLER, B. & WILHELM, M. (Hrsg.): Außerschulische Lernorte - Beiträge zur Didaktik. Tagungsband zur 5. Tagung Außerschulische Lernorte der PH Luzern vom 9. und 10. Juni 2017. Außerschulische Lernorte - Beiträge zur Didaktik 5. Luzern, 145–152.
- HENNINGER, S. & T. KAISER (2019): A mobile guided smart-safari on an extracurricular location. In: LEAL FILHO, W.; LACKNER, B. & MCGHIE, H. (Hrsg.): Addressing the Challenges in Communicating Climate Change Across Various Audiences.

- HENNINGER, S.; KAISER, T.; THYSSEN, C. & K. WOHNSLAND (2016): Geobotanik als Brückenschlag zwischen der Fachdidaktik Geographie und Biologie. In: JUEN-KRETSCHMER, C.; MAYR-KEILER, K.; ÖRLEY, G. & PLATTNER, I. (Hrsg.): transfer Forschung ↔ Schule, Heft 2. Visible Didactics – Fachdidaktische Forschung trifft Praxis. Bad Heilbrunn, 88–102.
- HENNINGER, S. & M. THIEL (2013): Die Welt im Zoo erkunden. In: ARNOLD, R. (Hrsg.): Didaktik im Fokus. Grundlagen der Berufs- und Erwachsenenbildung 76. Baltmannsweiler, 145–160.
- HENNINGER, S. & C. THYSSEN (2015): In 80 Minuten um die Welt. Interaktives Lernen am außerschulischen Lernort. In: SCHIEFNER-ROHS, M.; GÓMEZ TUTOR, C. & MENZER, C. (Hrsg.): Lehrer.Bildung.Medien. Herausforderungen für die Entwicklung und Gestaltung von Schule. Grundlagen der Berufs- und Erwachsenenbildung Band 82. Baltmannsweiler, S. 277-291.
- HILLER, J. (2017): Die Unternehmensfallstudie als Unterrichtsmethode für den Geographieunterricht. Dissertation. Geographiedidaktische Forschungen 67.
- HILLMAYR, D.; REINHOLD, F.; ZIERNWALD, L. & K. REISS (2017): Digitale Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe. Einsatzmöglichkeiten, Umsetzung und Wirksamkeit. Münster, New York.
- HOFFMANN, B. (2003): Medienpädagogik. Eine Einführung in Theorie und Praxis. UTB 2421. Paderborn, München, Wien, Zürich.
- HOFFMANN, T. (2015): Bildungsstandards Geographie. In: REINFRIED, S. & HAUBRICH, H. (Hrsg.): Geographie unterrichten lernen. Die Didaktik der Geographie. Mensch und Raum. Berlin, 106–109.
- HOLSTERMANN, N. & S. BÖGEHOLZ (2007): Interesse von Jungen und Mädchen an naturwissenschaftlichen Themen am Ende der Sekundarstufe I. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 13, 71-86.
- HOMMEL, M. (2012): Aufmerksamkeitsverhalten und Lernerfolg - eine Videostudie. Zugl.: Dresden, Techn. Univ., Diss., 2011. Europäische Hochschulschriften Reihe 11, Pädagogik 1023. Frankfurt a. M.
- HORZ, H. & I. ULRICH: Lernen mit Medien, 25–39.
- HÖTTECKE, D. (2008): Was ist Naturwissenschaft? Physikunterricht über die Natur der Naturwissenschaften. In: Naturwissenschaften im Unterricht – Physik 19, 4–11.
- HUGENER, I. & E. KLIEME (2006): Videoanalysen. Materialien zur Bildungsforschung 15. Frankfurt am Main.
- HUPFER, P.; KUTTLER, W.; CHMIELEWSKI, F.-M. & E. HEYER (2006): Witterung und Klima. Eine Einführung in die Meteorologie und Klimatologie. Stuttgart.
- HÜTHER, J. (HRSG.) (2010): Grundbegriffe Medienpädagogik. München.
- ISSING, L. J. & P. KLIMSA (HRSG.) (2009): Online-Lernen. Handbuch für Wissenschaft und Praxis. München.

- JEN, E.; MOON, S. & A. SAMARAPUNGAN (2015): Using Design-Based Research in Gifted Education. In: *Gifted Child Quarterly* 59, 190–200.
- KAPPAS, M. (2009): *Klimatologie. Klimaforschung im 21. Jahrhundert - Herausforderung für Natur- und Sozialwissenschaften*. Heidelberg.
- KAPPEN, L. (1983): Anpassungen von Pflanzen an kalte Extremstandorte. In: *Bericht der deutschen Botanischen Gesellschaft* 96, 87–101.
- KELLER, J. M. (1987): Development and use of the ARCS model of instructional design. In: *Journal of Instructional Development* 10, 2–10.
- KERRES, M. (2000): Information und Kommunikation bei mediengestütztem Lernen. Entwicklungslinien und Perspektiven mediendidaktischer Forschung. In: *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 3, 111–130.
- KERRES, M. (2018): *Mediendidaktik. Konzeption und Entwicklung digitaler Lernangebote*. Berlin.
- KILLERMANN, W.; HIERING, P. & B. STAROSTA (2013): *Biologieunterricht heute. Eine moderne Fachdidaktik*. Auer macht Schule. Donauwörth.
- KLAHR, D. (2000): *Exploring science. The cognition and development of discovery processes*. Cambridge, Mass.
- KLIEME, E. (2001): *TIMSS - Impulse für Schule und Unterricht. Forschungsbefunde, Reforminitiativen; Praxisberichte und Video-Dokumente*. BMBF publik. Bonn.
- KLIEME, E.; KNOLL, S. & G. SCHÜMER (1999): *Mathematikunterricht der Sekundarstufe I in Deutschland, Japan und den USA. Dokumentation zur TIMSS-Videostudie*. Berlin.
- KMK – SEKRETARIAT DER STÄNDIGEN KONFERENZ DER KULTUSMINISTER DER LÄNDER IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (2005): *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004*.
- KÖGEL, A., REGEL, M., GEHLHAAR, K.-H. & G. KLEPEL (2000): Biologieinteressen der Schüler. Erste Ergebnisse einer Interviewstudie. In: BAYRHUBER, H. (Hrsg.): *Lehren und Lernen im Biologieunterricht. Forschungen zur Fachdidaktik Bd. 1*. Innsbruck, Wien, München, 32–45.
- KOOLE, M. L. (2009): A Model for Framing Mobile Learning. In: ALLY, M. (Hrsg.): *Mobile Learning: Transforming the Delivery of Education and Training*. Edmonton, 25–46.
- KRANNICH, D. (2010): *Mobile System Design. Herausforderungen, Anforderungen und Lösungsansätze für Design, Implementierung und Usability-Testing Mobiler Systeme*. Zugl.: Bremen, Univ., Diss., 2010 u.d.T.: Krannich, Dennis: *Mobile Usability-Testing*. Norderstedt.
- KRATHWOHL, D. R.; BLOOM, B. S. & B. B. MASIA (1975): *Taxonomie von Lernzielen im affektiven Bereich*. Weinheim.
- KRAUTTER, Y. (2015): Fachtypische und überfachliche Medien im Geographieunterricht. In: REINFRIED, S. & HAUBRICH, H. (Hrsg.): *Geographie unterrichten lernen. Die Didaktik der Geographie. Mensch und Raum*. Berlin, 228–271.

- KREMER, B. P. & H. BANNWARTH (2012): Pflanzen in Aktion erleben. 100 Experimente und Beobachtungen zur Pflanzenphysiologie. Baltmannsweiler.
- KRUMMENACHER, J. & H. MÜLLER (2017): Aufmerksamkeit. In: MÜSSELER, J. & RIEGER, M. (Hrsg.): Allgemeine Psychologie. Berlin, Heidelberg, s.l., 103–151.
- KUCKARTZ, U. (2016): Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Grundlagentexte Methoden. Weinheim, Basel.
- KÜHN, J. & C. LAMPERT (2015): Mobile Internetnutzung von Kindern und Jugendlichen. Eine qualitative Studie zur Smartphone- und Tablet-Nutzung von Zwei- bis 14-Jährigen. Arbeitspapiere des Hans-Bredow-Instituts 35. Hamburg.
- KULTUSMINISTERKONFERENZ (2016): Strategie der Kultusministerkonferenz "Bildung in der digitalen Welt." Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 08.12.2016.
- KUMAR, B. A. & P. MOHITE (2018): Usability of mobile learning applications. A systematic literature review 5.
- KUTTLER, W. (2009): Klimatologie. Grundriss Allgemeine Geographie 3099. Paderborn.
- LABUDDE, P. (2004): Fächer übergreifender Unterricht in Naturwissenschaften. 'Bausteine' für die Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen. In: Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung 22, 54–68.
- LABUDDE, P. (2013): Fachdidaktik Naturwissenschaft. 1.- 9. Schuljahr. utb-studi-e-book 3248. Bern, Stuttgart.
- LANDTWING BLASER, M. (2014): Möglichkeiten und Grenzen der Handlungsorientierung in der Gestaltung außerschulischer Lernorte. In: BROVELLI, D. (Hrsg.): Ausserschulische Lernorte - Impulse aus der Praxis. Tagungsband zur 3. Tagung Ausserschulische Lernorte der PH Luzern vom 10. November 2012. Ausserschulische Lernorte - Beiträge zur Didaktik 3. Wien, Zürich u.a., 95–104.
- LANG, N. (2003): Lernen in der Informationsgesellschaft. Mediengestütztes Lernen im Zentrum einer neuen Lernkultur: E-Learning: die Revolution des Lernens gewinnbringend einsetzen. Stuttgart, 23–42.
- LANGER, I.; SCHULZ VON THUN, F. & R. TAUSCH (2011): Sich verständlich ausdrücken. München.
- LARCHER, W. (2001): Ökophysiologie der Pflanzen. Leben, Leistung und Streßbewältigung der Pflanzen in ihrer Umwelt. UTB für Wissenschaft 8074. Stuttgart.
- LAZONDER, A. W. & R. HARMSSEN (2016): Meta-Analysis of Inquiry-Based Learning. Effects of Guidance. In: Review of Educational Research 86, 681–718.
- LEAHY, W. & J. SWELLER (2011): Cognitive load theory, modality of presentation and the transient information effect. In: Applied cognitive psychology: ACP; the official journal of the Society for Applied Research in Memory and Cognition (SARMAC) 25, 943–952.

- LEAHY, W. & J. SWELLER (2016): Cognitive load theory and the effects of transient information on the modality effect. In: *Instructional science: an international journal of the learning sciences* 44, 107–123.
- LEFRANÇOIS, G. R. (2015): *Psychologie des Lernens*. Lehrbuch. Berlin, Heidelberg.
- LEHMANN-WERMSE, A. & U. KONRAD (2016): Design-Based Research als eine der Praxis verpflichtete, theoretisch fundierte Methode der Unterrichtsforschung und -entwicklung. Methodologische Grundlagen, dargestellt am Beispiel eines Forschungsprojektes im Bandklassen-Unterricht. In: KNIGGE, J. & NIESSEN, A. (Hrsg.): *Musikpädagogik und Erziehungswissenschaft. Music education and educational science. Musikpädagogische Forschung Band 37*. Münster, New York, 265–280.
- LENZ, T. (2008): Bildungsstandards, Bildungs-/Lehrpläne, Kompetenzen, Lernziele. Ein Wegweiser durch das Begriffsdickicht. In: *Geographie heute Sammelband Geographie unterrichten* 29, 12–17.
- LINSNER, M. & WALKOWIAK, A. SANDMANN, A. NEUHAUS, B. (2007): Prototypische Routinen von Lehrkräften im Umgang mit Schülerkonzepten im Biologieunterricht. In: BAYRHUBER, H. (Hrsg.): *Ausbildung und Professionalisierung von Lehrkräften. Abstracts; Internationalen Tagung der Fachgruppe Biologiedidaktik im VBIO - Verband Biologie, Biowissenschaften & Biomedizin, 16.09 bis 20.09.2007 in Essen. Kassel*, 135–138.
- LIPOWSKY, F.; RAKOCZY, K.; PAULI, C.; DROLLINGER-VETTER, B.; KLIEME, E. & K. REUSSER (2009): Quality of geometry instruction and its short-term impact on students' understanding of the Pythagorean Theorem. In: *Learning and Instruction* 19, 527–537.
- LÖWE, B. (1992): *Biologieunterricht und Schülerinteresse an Biologie*. Schriftenreihe der Pädagogischen Hochschule Heidelberg 9. Weinheim.
- M. S. MCGLONE AND C. J. WEBB (1981): Selective Forces Influencing the Evolution of Divericating Plants. In: *New Zealand Journal of Ecology*, 20–28.
- MACCALLUM, K. & D. PARSONS (2016): A Theoryology of Mobile Learning: Operationalizing Learning Theories with Mobile Activities. In: DYSON, W. N. & FERGUSON, J. (Hrsg.): *Mobile Learning Futures – Sustaining Quality Research and Practice in Mobile Learning. Proceedings of 15th World Conference on Mobile and Contextual Learning, mLearn October 24-26, 2016. Sydney*, 173–182.
- MAGER, R. F. (1961/65): *Lernziele im Unterricht*. Weinheim.
- MANDL, H.; GRUBER, H. & A. RENKL (1997): *Situiertes Lernen in multimedialen Lernumgebungen: Information und Lernen mit Multimedia*. Weinheim, 167–178.
- MANDL, H. & H. SPADA (1988): *Wissenspsychologie*. Muenchen.
- MANIAR, N.; BENNETT, E.; HAND, S. & G. ALLAN (2008): The Effect of Mobile Phone Screen Size on Video Based Learning. In: *Journal of Software* 3.
- MAYER, R. E. (2001): *Multimedia learning*. Cambridge.

- MAYER, R. E. (2012): Cognitive Theory of Multimedia Learning. In: MAYER, R. E. (Hrsg.): The Cambridge handbook of multimedia learning. Cambridge handbooks in psychology. Cambridge, 31–48.
- MAYRBERGER, K. (2018): Rahmenbedingungen für die Gestaltung von Lernumgebungen mit mobilen Endgeräten. In: WITT, C. de & GLOERFELD, C. (Hrsg.): Handbuch Mobile Learning. Wiesbaden, 63–82.
- MAYRBERGER, K. & S. KUMAR (2014): Mediendidaktik und Educational Technology. Zwei Perspektiven auf die Gestaltung von Lernumgebungen mit digitalen Medien. In: RUMMLER, K. (Hrsg.): Lernräume gestalten - Bildungskontexte vielfältig denken. [22. Jahrestagung der Gesellschaft für Medien in der Wissenschaft, GMW 2014]. Medien in der Wissenschaft 67. Münster, 44–55.
- MAYRING, P. (2001): Kombination und Integration qualitativer und quantitativer Analyse. In: Forum: Qualitative Sozialforschung 2.
- MCAULEY, E.; DUNCAN, T. & V. V. TAMMEN (1989): Psychometric Properties of the Intrinsic Motivation Inventory in a Competitive Sport Setting. A Confirmatory Factor Analysis. In: Research Quarterly for Exercise and Sport 60.
- MCKENNEY, S. E. & T. C. REEVES (2012): Conducting educational design research.
- MEDIENPÄDAGOGISCHER FORSCHUNGSVERBUND SÜDWEST (2016): JIM-Studie 2016. Jugend, Information, (Multi-)Media. Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger. <http://www.mpfs.de> (Zugriff: 29.12.2016).
- MEDIENPÄDAGOGISCHER FORSCHUNGSVERBUND SÜDWEST (mpfs) (2017): JIM 2017. Jugend, Information, (Multi-) Media. Basisstudie zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland.
- MELZHEIMER, V. (1997): Die Aufgaben eines Botanischen Gartens im Wandel der Zeiten. In: Der Tropenlandwirt. Beiträge zur tropischen Landwirtschaft und Veterinärmedizin. 97, 113–125.
- MEYER, C. (2015): Außerschulische Lernorte. In: REINFRIED, S. & HAUBRICH, H. (Hrsg.): Geographie unterrichten lernen. Die Didaktik der Geographie. Mensch und Raum. Berlin, 148–149.
- MINISTERIUM FÜR BILDUNG, WISSENSCHAFT UND WEITERBILDUNG RHEINLAND-PFALZ: Lehrplan Biologie Grund- und Leistungsfach Jahrgangsstufen 11 bis 13 der gymnasialen Oberstufe (Mainzer Studienstufe).
- MINISTERIUM FÜR BILDUNG, WISSENSCHAFT UND WEITERBILDUNG RHEINLAND-PFALZ (1998a): Lehrplan Biologie. Grund- und Leistungsfach Jahrgangsstufen 11 bis 13 der gymnasialen Oberstufe (Mainzer Studienstufe).
- MINISTERIUM FÜR BILDUNG, WISSENSCHAFT UND WEITERBILDUNG RHEINLAND-PFALZ (1998b): Lehrplan Gemeinschaftskunde. Grundfach und Leistungsfach mit dem Schwerpunkt Geschichte, mit dem Schwerpunkt Sozialkunde, mit dem Schwerpunkt Erdkunde in den Jahrgangsstufen 11 bis 13 der gymnasialen Oberstufe (Mainzer Studienstufe) (Zugriff: 23.03.2017).

- MINISTERIUM FÜR BILDUNG, WISSENSCHAFT, JUGEND UND KULTUR RHEINLAND-PFALZ (Hrsg.) (2010): Rahmenlehrplan Naturwissenschaften für die weiterführenden Schulen in Rheinland-Pfalz. Klassenstufen 5 und 6.
- MINISTERIUMS FÜR BILDUNG, WISSENSCHAFT, WEITERBILDUNG UND KULTUR: Lehrplananpassung. Gesellschaftswissenschaftliches Aufgabenfeld. Grundfach Geschichte, Grundfach Erdkunde/Sozialkunde, Leistungsfach Geschichte, Leistungsfach Sozialkunde, Leistungsfach Erdkunde in den Jahrgangsstufen 11 bis 13 der gymnasialen Oberstufe (Mainzer Studienstufe).
- MURPHY, P.K., WILKINSON, I.A.G., SOTER (2011): Instruction based on discussion. In: ALEXANDER, P. A. & MAYER, R. E. (Hrsg.): Handbook of research on learning and instruction. Educational psychology handbook series. New York, 382–407.
- NEHRING, A.; STILLER, J.; NOWAK, K. H.; UPMEIER ZU BELZEN, A. & R. TIEMANN (2016): Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Chemieunterricht – eine modellbasierte Videostudie zu Lerngelegenheiten für den Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 22, 77–96.
- NIEDERHÄUSERN, R. v.; MESSMER, K.; REMPFLER, A. & M. WILHELM (2011): Definition Ausserschulische Lernorte. In: MESSMER, K.; NIEDERHÄUSERN, R. v.; REMPFLER, A. & WILHELM, M. (Hrsg.): Ausserschulische Lernorte - Positionen aus Geographie, Geschichte und Naturwissenschaften. Ausserschulische Lernorte - Beiträge zur Didaktik 1. Wien, Berlin, 7.
- NIEDING, G.; OHLER, P. & G. D. REY (2015): Lernen mit Medien. StandardWissen Lehramt 4001. Paderborn.
- NIEGEMANN, H. M. (2008): Kompendium multimediales Lernen. X.media.press. Berlin, Heidelberg.
- NIELSEN, T. H.; DEITING, U. & M. STITT (1997): A beta-amylase in potato tubers is induced by storage at low temperature. In: Plant Physiology 113, 503–510.
- NULTSCH, W. & U. RÜFFER (1993): Mikroskopisch-botanisches Praktikum für Anfänger. Thieme Wissenschaft. Stuttgart.
- OCKLITZ, A. (2014): Zoo...logisch. Tiere aus unterschiedlichen Klimazonen der Erde im Zoogehege beobachten. In: Biologie im naturwissenschaftlichen Unterricht 5-10, 32–34.
- OHL, U. & K. NEEB (2012): Exkursionsdidaktik. Methodenvielfalt im Spektrum von Kognitivismus und Konstruktivismus. In: HAVERSATH, J.-B. (Hrsg.): Geographiedidaktik. Theorie Themen Forschung. Das geographische Seminar. Braunschweig, 259–288.
- OKE, T. R. (2009): Boundary layer climates. London.
- O'LEARY, D. E. (2008): Gartner's hype cycle and information system research issues. In: International Journal of Accounting Information Systems 9, 240–252.

- OSCHMANN, W. (2016): Evolution der Erde. Geschichte des Lebens und der Erde. utb-studi-e-book 4401. Stuttgart, Bern.
- OTTO, K.-H. (HRSG.) (2016a): Geographie und naturwissenschaftliche Bildung – Der Beitrag des Faches für Schule, Lernlabor und Hochschule. Dokumentation des 21. HGD-Symposiums im März 2015 in Bochum. Münster.
- OTTO, K.-H. (2016b): Geographie und Scientific Literacy – Der Beitrag der Geographie zur naturwissenschaftlichen (Grund-)Bildung. In: OTTO, K.-H. (Hrsg.): Geographie und naturwissenschaftliche Bildung – Der Beitrag des Faches für Schule, Lernlabor und Hochschule. Dokumentation des 21. HGD-Symposiums im März 2015 in Bochum. Geographiedidaktische Forschungen 63. Münster, 1–22.
- OTTO, K.-H. & S. SCHULER (2012): Pädagogisch-psychologische Ansätze. In: HAVERSATH, J.-B. (Hrsg.): Geographiedidaktik. Theorie Themen Forschung. Das geographische Seminar. Braunschweig, 133–164.
- OVERWIEN, B. (2010): Zur Bedeutung informellen Lernens. In: NEUBER, N. (Hrsg.): Informelles Lernen im Sport. Beiträge zur allgemeinen Bildungsdebatte. Wiesbaden, 35–51.
- PAULI, C.; DROLLINGER-VETTER, B.; HUGENER, I. & F. LIPOWSKY (2008): Kognitive Aktivierung im Mathematikunterricht. In: Zeitschrift für Pädagogische Psychologie 22, 127–133.
- PAULI, C. & K. REUSSER (2006): Von international vergleichenden Video Surveys zur videobasierten Unterrichtsforschung und -entwicklung. In: Zeitschrift für Pädagogik 52, 774–798.
- PAYETTE, S. (1992): Fire as a controlling process in the North American boreal forest. In: BONAN, G. B.; SHUGART, H. H. & LEEMANS, R. (Hrsg.): A Systems analysis of the global boreal forest. Cambridge, 144–169.
- PETERSEN, W. H. (1999): Kleines Methoden-Lexikon. München.
- PETKO, D. (2014): Einführung in die Mediendidaktik. Lehren und Lernen mit digitalen Medien. Pädagogik 25. Weinheim.
- PFADENHAUER, J. S. & F. A. KLÖTZLI (2014): Vegetation der Erde. Grundlagen, Ökologie, Verbreitung. Berlin.
- PIETRAß, M. (2010): Medienbildung. In: TIPPELT, R. (Hrsg.): Handbuch Bildungsforschung. Wiesbaden, 499–512.
- POSER, G. (1995): Überlebensstrategie. In: KUTTLER, W. (Hrsg.): Handbuch zur Ökologie. Mit Beiträgen zahlreicher Fachautoren. Handbücher zur angewandten Umweltforschung 1. Berlin, 458–461.
- POXLEITNER, E. (2018): Einsatz von Videos für mobiles Lernen. In: WITT, C. de & GLOERFELD, C. (Hrsg.): Handbuch Mobile Learning. Wiesbaden, 433–454.
- PRAETORIUS, A.-K.; MCINTYRE, N. A. & R. M. KLASSEN (2017): Reactivity effects in video-based classroom research. An investigation using teacher and student questionnaires as well as eye-tracking. In: SEIDEL, T. & THIEL, F. (Hrsg.): Videobasierte Unterrichts-

- forschung. Analysen von Unterrichtsqualität, Gestaltung von Lerngelegenheiten und Messung professionellen Wissens. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft Sonderheft 32. Wiesbaden, 49–74.
- PRAETORIUS, A.-K.; PAULI, C.; REUSSER, K.; RAKOCZY, K. & E. KLIEME (2014): One lesson is all you need? Stability of instructional quality across lessons. In: Learning and Instruction 31, 2–12.
- PREDIGER, S.; LINK, M.; HINZ, R.; HUSSMANN, S.; RALLE, B. & J. THIELE (2012): Aus Bildung und Wissenschaft. Lehr-Lernprozesse initiieren und erforschen. In: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht: MNU: Organ des Deutschen Vereins zur Förderung des Mathematischen und Naturwissenschaftlichen Unterrichts e.V. 65, 452–457.
- RAUNKJÆR, C. (1934): The life forms of plants and statistical plant geography. Oxford.
- REH, S.; BERDELMANN, K. & J. DINKELAKER (HRSG.) (2015): Aufmerksamkeit. Geschichte-Theorie-Empirie. Wiesbaden.
- REINFRIED, S. (2007): Alltagsvorstellungen und Lernen im Fach Geographie. In: Geographie und Schule 29, 19–28.
- REINFRIED, S. (2010): Alltagsvorstellungen über den Treibhauseffekt und die globale Erwärmung verändern - eine Voraussetzung für Bildung für nachhaltige Entwicklung. In: Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaften 32, 251–273.
- REINFRIED, S. (2015): Lernen und Wissenserwerb. In: REINFRIED, S. & HAUBRICH, H. (Hrsg.): Geographie unterrichten lernen. Die Didaktik der Geographie. Mensch und Raum. Berlin, 56–69.
- REINFRIED, S. (2016): Warum subjektive Erklärungen von geographischen Phänomenen Sinn machen – Ein Blick in die Denkprozesse eines Schülers. In: OTTO, K.-H. (Hrsg.): Geographie und naturwissenschaftliche Bildung – Der Beitrag des Faches für Schule, Lernlabor und Hochschule. Dokumentation des 21. HGD-Symposiums im März 2015 in Bochum. Geographiedidaktische Forschungen 63. Münster, 124-138.
- REINFRIED, S.; AESCHBACHER, U.; KIENZLER, PETER M. & S. TEMPELMANN (2013): Mit einer didaktisch rekonstruierten Lernumgebung Lernerfolge erzielen – das Beispiel Wasserquellen und Gebirgshydrologie. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 19, 259–286.
- REINMANN, G. & H. MANDL (2006): Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In: KRAPP, A. & WEIDENMANN, B. (Hrsg.): Pädagogische Psychologie. Ein Lehrbuch. Weinheim, 613–658.
- REINMANN, G.; MANDL, H.; PRENZEL, M. & H. ARZBERGER (HRSG.) (1994): Computerunterstützte Lernumgebungen. Planung, Gestaltung und Bewertung. Erlangen.
- REINMANN, G. & F. VOHLE (2012): Entwicklungsorientierte Bildungsforschung. Diskussion wissenschaftlicher Standards anhand eines mediendidaktischen Beispiels. In: Zeitschrift für E-learning 7, 21–34.

- RENKL, A. (2010): Lehren und Lernen. In: TIPPELT, R. (Hrsg.): Handbuch Bildungsforschung. Wiesbaden, 737–751.
- RICKER, K.-M. (2014): Ab in die Botanik! Exkursion in den Botanischen Garten im Rahmen eines Ökologie-Projekts. In: Biologie im naturwissenschaftlichen Unterricht 5-10, 34–35.
- RINSCHEDI, G. (1999): Anschauung. In: BÖHN, D. (Hrsg.): Didaktik der Geographie - Begriffe [A - Z]. Didaktik der Geographie. München, 10.
- RINSCHEDI, G. (2009): Geographiedidaktik. Grundriss Allgemeine Geographie 2324. Paderborn.
- SAUERBORN, P. & T. BRÜHNE (2014): Didaktik des außerschulischen Lernens. Baltmannsweiler.
- SCHAAL, S. (2013): Biodiversität to go. Lebensräume mit GPS-Gerät, Handy & Co. erkunden. In: Unterricht Biologie, 32–37.
- SCHAUMBURG, H. & D. PRASSE (2019): Medien und Schule. Theorie - Forschung - Praxis. utb Schulpädagogik 4447. Bad Heilbrunn.
- SCHEERSOI, A. (2013): Biologielernen außerhalb der Schule. In: Biologie in unserer Zeit 43, 15–16.
- SCHNEIDER, K.; SCHÜLER, A.; GERJETS, P.; STALBOVS, K.; SCHUBERT, C.; HUK, T. & F. W. HESSE (2014): Welche Rolle spielen neben Merkmalen des Instruktionsdesigns die fachspezifische und aufgabenspezifische Motivation beim Lernen mit Multimedia im naturwissenschaftlichen Unterricht? In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft 17, 279–296.
- SHELLMANN, B.; BAUMANN, A.; GLÄSER, M. & T. KEGEL (2017): Handbuch Medien. Medien verstehen - gestalten - produzieren. Europa Lehrmittel. Haan-Gruiten.
- SCHNEIDER, A. (2013): Problemorientierung und Reflexivität im Geographieunterricht. In: KANWISCHER, D. (Hrsg.): Geographiedidaktik. Ein Arbeitsbuch zur Gestaltung des Geographieunterrichts. Studienbücher der Geographie. Stuttgart, 34–46.
- SCHOCKEMÖHLE, J. (2009): Außerschulisches regionales Lernen als Bildungsstrategie für eine nachhaltige Entwicklung. Entwicklung und Evaluierung des Konzeptes "Regionales Lernen 21+". Zugl.: Vechta, Hochsch., Diss., 2009. Geographiedidaktische Forschungen 44. Weingarten.
- SCHRÖDER, K.; MALLON, C.; LORENZEN, S.; WILDE & MATTHIAS (2003): Videoanalyse zum Einfluss lebender Tiere auf das Schülerverhalten, Lernzuwachs und Motivation im Biologieunterricht. In: Erkenntnisweg Biologiedidaktik 8, 55–68.
- SCHULTZ, J. (2000): Handbuch der Ökozonen. UTB für Wissenschaft Geographie, Ökologie, Agrar- und Forstwissenschaften 8200. Stuttgart.
- SCHULTZ, J. (2001a): Ökozonen der Erde. 1. Polare Zone. In: Petermanns Geographische Mitteilungen, 145, 86–87.

- SCHULTZ, J. (2001b): Ökozonen der Erde. 2. Boreale Zone. In: Petermanns Geographische Mitteilungen, 145, 78-79.
- SCHULTZ, J. (2001c): Ökozonen der Erde. 3. Feuchte Mittelbreiten. In: Petermanns Geographische Mitteilungen, 145, 78-79.
- SCHULTZ, J. (2001d): Ökozonen der Erde. 4. Trockene Mittelbreiten. In: Petermanns Geographische Mitteilungen, 145, 94-95.
- SCHULTZ, J. (2001e): Ökozonen der Erde. 5. Winterfeuchte Subtropen. In: Petermanns Geographische Mitteilungen, 145, 86-87.
- SCHULTZ, J. (2001f): Ökozonen der Erde. 6. Immerfeuchte Subtropen. In: Petermanns Geographische Mitteilungen, 145, 86-87.
- SCHULTZ, J. (2002a): Ökozonen der Erde. 7. Tropisch/Subtropische Trockengebiete. In: Petermanns Geographische Mitteilungen, 146, 86-87.
- SCHULTZ, J. (2002b): Ökozonen der Erde. 8. Sommerfeuchte Tropen. In: Petermanns Geographische Mitteilungen, 146, 86-87.
- SCHULTZ, J. (2002c): Ökozonen der Erde. 9. Immerfeuchte Tropen. In: Petermanns Geographische Mitteilungen, 146, 86-87.
- SCHULZ-ZANDER, R. (2005): Veränderung der Lernkultur mit digitalen Medien im Unterricht. In: KLEBER, H. (Hrsg.): Perspektiven der Medienpädagogik in Wissenschaft und Bildungspraxis. München, 125-140.
- SEEL, M. (1998): Medien der Realität und Realität der Medien. In: KRÄMER, S. (Hrsg.): Medien, Computer, Realität. Wirklichkeitsvorstellungen und Neue Medien. Suhrkamp-Taschenbuch Wissenschaft 1379. Frankfurt am Main, 244-268.
- SEIDEL, T. & M. PRENZEL (2006): Stability of teaching patterns in physics instruction. Findings from a video study. In: Learning and Instruction 16, 228-240.
- SEIDEL, T.; PRENZEL, M. & R. RIMMELE (2007): Science teaching and learning in German physics classrooms. Findings from the IPN Video Study: Studies on the educational quality of schools. The final report on the DFG Priority Programme. Münster u.a., 79-99.
- SEIDEL, T.; PRENZEL, M.; SCHWINDT, K.; RIMMELE, R.; KOBARG, M. & I. M. & DALEHEFTE (2009): The link between teaching and learning e investigating effects of physics teaching on student learning in the context of the IPN video study. In: JANÍK, T.; SEIDEL, T. & NAJVAR, P. (Hrsg.): The power of video studies in investigating teaching and learning in the classroom. Münster.
- SEIDEL, T. & F. THIEL (2017): Standards und Trends der videobasierten Lehr-Lernforschung. In: SEIDEL, T. & THIEL, F. (Hrsg.): Videobasierte Unterrichtsforschung. Analysen von Unterrichtsqualität, Gestaltung von Lerngelegenheiten und Messung professionellen Wissens. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft Sonderheft 32. Wiesbaden.

- SEIPOLD, J. (2018): Aus der Geschichte des mobilen Lernens. Strömungen, Trends und White Spaces. In: WITT, C. de & GLOERFELD, C. (Hrsg.): Handbuch Mobile Learning. Wiesbaden, 13–40.
- SHAVELSON, R. J.; PHILLIPS, D. C.; TOWNE, L. & M. J. FEUER (2003): On the Science of Education Design Studies. In: Educational Researcher 32.
- SIEGMUND, A. (2006): Angewandte Klimageographie. Klimatabellen und ihre Auswertung. Diercke - Spezial. Braunschweig.
- SIVEK, D. J. (2002): Environmental sensitivity among Wisconsin high school students. In: Environmental Education Research, 155–170.
- SKOLMEN, R. G. & F. T. LEDIG (1990): Eucalyptus globulus Labill. bluegum eucalyptus. In: BURNS, R. M. & HONKALA, B. H. (Hrsg.): Silvics of North America: Vol. 2, Hardwoods. Agriculture Handbook 654. Washington, DC, 299–304.
- SLAVIN, R. E. (1996): Research on Cooperative Learning and Achievement. What We Know, What We Need to Know. In: Contemporary Educational Psychology 21, 43–69.
- STEIN, C. (1986): Originale Gegenstände. In: BRUCKER, A. (Hrsg.): Handbuch Medien im Geographie-Unterricht. Schwann-Handbuch. Düsseldorf, 432–439.
- STIGLER, J. W.; GONZALES, P.; KAWANKA, T.; KNOLL, S. & A. SERRANO (1999): The TIMSS Videotape Classroom Study. Research and Development Report Methods and Findings from an Exploratory Research Project on Eighth-Grade Mathematics Instruction in Germany, Japan, and the United States. Washington, D.C.
- STORKSDIECK, M. (2011): Field Trips in Environmental Education. Schriftenreihe Umweltkommunikation - Band 3. Bremen.
- STRANK, K.-S. (1989): Aufgaben eines Botanischen Gartens. In: Garten und Landschaft, 31–35.
- STRASBURGER, E.; NOLL, F.; SCHIMPER, A. F. W.; KADEREIT, J. W.; KÖRNER, C.; KOST, B. & U. SONNEWALD (2014): Lehrbuch der Pflanzenwissenschaften. Berlin.
- STRASBURGER, E. & P. SITTE (1998): Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. Stuttgart.
- STRITTMATTER, P. & H. M. NIEGEMANN (2000): Lehren und Lernen mit Medien. Eine Einführung. Die Erziehungswissenschaft. Darmstadt.
- SUNG, Y.-T.; CHANG, K.-E. & T.-C. LIU (2016): The effects of integrating mobile devices with teaching and learning on students' learning performance. A meta-analysis and research synthesis. In: Computers & Education 94, 252–275.
- SWELLER, J.; MERRIENBOER, J. J.G.V. & F. G.W.C. PAAS (1998): Cognitive Architecture and Instructional Design. In: Educational Psychology Review 10, 251–296.
- TROLL, C. & K. H. PAFFEN: Karte der Jahreszeiten-Klimate der Erde. Beilage zu Erdkunde, Band 18, Heft 1, 1964.
- TULODZIECKI, G.; HERZIG, B. & H. DICHANZ (2010): Mediendidaktik. Medien in Lehr- und Lernprozessen verwenden. Handbuch Medienpädagogik 2. München.

- VAN DEN AKKER, J. J. H.; GRAVEMEIJER, K.; MCKENNY, S. & N. NIEVEN (HRSG.) (2011): Educational design research. London.
- VILLARREAL, S.; HOLLISTER, R. D.; JOHNSON, D. R.; LARA, M. J.; WEBBER, P. J. & C. E. TWEEDIE (2012): Tundra vegetation change near Barrow, Alaska (1972–2010). In: Environmental Research Letters 7, 15508.
- VOGT, H. (2007): Theorie des Interesses und Nicht-Interesses. In: KRÜGER, D. & VOGT, H. (Hrsg.): Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden. Springer-Lehrbuch. Berlin, Heidelberg, 9–20.
- WALTER, H. & S.-W. BRECKLE (1999): Vegetation und Klimazonen. Grundriss der globalen Ökologie. UTB für Wissenschaft Uni-Taschenbücher 14. Stuttgart.
- WEGNER, C.; DÜCK, A. & N. GROTHJOHANN (2013): Emotion und Interesse als Grundlage für nachhaltiges Lernen begabter Schüler? Eine empirische Studie in der sechsten Jahrgangsstufe von Gymnasien. In: Journal für Didaktik der Biowissenschaften 4, 44–59.
- WEIDENMANN, B. (2009): Multimedia, Multicondierung und Multimodalität beim Online-Lernen. In: ISSING, L. J. & KLIMSA, P. (Hrsg.): Online-Lernen. Handbuch für Wissenschaft und Praxis. München, 73–86.
- WEINERT, F. E. (HRSG.) (2001): Leistungsmessungen in Schulen. Weinheim.
- WELLNITZ, N. & J. MAYER (2012): Beobachten, Vergleichen und Experimentieren. Wege der Erkenntnisgewinnung. In: HARMS, U. & BOGNER, F. X. (Hrsg.): "Didaktik der Biologie - Standortbestimmung und Perspektiven". Internationale Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie im VBIO, Bayreuth 2011. Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik 5. Innsbruck, Wien, Bozen, 63–79.
- WENGER, E. (1998): Communities of practice.
- WIECZOREK, U. (1995): Didaktische Probleme bei der Gestaltung von Schülerexkursionen. In: BIRKENHAUER, J. (Hrsg.): Ausserschulische Lernorte. HGD-Symposium Benediktbeuern 1993. Geographiedidaktische Forschungen Bd. 26. Nürnberg, 111–122.
- WINKEL, G. (1990): Botanischer Garten. In: Unterricht Biologie, 4–45.
- WITT, C. de & T. CZERWIONKA (2013): Mediendidaktik. Studentexte für Erwachsenenbildung. Bielefeld.
- WITT, C. de & C. GLOERFELD (2018a): Einleitung. In: WITT, C. de & GLOERFELD, C. (Hrsg.): Handbuch Mobile Learning. Wiesbaden, 1–12.
- WITT, C. de & C. GLOERFELD (HRSG.) (2018b): Handbuch Mobile Learning. Wiesbaden.
- WITTIG, R. (2012): Geobotanik. utb-studi-e-book 3753. Stuttgart, Bern u.a.
- WOHNSLAND, K. (2015): In 80 Minuten um die Welt- Ausarbeitung und Erprobung eines Lehrkonzeptes zu Anpassung von Pflanzen an goklimatische Faktoren am außerschulischen Lernort unter Einsatz von Schülerübungen und modernen Medien. unveröffentlichte Masterarbeit 2015. Kaiserslautern.

- WOLF, M.; SIEGMUND, A. & P. FRANKENBERG (HRSG.) (2013): Klimakunde. Wetter, Klima und Atmosphäre. Braunschweig.
- WONG, L.-H. & C.-K. LOOI (2011): What seems do we remove in mobile-assisted seamless learning? A critical review of the literature. In: Computers & Education 57, 2364–2381.
- WONG, L.-H.; MILRAD, M. & M. SPECHT (HRSG.) (2015): Seamless Learning in the Age of Mobile Connectivity. Singapore, s.l.
- WÜTHRICH, C. (2013): Methodik des Geographieunterrichts. Das geographische Seminar. Braunschweig.
- ZIMBARDO, P. G. & R. J. GERRIG (1999): Psychologie. Mit 70 Tabellen. Berlin [u.a.].
- ZUMBACH, J. (2010): Lernen mit neuen Medien. Instruktionspsychologische Grundlagen. Pädagogische Psychologie. Stuttgart.

Internetquellen

- ABTEILUNG PFLANZENÖKOLOGIE UND SYSTEMATIK, FACHBEREICH BIOLOGIE: Fachbereichsgarten. <https://www.uni-kl.de/FB-Biologie/Botanik/fachbereichsgarten/> (Zugriff: 27.08.2018).
- ARNOLD, P. (2005): Einsatz digitaler Medien in der Hochschullehre aus lerntheoretischer Sicht. <https://www.e-teaching.org/didaktik/theorie/lerntheorie/arnold.pdf> (Zugriff: 22.04.2018).
- BOTANISCHER GARTEN DER UNIVERSITÄT INNSBRUCK: Epiphyten - Rundgang in den Glashäusern des Botanischen Gartens der Universität Innsbruck - YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=x8GpUIUfD8o> (Zugriff: 08.11.2018).
- CLIMATE-DATA.ORG: Klima Alexandria: Wetter, Klimatabelle & Klimadiagramm für Alexandria. <https://de.climate-data.org/afrika/aegypten/alexandria/alexandria-515/#climate-graph> (Zugriff: 08.11.2018).
- DEPARTMENT OF WILDLIFE MANAGEMENT NORTH SLOPE BOROUGH (o.A.): Common Plants of the North Slope. <http://www.north-slope.org/departments/wildlife-management/other-topics/common-plants-north-slope/list-of-plants-north-slope/plant-list-t-z> (Zugriff: 29.12.2017).
- DEUTSCHER WETTERDIENST (DWD): Klimatafel von Recife-Curado, Pernambuco / Brasilien. https://www.dwd.de/DWD/klima/beratung/ak/ak_829000_kt.pdf (Zugriff: 14.11.2018).
- DEUTSCHER WETTERDIENST (DWD): Wetter und Klima - Deutscher Wetterdienst - Deutscher Klimaatlas. https://dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas_node.html (Zugriff: 13.11.2018).
- FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION (FAO): Erntemenge der führenden Anbauländer von Zuckerrohr weltweit im Jahr 2014 (in Tonnen).

- <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/454425/umfrage/erntemenge-der-fuehrenden-anbaultaender-von-zuckerrohr-weltweit/> (Zugriff: 23.03.2016).
- FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION (FAO): Erntemenge der führenden Anbauländer von Zuckerrüben weltweit im Jahr 2014 (in Tonnen). <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/37126/umfrage/die-20-groessten-produzenten-von-zuckerrueben-weltweit/> (Zugriff: 23.03.2016).
- GAFFAL, H.; HOFFMANN, T.; KÜBLER, G.; KRAPP, PETER; MATTES, R.; MÜLLER, E.; ROTHENBERGER, G.; RÖSNER, J.; SCHOLLIERS, M.; SCHWENK, S. a. WALLY, S.: 6 Schritte zum kompetenzorientierten Unterricht. https://lehrerfortbildung-bw.de/u_gewi/gwg/gym/bp2004/fb1/modul1/geo/schritte/pix/6_schritte_allgemein.pdf (Zugriff: 07.07.2018).
- HUBER, K. (2018): Einbindung der Lernsequenz in die Unterrichtsreihe. E-Mail-Kommunikation.
- IKL-GEMEINNÜTZIGE INTEGRATIONSGESELLSCHAFT KAISERSLAUTERN MBH (2018): Grünes Klassenzimmer 2018. https://www.gartenschau-kl.de/wp-content/uploads/Gruenes_Klassenzimmer_2018.pdf (Zugriff: 16.07.2018).
- KROHN, W.: Leben auf dem Trockenen. <https://www.biologie.uni-hamburg.de/loki-schmidt-garten/03gruene-schule/arbeitshilfen/pdfs/leben-auf-dem-trockenen.pdf> (Zugriff: 13.07.2018).
- LOWENDAHL, J.-M. (2016): Hype Cycle for Education, 2016. <https://www.gartner.com/doc/3364119/hype-cycle-education-> (Zugriff: 07.09.2018).
- LUDING, H.: Klimawandel und die Auswirkungen auf die Natur. https://www.lfu.bayern.de/natur/klimawandel/doc/klimawandel_artikel.pdf.
- MAZUR, E. (2008): From Questions to Concepts: Interactive Teaching in Physics. https://www.youtube.com/watch?v=wont2v_LZ1E (Zugriff: 20.04.2018).
- NAUMENKO, A. (2014): OGTRK „Yamal Region“. https://www.youtube.com/watch?time_continue=18&v=NMISJIWcJ7k (Zugriff: 12.11.2018).
- PETRUZZELLO, M. (2018): Playing with Wildfire: 5 Amazing Adaptations of Pyrophytic Plants. <https://www.britannica.com/list/5-amazing-adaptations-of-pyrophytic-plants> (Zugriff: 23.11.2018).
- POTSDAM-INSTITUT FÜR KLIMAFOLGENFORSCHUNG (PIK) E. V. a. WETTERONLINE METEOROLOGISCHE DIENSTLEISTUNGEN GMBH. <http://www.klimafolgenonline.com> (Zugriff: 06.12.2018).
- PUNTEDURA, R. R. (2013): SAMR: Moving from Enhancement to Transformation. <http://www.hippasus.com/rrpweblog/archives/2013/05/29/SAMREnhancementToTransformation.pdf>.
- ROCKY MOUNTAIN NATIONAL PARK: Fire ecology. Teacher Guide. <https://www.nps.gov/romo/learn/education/upload/Fire-Ecology-Teacher-Guide-for-web.pdf> (Zugriff: 21.11.2018).

- ROMRELL, D.; KIDDER, L. C.; WOOD, E. & ONLINE LEARNING CONSORTIUM (2014): The SAMR Model as a Framework for Evaluating mLearning. In: 18. https://www.learntechlib.org/p/183753/article_183753.pdf.
- SCHEEFER, G. (2009): Zwölf Elemente des kompetenzorientierten Unterrichts. https://lehrerfortbildung-bw.de/u_gewi/gwg/gym/bp2004/fb1/modul1/geo/elemente/ (Zugriff: 06.12.2018).
- SELFDETERMINATIONTHEORY.ORG (2018): Intrinsic Motivation Inventory (IMI). <http://selfdeterminationtheory.org/intrinsic-motivation-inventory/> (Zugriff: 05.09.2017).
- UMWELTHELDEN E.V. (2014): Würgefeigen – Pflanzen im Regenwald - Abenteuer Regenwald. <https://www.abenteuer-regenwald.de/wissen/pflanzen/wuergefeigen> (Zugriff: 19.11.2018).
- WÖHRMANN, F. (2018): Botanische Gärten Deutschland. E-Mail-Kommunikation.
- ZIEGLER, M. (2013): Anbauggebiete und Infos zu den weltweiten Olivenhainen. <http://www.oliven.de/anbauggebiete.html> (Zugriff: 08.11.2018).
- ZÜNDEL, W. (2012): Erstaunliches aus der Welt der Pflanzen. Grüne Fleischfresser. In: <https://www.daserste.de/information/wissen-kultur/w-wie-wissen/videos/gruene-fleischfresser-100.html> (Zugriff: 02.10.2015).

Lebenslauf

Aktuelle Tätigkeit

seit 2014 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl Physische Geographie und Fachdidaktik, FB Raum- und Umweltplanung, TU Kaiserslautern; Prof. Dr. rer. nat. Sascha Henninger

Berufspraxis

2010 - 2013 wissenschaftliche Mitarbeiterin an der TU Kaiserslautern, International School for Graduate Studies (ISGS): Internationales Hochschulmarketing und Öffentlichkeitsarbeit

2002 - 2010 Wiss. Mitarbeiterin am Institut für Landeskunde im Saarland

Bildungsweg

1993 - 2001 Studium: Geographie, Universität des Saarlandes; Abschluss: Diplom

1996 Auslandssemester University of Wollongong, Australien: Studium der Biogeographie und Umwelttechnik

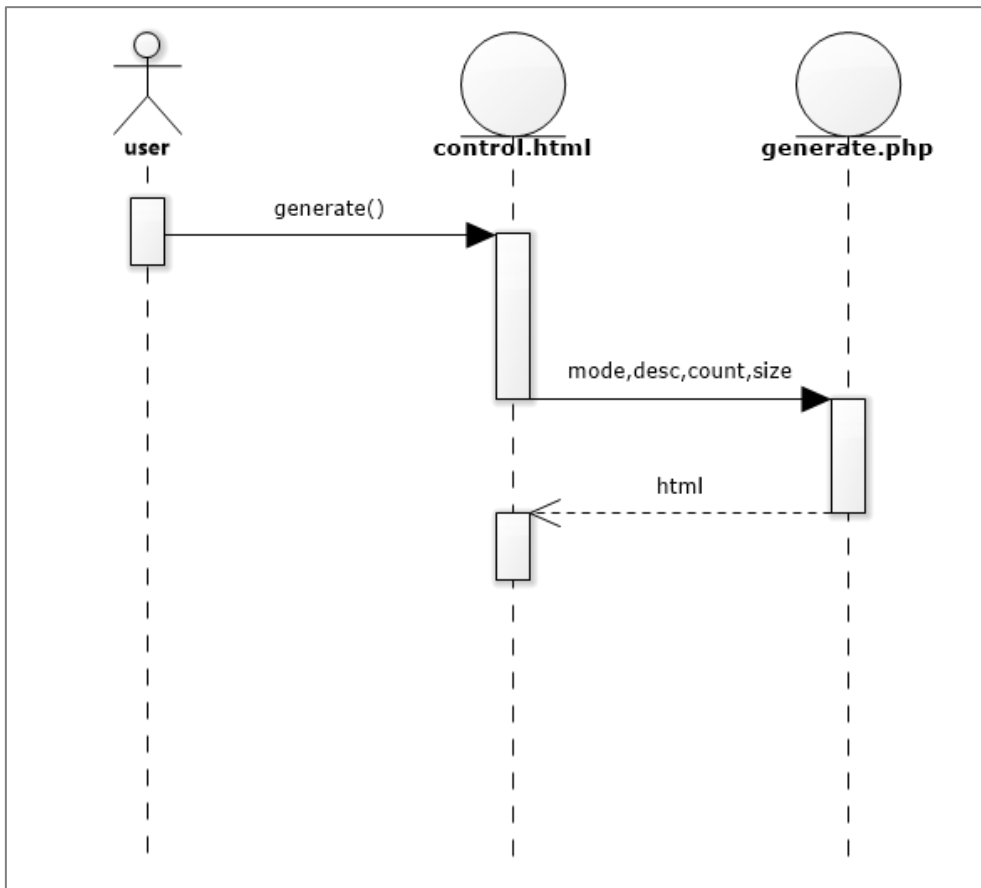
1993 Allgemeine Hochschulreife, staatl. Warndtgymnasium Geislautern

Anhang

Anhang I: Dokumentation zur Web-Applikation „In 80 Minuten um die Welt“: Sequenzdiagramme und Aufbau der phpmyadmin-Tabellen der Datenbank

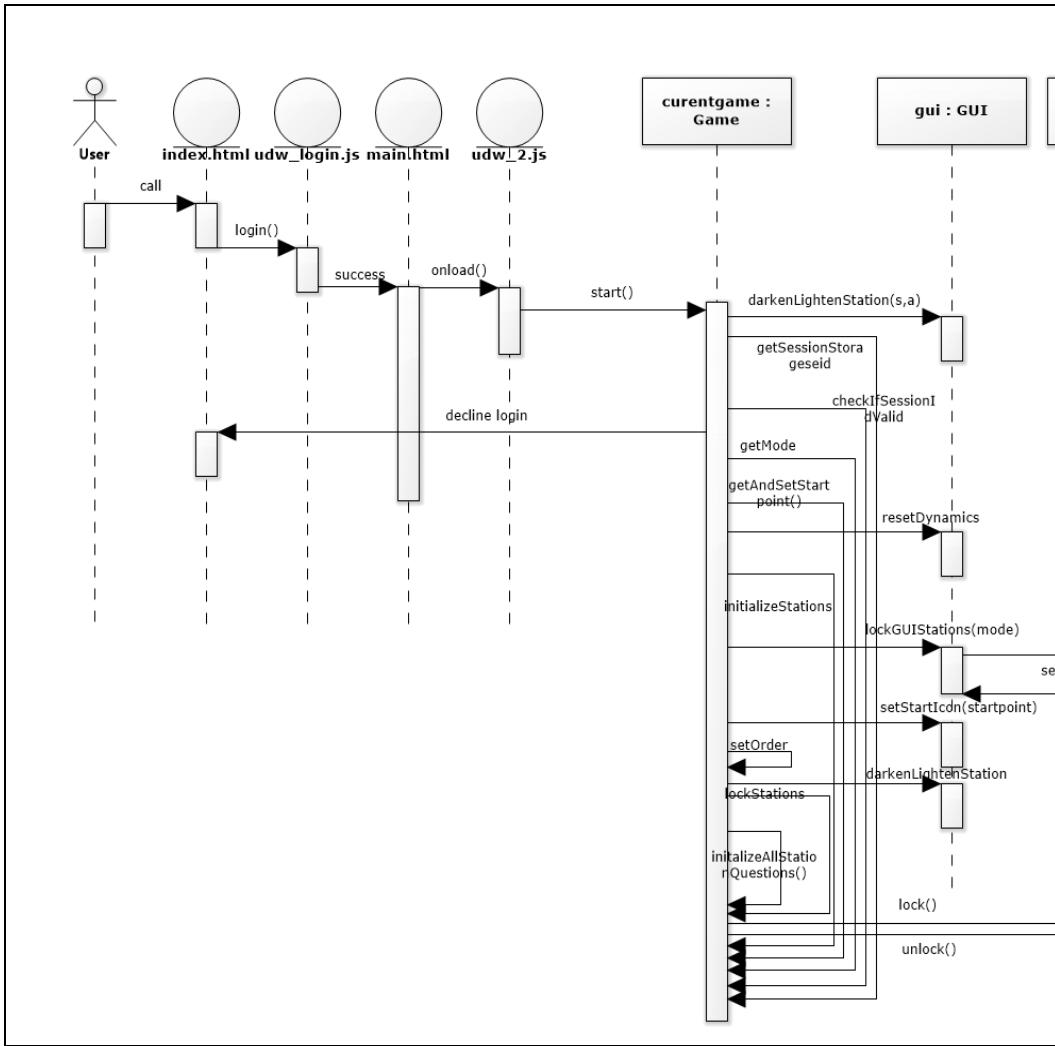
Generieren des Spiels

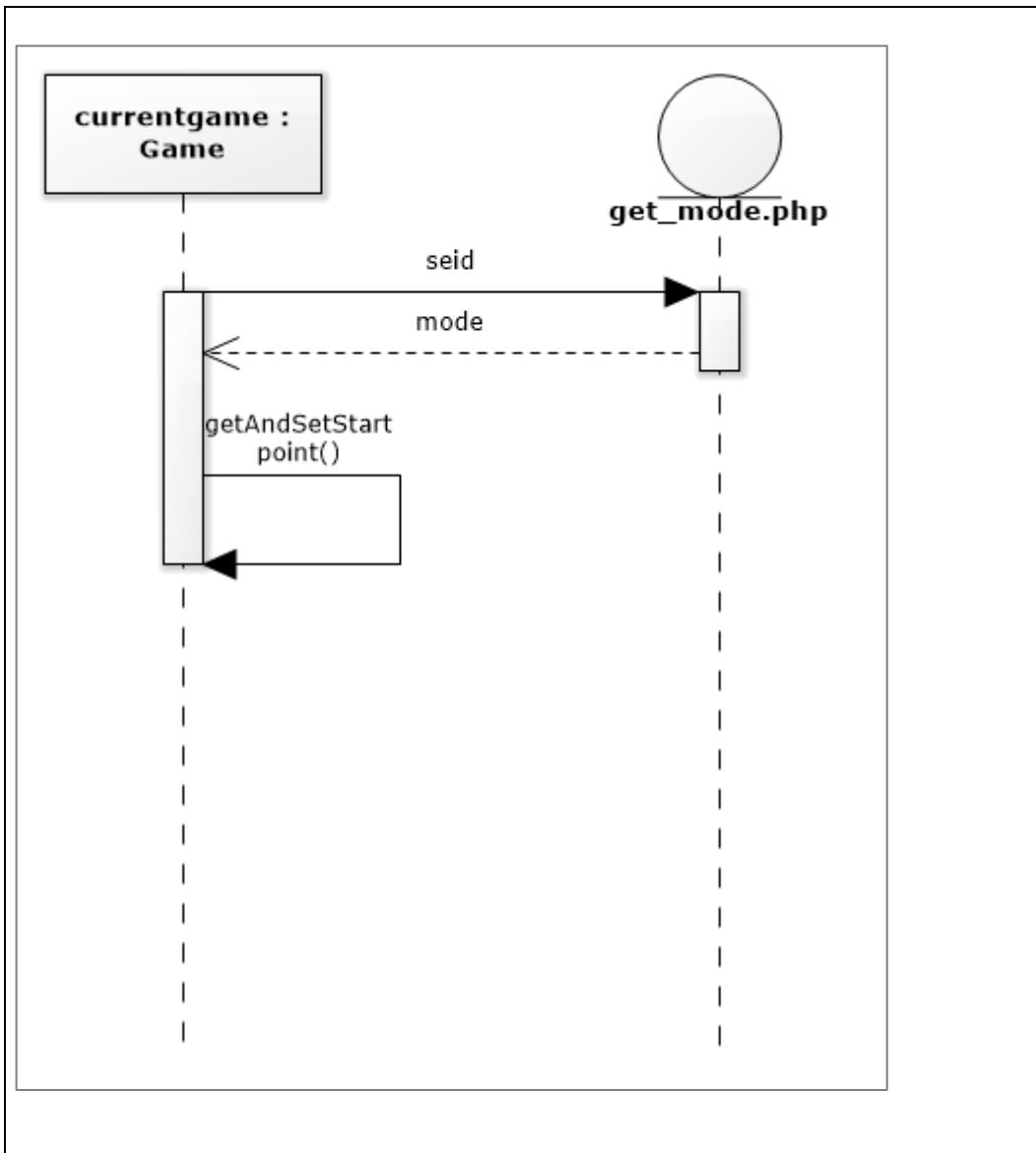
Mithilfe von control.html werden die Gruppen angelegt. Über ein Formular werden Gruppenbeschreibung Gruppengröße und Gruppenanzahl eingegeben. Nach Eingabe erscheint auf der gleichen Seite eine Liste mit generierten Benutzernamen und Passwörtern.

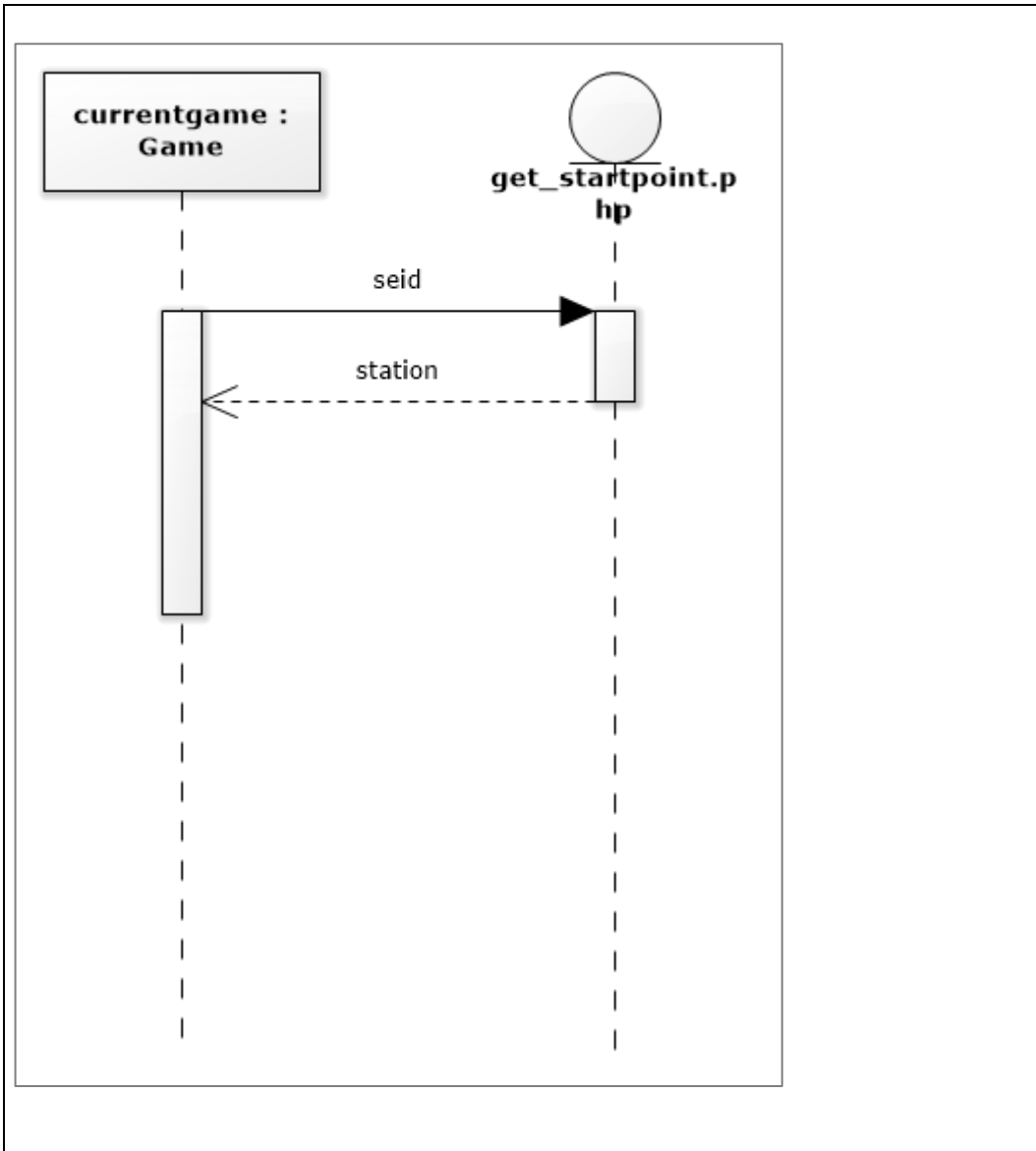


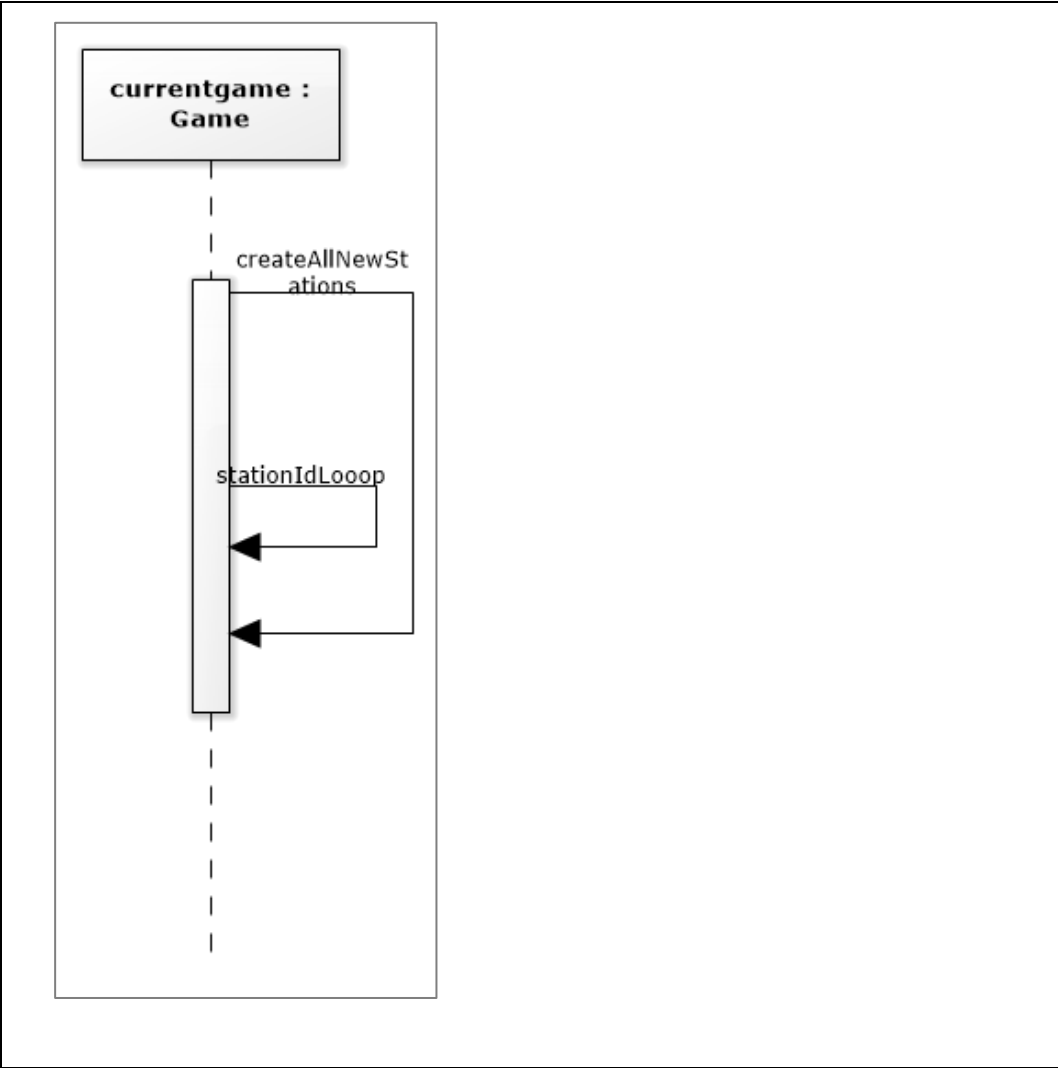
Einloggen/Starten eines Spiels

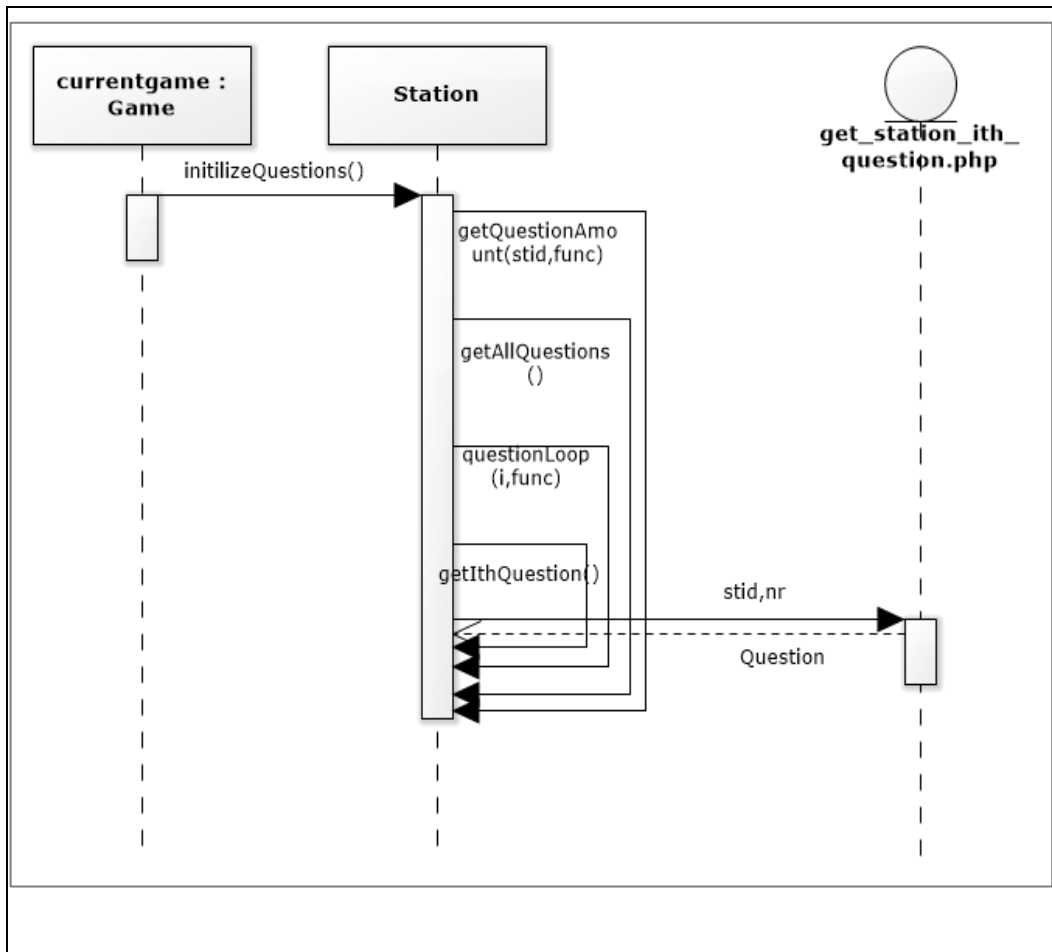
Die Gruppen gehen auf index.html und loggen sich dort mit den vorher generierten Benutzerdaten ein. Nach dem einloggen wird man auf main.html weitergeleitet. Wo ein Spiel generiert und gestartet wird. Beim Start werden die Stationen alle geladen.











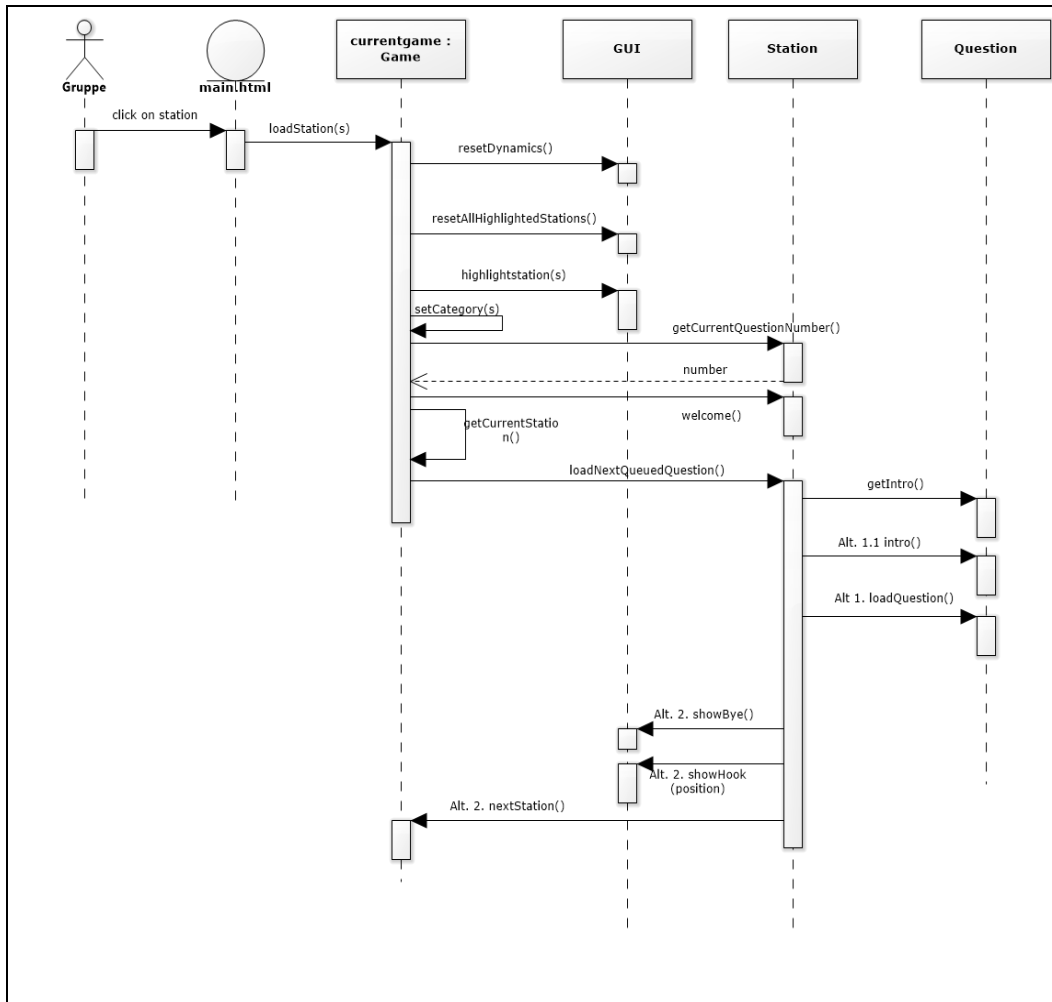
Ablauf einer Station

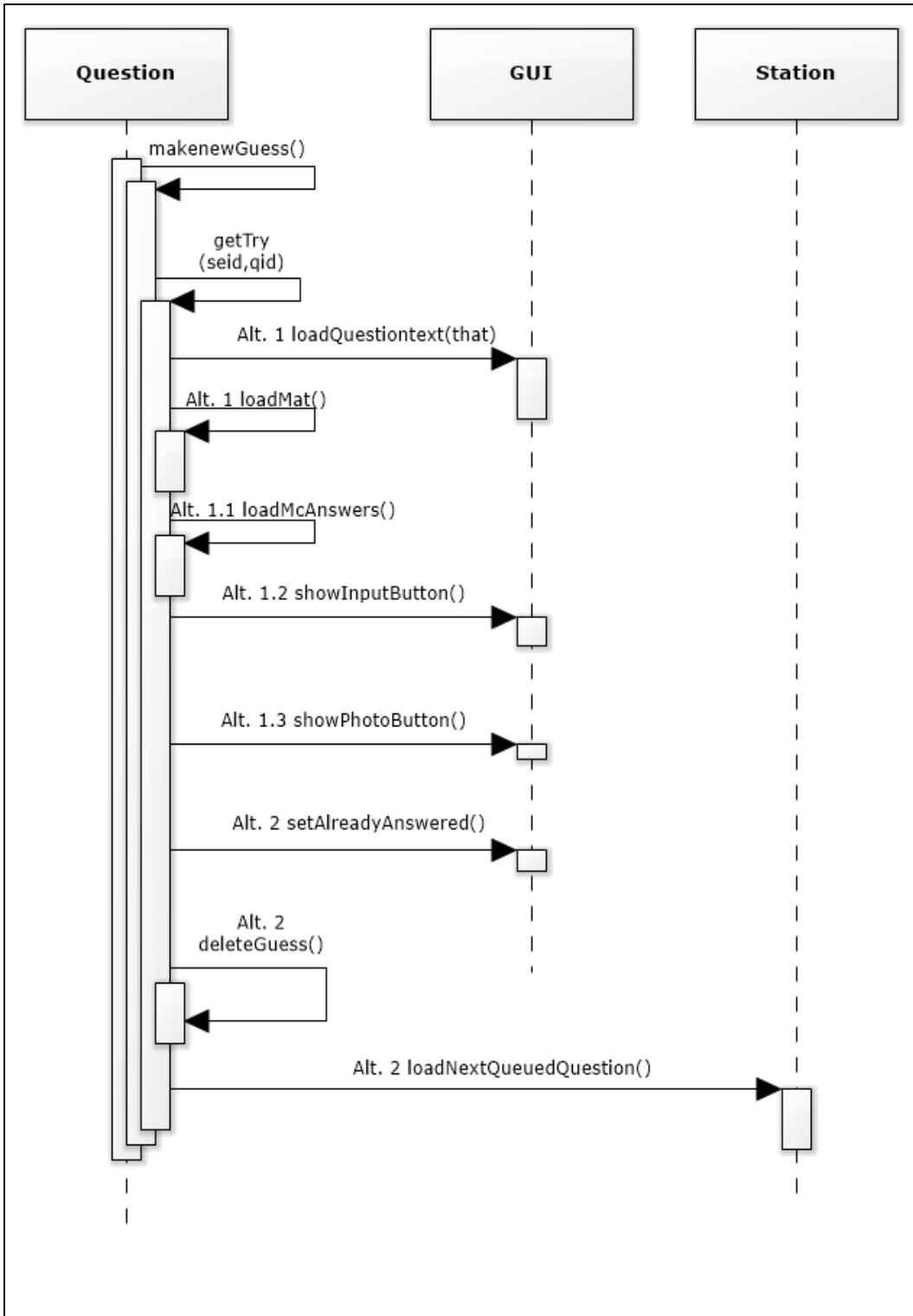
Auf der main.html Seite kann über eine Schaltfläche (Symbol Wegweiser) am rechten oberen Rand das Spielfeld (map.html) aufgerufen werden. Hier werden die zu absolvierenden Stationen angezeigt, diese hängen vom gewählten Modus ab. Stationen welche nicht zu absolvieren sind werden mit einem Schloss markiert und werden gesperrt. Es wird über einen Pfeil angezeigt, der die Startstation der Gruppe kennzeichnet. Die aktuelle Station wird heller dargestellt, um diese besser zu finden. Abgeschlossene Stationen werden mit einem grünen Haken gekennzeichnet. Um eine Station zu spielen wählen die user die Station auf map.html an. Hierbei werden dann die Fragen der Station geladen. Es wird die nächste Frage einer Queue angezeigt.

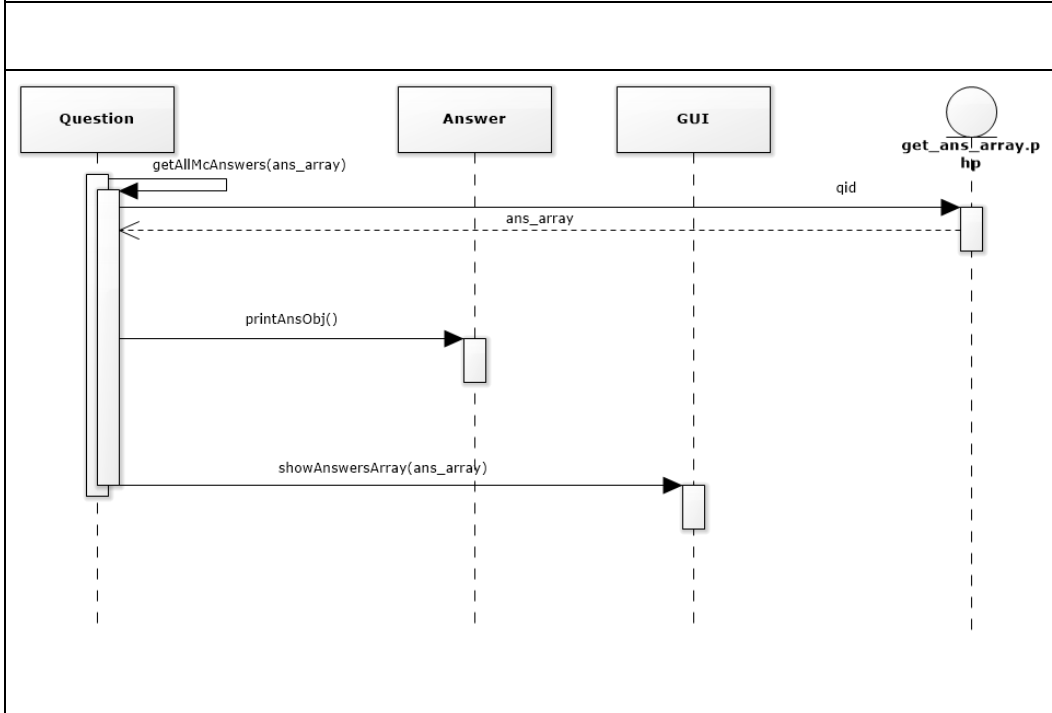
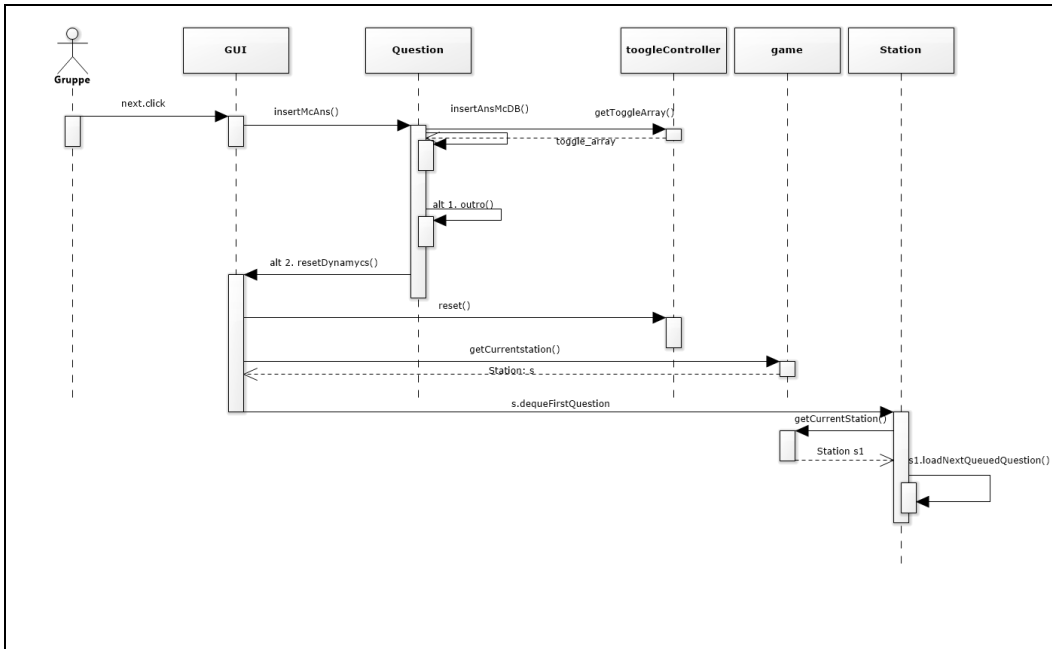
Wenn es sich bei der Frage um eine Multiple Choice Frage handelt werden die Antwortmöglichkeiten angezeigt aus welchen die Benutzer wählen können. Nach der Auswahl von mindestens 1 Antwort erscheint ein Button mit der Beschriftung "weiter". Bei Betätigung dieses werden die eingegebenen Antworten in Guesshasanswer gespeichert (Datenbank). Es erscheint anschließend ein Dialog welche die korrekten Antworten zeigt. Dieses Dialogfenster wird über die Schaltfläche „ok“ geschlossen und es wird die nächste Frage geladen.

Bei einer Texteingabe-Frage oder einer Frage, bei welcher ein Foto hinzuzufügen, ist erscheint unter der Frage ein entsprechendes Symbol welches ein separates

Dialogfenster öffnet. Nach Eingabe der Antwort werden diese in die Datenbank gespeichert und die nächste Frage wird geladen. Wenn alle Fragen der Station beantwortet wurden, wird der Benutzer über den Abschluss der Station informiert, die nächste Station wird auf dem Spielfeld hervorgehoben und die gerade abgeschlossene Station wird mit einem Häkchen als absolviert gekennzeichnet.







Übersicht über die verwendeten Dateien

index.html:

- Anzeige der Willkommenseite und Bereitstellung des Login Formulars.
- Benutzt:
 - boilerplate.css
 - modal.css
 - index.css
 - udw_login.js

udw_login.js

- Bearbeitung der eingegebenen Anmeldedaten. Weiterleitung zum Spiel bei erfolgreicher Anmeldung
- Bereitstellung von: login()

configcon.php: Konfigurationsdatei für die Verbindungsdaten zur Datenbank.

delete_guess.php:

- Löscht die Guess mit der angegebenen ID aus der Datenbank
- Parameter: gid:int METHOD:GET -id der Guess zum löschen

get_ans_array.php:

- Rückgabe; holt zu einer angegebenen Frage alle Antworten für den multiple choice aus der DB
- Parameter: qid:int METHOD:GET -id der Frage, deren Antworten man haben möchte
- Rückgabe: Array mit Antworten als JSON wenn es Antworten zu der angegebenen Frage gibt ansonsten wird das leere Element gegeben.

get_mat_array.php:

- Holt in der Datenbank alle Materialien zu einer Frage
- Parameter: qid:int METHOD:GET -id der Frage zu welcher man das Material sucht.
- Rückgabe: Array aller Materialien zur Frage als Json, wenn es Materialien zu der Frage gibt ansonsten das leere Element

get_mode.php:

- Holt in der Datenbank den Modus in dem der Benutzer spielt.
- Parameter: seid:int METHOD:GET -id der Session zu welcher der Modus gesucht wird.
- Rückgabe: Modus in dem der Spieler spielt als integer, bei einem Fehler wird der Wert „error“ ausgegeben.

get_qcount.php:

- Gibt die Anzahl an aktiven Fragen einer Station zurück
- Parameter: stid:int METHOD:GET -id einer Station
- Rückgabe: Anzahl aktiver Fragen für die angegebene Station.

get_startpoint.php:

- Holt in der Datenbank den Startpunkt eines Benutzers
- Parameter: seid:int METHOD:GET -id der Session des Benutzers
- Rückgabe: Startpunkt (Startstation) des angegebenen Benutzers als int bei erfolgreicher Bearbeitung ansonsten den Wert „error“

get_station_ith_question.php:

Holt in der Datenbank die i te Frage einer Station wenn diese aktiv ist.

- Parameter:
 - stid:int METHOD:GET -id einer Station.
 - nr:int METHOD:GET -Position der Frage in einer Station.
- Rückgabe: Frage an Position i in der Station stid als JSON wenn diese aktiv ist.

get_stid.php

- Holt in der Datenbank die ID der Station an angegebener Position.
- Parameter: pos:int METHOD:GET -Position der Station im Spiel
- Rückgabe: ID der Station mit dem Wert von position=pos

get_try.php

- Gibt die Anzahl Versuche aus, in denen ein User eine Frage beantwortet.
- Parameter:
 - qid:int METHOD:GET -id der Frage
 - seid:int METHOD:GET -id des Benutzers
- Rückgabe: Anzahl der Versuche des Benutzer seid für Frage qid

get_type.php

- Holt in der Datenbank den Typ einer Frage.
- Parameter: qid:int METHOD:GET -id der Frage zu welcher man den Typ wissen möchte.
- Rückgabe: Typ der Frage als int.

get_welcome.php

- Holt in der Datenbank die Source für den Willkommenstext zu einer Station

- Parameter: position:int METHOD:GET -Position einer Station im Spiel.
- Rückgabe: Text: den Wert in source des gesuchten Willkommenobjects

insert_ans_mc.php

- Erzeugt ein neues Guesshasanswer-Objekt und setzt den try Wert des Guess auf 1
- Parameter:
 - gid:int METHOD:GET -id einer Guess
 - aid:int METHOD:GET -id einer Antwort
 - chosen:Boolean:METHOD:GET -ist die Antwort ausgewählt
- Rückgabe: Informationen über den Erfolg als Text.

insert_ans_player.php

- Fügt in answerPlayer eine vom Benutzer gegebene Antwort ein und setzt den try wert des Guess auf 1
- Parameter:
 - qid:int METHOD:GET -id einer Frage
 - gid:int METHOD:GET -id einer Guess
 - ans:string METHOD:GET -Antworttext des Benutzers
- Rückgabe: Information über Verarbeitung in Textform.

insert_image.php

- Fügt ein Bild in die Datenbank ein.
- Parameter:
 - gid:int METHOD:POST -id einer Guess.
 - file
- Rückgabe: Information einer erfolgreichen Verarbeitung.

insert_start_material.php

- Erstellt ein neues guesshasmaterial Objekt.
- Parameter:
 - gid:int METHOD:GET -id einer Guess.
 - maid:int METHOD:GET -id eines Materials
- Rückgabe: ID des neu erstellten guesshasanswer Objekts.

login.php

- Überprüft übertragene Anmeldedaten.
- Parameter:
 - user:string METHOD: GET - Stellt den username mit welchem, der Benutzer sich einloggen möchte.
 - pw:string METHOD: GET – Stellt das Passwort da mit welchem sich der Benutzer anmelden möchte.
- Rückgabe: SEID: Ist die Session ID (BenutzerID) für den angegebenen User mit angegebenem Passwort

Ablauf:

Es wird eine Verbindung zur Datenbank aufgebaut, in welcher in der Tabelle Session kontrolliert wird ob das (user,pw) Paar zueinander gehören. Bei erfolgreichem Login wird die SEID der dazugehörenden Session ausgegeben.

make_guess.php

- Erstellt einen neuen Guess und gibt die ID des neuen Objekts zurück.
- Parameter:
 - qid:int METHOD:GET -id einer Frage.
 - seid:int METHOD:GET -id der Session eines Benutzers
- Rückgabe: ID einer neu erstellten Guess.

update_stop_material.php

- Setzt das Feld „stop“ der angegebenen guesshasmaterial.
- Parameter: ghmaid:int METHOD:GET -id der guesshasmaterial zu welcher der stop gesetzt wird.
- Rückgabe: Informationen der Verarbeitung als Text.

main.html

- Hauptseite der Anwendung, stellte alle Dialoge bereit.
- Benutzt:
 - Stylesheets:
 - boilerplate.css
 - main.css
 - modal.css
 - map.css
 - JavaScript:
 - udw_2.js
 - global_events.js
- WebPages: map.html
 - global_events.js
 - Stellt Funktionen bereit
 - Bereitstellung von:
 - showNxt(str)

control.html

Stellt die Adminseite dar um die Gruppen über ein Formular zu erstellen. Hier werden Gruppenbeschreibung, Anzahl der Personen in einer Gruppe, die Gruppenanzahl und der Modus eingestellt. Die Übertragung wird mittels der in der Seite integrierte Funktion generate() durchgeführt.

Nach Absenden des Formulars werden hier die Anmelde Daten angezeigt.

Benutzt:

- Stylesheets:
- boilerplate.css
- control.css

generate.php

Generiert Benutzer für die Anwendung

Parameter:

- desc :String METHOD GET – Gibt den Text an wie die ganze Gruppe des Termins heißen soll. Beispiel : klug Gymnasium 5 te Klasse
- count : int METHOD GET - Ist die Anzahl der Teilnehmenden Gruppen.
- mode :int METHOD GET – Gibt den Modus an in dem Gespielt werde soll. (1= Komplet, 2= Partiiell 1 , 3 = Partiiell 2)
- size :int METHOD GET – Beschreibt die Anzahl an Mitglieder in einer Gruppe.

Ablauf:

Die Startstation der ersten Gruppe wird anhand der Wertes von mode festgelegt. Anhand von mode wird außerdem der Zykluswert (ZW) der Startstationen der weiteren Gruppen festgemacht. Nun wird über die Anzahl der Gruppen (aus der Eingabe count) iteriert. In einer Iteration werden Benutzername und Passwort zufällig mithilfe von desc generiert, die Startstation berechnet und ein Datensatz in die Tabelle SESSION in die Datenbank geschrieben. Die jeweilige Startstation berechnet sich aus dem Alten Wert + ZW, wenn die Startnummer höher als 16 ist wird sie wieder zurückgesetzt.

map.html

Diese Datei stellt die Darstellung der Karte bereit.

Benutzt:

- Stylesheets:
- Boilerplate.css
- map.css

udw_2.js

Erstellt und startet ein Spiel und stellt die benötigten Funktionen bereit. In diesem Script werden auch die Benutzerevents an ihre jeweiligen Funktionen gebunden.

Benutzt/Stellt:

- Klassenfunktionen
- Gui()
- toggleController(current_gui);
- Game(current_gui, current_toggleController);
- a()
- Station()
- Question()
- answer()
- Queue()

Klassen

Answer

Aufgabe: Repräsentation einer Antwort.

Konstruktor: Answer(aid,answertext,shown,valid,active, fqid,time)

Attribute:

- aid:int Id der Antwort
- answertext: string Text einer Antwort
- shown :Boolean Wird die Antwort gezeigt?
- valid: Boolean Ist eine Antwort valide?
- active: Boolean Ist eine Antwort aktiv?
- fqid :int -Id xx
- time :time

Methoden:

- getAid(): int
- getAnswertext():String
- printAnsObj()

Game

Aufgabe: Die Verwaltung des Spiels an sich

Konstruktor: Game(g:Game,toggleController:toggleController)

Attribute:

- that:Game
- toggleController:toggleController
- mode:int
- seid:int
- startpoint:int
- gui:GUI
- stations:array
- currentstation:Station

Methoden

- checkIfSessionIdValid(Seid,callback)
- createAllNewStations(callback)
- getAndSetStartpoint(callback)
- getCurrentStation():Station
- getMode(seid,callback)
- getSeid():
- getSessionStorageSeid(callback)
- initializeAllStationQuestions(callback)
- initializeStations(callback)
- loadStation(statNr)
- lockStations(mode,callback)
- setCategory(stat)
- start()
- stationIdLoop(i, callback)

Gui

Aufgabe: Stellt die Funktionen bereit, welche die Benutzeroberfläche verwaltet.

Konstruktor: Gui()

Attribute:

- that:Gui Attribut zum Binden der Funktionen.

Methoden:

- hidePleaseWait()
- hideUploadPic()
- highlightStation(stat)
- loadQuestiontext()
- lockGUIStations(mode)
- resetAllHighlightedStations()
- resetDynamics(callback)
- setAlreadyAnswered()
- setIconToLock(station)
- setQuestionText(text)
- setStartIcon(start)
- setToggled(ansnum)
- setUnToggled(ansnum)
- showAnswersArray(ans_array)
- showBye()
- showHook(station)
- showInputButton()
- showMat(matnr)
- showNextButton()
- showNoNextButton()
- showPhotoButton()
- showPleaseWait()
- showUploadPic()

Question

Aufgabe: Darstellung einer Frage und Verwaltung der Fragen.

Konstruktor: Question(qid, active, type, questiontext, innerpos, intro, outro, fstid, g, game, toggleController)

Attribute:

- that:Question
- game:Game
- toggleController:toggleController
- qid:int
- active:boolean
- type:
- questiontext:string
- innerpos:int
- fstid:int
- introsrc:string
- outosrc:string
- gui:GUI
- mat:array
- answers:array
- currentgid
- current_ghmaid

Methoden:

- deleteGuess(gid)
- getActive():Boolean
- getAllMcAnswers(callback)
- getIntro()
- getMat(qid,callback)
- getOutro()
- getQid():int
- getQuestionText():string
- getTry(seid,qid,callback)
- getType():
- insertAnsMcDB(gid,aid,chosen)
- insertAnsPlayer(gid,qid,callback)
- insertInputAns()
- insertMcAns()
- insertPicAnsDB(gid,callback)
- insertPictureAns()
- insertStartTimestamp(gid,maid,callback)
- intro()
- loadMat()
- loadMcAnswers()
- loadQuestion()
- makeNewGuess(qid,seid,callback)
- outro()
- print():String

- startMatTimer(mat_nr)
- stopMatTimer(mat)
- updateStopTimestamp(ghmaid,callback)

Queue

Aufgabe: Bereitstellung des Sets an Fragen einer Station in der richtigen Reihenfolge mithilfe einer Queue.

Konstruktor: Queue()

Attribute:

- queue: Array
- offset: int

Methoden:

- dequeue()
- enqueue(item)
- getLength()
- isEmpty():Boolean
- peek()

Station

Aufgabe: Stellt eine Station dar.

Konstruktor: Station(n:string, pos:int, g:GUI, game:Game, toggleController:toggleController)

Attribute:

- that:Station Bindung der Klasse
- game:Game
- gui:GUI<-g
- toggleController:toggleController
- position:int ←pos
- name:string ←n
- active:Boolean
- locked:Boolean
- done:Boolean
- seid:int
- stid:int
- questions:queue
- questionamount:int
- currentquestionnumber:int

Methoden:

- dequeueFirstQuestion(callback:functio):Question
- getAllQuestions(callback:function):

- `getCurrentQuestion():Question`
- `getCurrentQuestionNumber():int`
- `getIthQuestion(i:int, callback:function):Question`
- `getLockState():Boolean`
- `getPosition():int`
- `getQuestionAmount(s,callback:function)`
- `getQuestionArray():Queue`
- `getState():string`
- `getStationID(callback):`
- `hasMoreQuestions():Boolean`
- `initializeQuestions():`
- `loadNextQueuedQuestion()`
- `lock()`
- `questionLoop(i,callback:function)`
- `welcome()`

`toggleController`

Aufgabe: Verwaltet die Antworten für Multiple Choice Fragen.

Konstruktor: `toggleController(gui : GUI)`

Attribute:

- `gui : GUI`
- `that: toggleController`
- `togglearray : array[6]`

Methoden:

- `getToggleArray() :Array`
- `noOneToggled() :Boolean`
- `printStatus()`
- `reset()`
- `toggleAnswer(ansnum)`

Funktionen

`login()`

Ziel:

Diese Funktion soll Anmeldedaten auf Gültigkeit überprüfen. Bei gültigen Daten wird der Benutzer angemeldet und zu `main.html` weitergeleitet.

Ablauf:

Es werden die Werte in den HTML-Input Feldern mit den id's `username_input` und `password_input` ausgelesen. Es wird im Hintergrund eine `xhttp`-Verbindung zu `login.php` aufgebaut und die vorher ausgelesenen Werte werden als Parameter an `login.php` übertragen.

Resultat:

Bei erfolgreichem Login bekommt diese Funktion eine Session ID von login.php zurück, speichert diese in einer Session und der Benutzer wird zu main.html weitergeleitet.

showNxt(str:string)

Ziel:

Zeigt/versteckt den Bestätigungsbutton bei der Eingabe einer Textantwort.

Parameter:

str :String -Die Antwort die bisher eingegeben wurde

Ablauf:

Wenn die Anzahl an Zeichen in str höher gleich 3 ist wird das HTML Element mit der id next_2 angezeigt ansonsten wird es versteckt. (Button um die Frage abzuschließen)

generate()

Ziel:

Diese Funktion generiert die Schülergruppen mit Benutzername und Passwort und zeigt diese anschließend an.

Ablauf:

Die Funktion holt sich die Eingabe Werte aus den HTML-Elemente mit den id's

desc_input, amount_input, select, group_size_input. Diese Daten werden über ein xmlhttp Request geladen und an generate.php weitergegeben. Bei erfolgreicher Bearbeitung des PHP Scripts werden erzeugte Anmeldedaten ausgegeben.

Answer:getAid():int

- Gibt die ID zurück
- Rückgabe: aid:int - ID der Antwort

Answer:getAnswerText():String

- Gibt den Text der Antwort aus.
- Rückgabe: answertext: String -Text der Antwort.

Answer:printAnsObject()

- Gibt alle Attributwerte in der Konsole aus.

Game:checkIfSessionIdValid(seid,callback)

- Anzeige der Index-Seite bei ungültiger Session Id , ansonsten Aufruf von callback
- Parameter:

- seid:int -ID einer Session
- callback:function -Funktion welche bei gültiger Session ID aufgerufen wird.

Game:createAllNewStations(callback)

- Erstellt 16 neue Stationen.
- Parameter: callback:function -Funktion welche nach dem Erstellen der Stationen aufgerufen wird.
- Benutzt: Station(n,pos,g,game,toggleController)

Game:getAndSetStartpoint(callback)

- Holt und setzt den Startpunkt.
- Parameter: callback:function -Wird aktuell nicht benötigt
- Benutzt: get_startpoint.php

Game:getCurrentStation()

- gibt den Wert von currentstation zurück
- Rückgabe: currentstation:Station -Station an der man sich gerade befindet.

Game:getMode(seid,callback)

- Holt sich den Modus des Spiels.
- Parameter:
 - seid:int -ID der Session
 - callback:function -Funktion welche mit dem Ergebnis des PHP Skripts ausgeführt wird.
- Benutzt: get_mode.php

Game:getSeid()

- Gibt die Session Id zurück.
- Rückgabe: seid:int - Session Id des Benutzers. (Session in der DB)

Game:getSessionStorageSeid(callback)

- Ruft callback mit dem Wert von SEID aus der (Internet)Session auf.
- Parameter: callback:function -Funktion welche mit dem Sessionwert SEID aufgerufen wird.

Game:italizeAllStationQuestions(callback)

- Ruft die Initialisierung aller Stationen auf.
- Parameter: callback:function -Wird aktuell nicht benutzt.
- Benutzt: Station:initializeQuestions()

Game:initializeStations(callback)

- Leitet die Erstellung der Stationen ein.
- Parameter: callback:function -Funktion welche an weitere Funktionen weitergeleitet wird.
- Benutzt: Game:createAllNewStations, GamestationLoop(i,callback)

Game:loadStation(statNr)

- Lädt die aktuelle Station und setzt currentstation
- Parameter: statNr:int -Nummer der Station welche geladen werden soll.
- Benutzt:
 - GUI:resetDynamics(callback)
 - GUI:resetAllHighlightedStations()
 - GUI:highlightStation(statNr)
 - Game:setCategory(statNr)
 - Station:welcome()
 - Game:getCurrentStation()
 - Station:loadNextQueuedQuestion()

Game:lockStations(mode, callback)

- Blockiert je nach Modus einzelne Stationen
- Parameter:
 - mode:int -Modus in dem gespielt wird
 - callback:function -Funktion welche nach dem Blockieren der Stationen aufgerufen wird.
- Benutzt: Station:lock()

Game:setCategory(stat)

- Setzt die Anzeige der Kategorie.
- Parameter: stat:int -Nummer der Station.

Game:start()

- Initialisiert ein Spiel und startet es.
- Benutzt:
 - Game:getSessionStorageSeid(callback)
 - checkIfSessionIdValid(seid,callback)
 - Game:getMode(seid,callback)
 - Game:getAndSetStartpoint(callback)
 - GUI:resetDynamics(callback)
 - initializeStations(callback)
 - GUI:lockGUIStations(mode)
 - GUI:setStartIcon(startpoint)
 - Game:lockStations(mode,callback)
 - Game:initializeAllStationQuestions()

Game:stationIdLoop(i,callback)

- Rekursive Funktion welche für alle Stationen getStationId() aufruft.
- Parameter:
 - i:int -Station zu welcher die Id gesucht wird.
 - callback:function - Funktion welcher am Ende der Rekursion aufgerufen wird.
- Benutzt: Game:stationIdLoop(i,callback)

GUI:hidePleaseWait()

- Versteckt Warte-Anzeigen

GUI:hideUploadPic()

- Versteckt Element mit der ID sumit_image

GUI:highlightStation(stat)

- Hebt die Station welche durch stat representiert wird hervor
- Parameter: stat : int

GUI:loadQuestionText(question)

- Laden des Textes einer Frage zur Anzeige
- Parameter: question : Question
- Ablauf: Die Funktion ruft setQuestionText mit dem Parameter question.getQuestionText() auf.
- Ruft auf:
 - Question:getQuestionText
 - GUI:setQuestionText

GUI:lockGUIStations(mode)

- Je nach Modus werden einzelne Stationen in der GUI gesperrt.
- Parameter: mode : int
- Ruft auf: GUI:setIconToLock(array)

GUI:resetAllHighlightedStations()

- Setzt alle hervorgehobenen Stationen zurück.

GUI:resetDynamics(callback)

- Versteckt alle HTML Elemente welche mit der Beantwortung der Fragen zu tun haben und ruft dann die callback Funktion auf.
- Parameter: callback :function

GUI:setAlreadyAnswered()

- Setzt den Text des HTML Elements mit der id question_text auf „Alle Fragen wurden schon beantwortet“

GUI:setIconToLock(station)

- Graut die über station dargestellte Station aus.
- Parameter: station: int -Zahlen-Repräsentation der Station, die für die GUI zu sperren ist.

GUI:setQuestionText(text)

- Setzt den Inhalt des HTML-Elements mit der ID question_text auf text
- Parameter: text :string -Die anzuzeigende Fragestellung.

GUI:setStartIcon(start)

- Zeigt einen Pfeil bei der Startstation der Gruppe.
- Parameter: start :int -Zahlenrepresentation der Station an welcher ein Pfeil gezeigt werden soll.

GUI:setToggled(ansnum)

- HTML-Element mit der ID ans_(ansnum) wird ausgewählt.
- Parameter: ansnum :int - Antwort welche ausgewählt werden soll.

GUI:setUnToggled(ansnum)

- HTML-Element mit der ID ans_(ansnum) wird nicht mehr ausgewählt.
- Parameter: ansnum :int - Antwort welche nicht mehr ausgewählt sein soll.

GUI:showAnswersArray(ans_array)

- Zeigt die Richtigen Antworten an.
- Parameter: ans_array :array[] - Array mit Antworten welche angezeigt werden sollen

GUI:showBye()

- Teilt dem User das Ende einer Station mit.

GUI:showHook(station)

- Zeigt ein Häkchen bei der Station die mittels station dargestellt wird. Dies signalisiert bereits abgeschlossene Stationen
- Parameter: station :int -Zahlenrepräsentation der Station welche als abgeschlossen angezeigt werden soll.

GUI:showInputDialog()

- HTML-Element mit der ID answer_dialog wird angezeigt. Xx

GUI:showMat(matnr)

- Material mit der matnr soll angezeigt werden.
-
- Parameter:
- matnr :int -Id der Materialdarstellung welche angezeigt werden soll.

GUI:showNextButton()

- Zeigt den Knopf um weiter zu schalten.

GUI:showNoNextButton()

- Versteckt den Knopf um weiter zu schalten

GUI:showPhotoButton()

- Das Foto Dialog wird angezeigt.

GUI:showPleaseWait()

- Zeigt Warte anzeige

GUI:showUploadPic()

- HTML-Element mit der ID submit_image wird angezeigt. Zeigt den Submit Button zum Hochladen von Bilder

Question:deleteGuess(gid)

- Löscht ein Guess.
- Parameter: gid:int - Id der Guess welche gelöscht werden soll.
- Benutzt: delete_guess.php

Question:getActive()

- Gibt den Wert von active zurück.
- Rückgabe: active:Boolean -True wenn die Frage aktiv ist, ansonsten False

Question:getAllMcAnswers(callback)

- Holt alle Multiple Choice Antworten der Frage.
- Parameter: callback:function -Funktion welche mit dem Ergebnis aufgerufen wird.

Question:getIntro()

- Gibt den Wert von introsrc zurück.
- Rückgabe: introsrc: -Die Source für das Intro.

Question:getMat(qid, callback)

- Holt alle Materialien zu der Frage.
- Parameter:
 - qid:int -Id der Frage zu welcher Material gesucht wird
 - callback:function -Funktion welche mit dem Ergebnis aufgerufen wird.
- Benutzt: get_mat_array.php

Question:getOutro()

- Gibt den Wert von outosrc zurück.
- Rückgabe: outosrc: - Die Source für das Outro

Question:getQid():int

- Gibt die Id der Frage zurück.
- Rückgabe: qid:int - Id der Frage

Question:getQuestionText()

- Gibt den Anzeigetext der Frage zurück.
- Rückgabe: questiontxt:string -Text der Frage, welcher angezeigt werden soll.

Question:getTry(seid,qid,callback)

- Holt die Anzahl an Versuche für einen Guess einer Session.
- Parameter:
 - seid:int -Session id
 - qid:int -Frage ID
 - callback:funtion - Funktion welche mit dem Ergebnis als Parameter aufgerufen wird.
- Benutzt: get_try.php

Question:getTyp()

- Gibt zurück ob es sich bei der Frage um eine offene oder eine multiple choice Frage handelt.
- Rückgabe: type

Question:insertAnsMcDB(gid, aid, chosen)

- Fügt eine Multiple Choice Antwort in eine Guess hinzu.
- Parameter:
 - gid:int -ID der Guess in welcher die Antwort hinzugefügt werden soll.
 - aid:int -ID der Antwort welche hinzugefügt werden soll.
 - Chosen:Boolean -Ist die Antwort ausgewählt.
- Benutzt: insert_ans_mc.php

Question:insertAnsPlayer(gid,qid,callback)

- Fügt die offene Antwort eines Nutzers hinzu.
- Parameter:
 - gid:int -ID der Guess
 - qid:int -ID der Frage
 - callback:function -Funktion welche mit der Antwort des aufgerufenen PHP scripts aufgerufen wird.
- Benutzt: inster_ans_player.php

Question:insertInputAns()

- Die eingegebene Antwort wird gespeichert und es wird die nächste Frage der Station geholt.
- Benutzt:
 - Question:insertAnsPlayer(gid,qid,callback)
 - GUI;resetDynamics(callback)
 - Station:dequeueFirstQuestion(callback)
 - Station:loadNextQueuedQuestion()
 - Game:getCurrentStation()

Question:insertMcAns()

- Multiple Choice Antworten werden gespeichert und die nächste Frage wird geladen.
- Benutzt:
 - Question:insertAnsMcDB(gid,aid,chosen)
 - GUI;resetDynamics(callback)
 - toggleController:reset()
 - Station:dequeueFirstQuestion(callback)
 - Station:loadNextQueuedQuestion()

Question:insertPicAnsDB(gid, callback)

- Fügt eine Bildantwort zum Guess hinzu.
- Parameter:
 - gid:int -ID der Guess
 - callback:function
- Benutzt: insert_image.php

Question:insertPicAns()

- Bild wird gespeichert und nächste Frage wird geladen.
- Benutzt:
 - Question:insertPicAnsDB(gid,callback)
 - GUI;resetDynamics(callback)
 - Station:dequeueFirstQuestion(callback)
 - Station:loadNextQueuedQuestion()
 - GUI:hidePleaseWait()

Question:insertStartTimestamp(gid,maid,callback)

- Fügt einen Zeitstempel für einen Guess und Material hinzu. Bekommt eine neue ghaid.
- Parameter:
 - gid:int -ID einer Guess
 - maid:int -ID eines Materials
 - callback:function -Funktion welche mit dem Ergebnis des PHP Scripts aufgerufen wird.
- Benutzt: insert_start_material.php

Question:intro()

- Öffnet das Introfenster

Question:loadMat()

- Lädt Material zu der Frage und lässt sie anzeigen
- Benutzt: Question:getMat(qid,callback), GUI:showMat(i)

Question:loadMcAnswers()

- Lädt die möglichen Multiple Choice Antworten, fügt diese in das eigene Antworten Array ein und lässt diese anzeigen.
- Benutzt:
 - Question:getAllMcAnswers(callback)
 - GUI:showAnswersArray(ans)

Question:loadQuestion()

- Lädt eine Frage und erzeugt dabei einen neuen Guess. Wenn die Frage noch keinen Versuch hatte wird die Frage angezeigt ansonsten wird angezeigt, dass die Frage schon beantwortet wurde.
- Benutzt:
 - Question:makeNewGuess(qid, seid,callback)
 - Question:getTry(seid,qid,callback)
 - Game:getSeid()
 - GUI:loadQuestiontext(x)
 - Question:loadMat()
 - Question:loadMcAnswers()
 - GUI:showInputButton()
 - GUI:showPhotoButton()
 - GUI:setAlreadyAnswered()
 - Question:deleteGuess(gid)
 - Game:getCurrentStation()
 - Station:dequeueFirstQuestion
 - Station:loadNextQueuedQuestion()

Question:makeNewGuess(qid,seid,callback)

- Erstellt eine neue Guess zu einer Frage.
- Parameter:
 - qid:int -ID einer Frage.
 - Seid:int -ID der Session
 - callback:function -Funktion welche mit dem Resultat des PHP Skripts aufgerufen wird.
- Benutzt: make_guess.php

Question:nextQMC()

- Sorgt für das reseten der GUI und dem Laden einer neuen Frage nachdem die Lösung einer Multiple Choice betrachtet wurde.
- Benutzt:
 - Gui:resetDynamics(callback)
 - toggleController:reset()
 - Game:getCurrentStation()
 - Station:dequeueFirstQuestion(callback)
 - Station:loadNextQueuedQuestion();

Question:outro()

- Öffnet das Outro Fenster.

Question:print()

- Gibt die Werte der Attribute in der Konsole aus.

Question:startMatTimer(mat_nr)

- Setzt einen Zeitstempel zu einem Material, und setzt die ghmaid.
- Parameter: mat_nr:int -Material welches geklickt wurde.
- Benutzt: insertStartTimerstamp(gid,maid,callback)

Question:stopMatTimer(mat)

- Setzt den End-Zeitstempel für ein Material.
- Parameter: mat:int -Material welches gewählt wurde (keine aktuelle Funktion)
- Benutzt: Question:updateStopTimestamp(ghmaid,callback)

Question:updateStopTimestamp(ghmaid,callback)

- Setzt den End-Zeitstempel zu angegebenem Material.
- Parameter:
 - ghmaid: -Material zum Setzen des Zeitstempels
 - Callback:function - Funktion welche mit dem Ergebnis des PHP Skripts aufgerufen wird.
- Benutzt: update_stop_material.php

Queue:dequeue():Object

- Gibt das erste Element in der Queue zurück und löscht es.
- Rückgabe: item :Object -Wenn queue leer ist wird „undefined“ zurückgegeben ansonsten das erste Element der queue

Queue:enqueue(item)

- Fügt ein Element zur Queue hinzu.
- Parameter: item :Object - Element was zur Queue hinzugefügt wird.

Queue:getLength():int

- Gibt die Länge der Queue zurück.
- Rückgabe: länge der Queue

Queue:isEmpty():Boolean

- Gibt an ob die Queue leer ist
- Rückgabe: True wenn queue leer ist ansonsten False

Queue:peek():object

- Gibt das erste Element der Queue zurück ohne es zu entfernen.
- Rückgabe: undefined bei einer leeren queue ansonsten das erste Item in queue

Station:dequeueFirstQuestion(callback)

- Nimmt erste Frage aus der Queue und ruft dann die callback Funktion auf
- Parameter: callback :function - Wird nach Bearbeitung aufgerufen

Station:getAllQuestions(callback)

- Ruft questionLoop(1,callback) auf
- Parameter: callback: function - Funktion welche weitergegeben werden soll.
- Benutzt: Station:questionLoop(i,callback)

Station:getCurrentQuestion():Object

- Gibt das erste Item in der Queue questions zurück.
- Rückgabe: erstes Element in questions

Station:getCurrentQuestionNumber():int

- Gibt die Nummer der aktuellen Frage
- Rückgabe: currentquestionnumber - Nummer der aktuellen Frage

Station:getIthQuestion(i, callback)

- Holt sich die i-te Frage einer Station
- Parameter:
 - i:int - Frage der Station, die man haben möchte
 - callback: function - Funktion die mit der Antwort von get_station_ith_question.php als Parameter aufgerufen wird.
- Benutzt: get_station_ith_question.php

Station:getLockState():boolean

- Gibt an ob die Station blockiert ist.
- Rückgabe: locked: boolean - True wenn Station blockiert ansonsten False

Station:getPosition():

- Gibt die Position der Station zurück
- Rückgabe: position - Die Position der Station

Station:getQuestionAmount(s,callback):int

- Gibt die Anzahl an Fragen einer Station zurück.
- Parameter:
 - s:int -id der Station deren Fragen gezählt werden sollen
 - callback:function -Funktion welcher mit der Antwort des skripts als Parameter aufgerufen wird.
- Benutz: get_qcount.php

Station:getQuestionArray():Queue

- Gibt die Liste der Fragen aus.
- Rückgabe: questions:Queue - Eine Queue mit den Fragen der Station

Station:getState():String

- Gibt den Status der Station zurück.
- Rückgabe: string - String-Darstellung aller Attribute

Station:getStationId(callback)

Station:getStid()

- Schreibt die Station ID in die Konsole

Station:getWelcome(stat,callback)

- Holt den Willkommenstext zu einer Station.
- Parameter:
 - stat -Station zu der der Willkommenstext geholt wird.
 - Callback:function - Funktion welche mit dem Ergebnis aufgerufen wird.
- Benutzt: get_welcome.php

Station:hasMoreQuestions():Boolean

- Überprüft ob es noch unbearbeitete Fragen gibt.
- Rückgabe: b:boolean - True wenn es noch Fragen in der Queue gibt ansonsten False

Station:initializeQuestions()

- initialisiert die Fragen einer Station
- Benutzt:
 - Station:getQuestionAmount(s,callback),
 - Station:getAllQuestions(callback)

Station:getNextQueuedQuestion()

- Holt die nächste Frage aus der Queue wenn diese nicht leer ist.
- Benutzt:
 - Queue:peek(),
 - Question.loadQuestion()
 - GUI:showBye()
 - GUI:showHook(pos)

Station:lock()

- Setzt das Attribut locked auf True

Station:questionLoop(i,callback)

- Rekursive Funktion welche aktive Fragen in die Queue einfügt.
- Parameter:
 - i:int -Die Nummer der Frage welche zum Einfügen in die Queue überprüft werden soll.
 - Callback:function -Funktion welche bei der Beendigung der rekursiven Funktion aufgerufen wird
- Benutzt:
 - Queue:enqueue(obj)
 - Station:getIthQuestion(s,callback)
 - Station:questionLoop(i,callback)

Station:welcome()

- öffnet die Willkommenseite der Station.
- Benutzt: Station:getWelcome(s,callback)

toggleController:getToggleArray():array

- Gibt ein Array der Antworten zurück.
- Rückgabe: togglearray:Array -xx

toggleController:noOneToggled():Boolean

- Gibt an ob keine Antwort ausgewählt wurde. (Array togglearray nur aus 0 besteht)
- Rückgabe: b: boolean - True wenn togglearray nur „0“ Elemente hat.

toggleController:printStatus()

Gibt den Inhalt von togglearray in der Console wieder

toggleController:reset()

- Setzt die Werte des tooglearray auf „0“
- Benutzt: GUI:setUnToggled()

toggleController:toggleAnswer(ansnum)

- Toggled togglearray[ansnum-1] zwischen 0 und 1.
- Wenn auf 0 gesetzt wird, wird der Next Button ausgeblendet, wenn keine Antwort ausgewählt wurde.
- Benutzt:

- GUI:setToggled(ansnum)
- GUI:showNextButton()
- GUI:setUnToggled(ansnum)
- GUI:showNoNextButton
- toggleController:noOneToggled()

Daten

Im Folgenden werden die einzelnen Tabellen der Datenbank beschrieben.

Session: Diese Tabelle beschreibt eine Sitzung, also alle Lerngruppen eines Tablet-PCs an einem Tag.

<u>SEID</u>	description	name	pw	date	startpoint	mode
1	Kürzel_Schule_Kurs_Gruppe	Kürzel-abcd	klhadfd	2016-05-01	1	3
2	Kürzel_Schule_Kurs_Gruppe	Kürzel-jdow	ioafdsaf	2016-06-02	1	1

- SEID: Session ID, Primärschlüssel
- description: Beschreibung
- name: Loginname
- pw: Passwort
- date: Datum, 2016-06-02 entspricht, dem 2. Juni 2016
- startpoint: Der Startpunkt der Gruppe, 3 entspricht "die Gruppe startet von Station 3"
- mode: Der Modus, 1 - Langmodus, 2 - Kurzmodus a, 3 - Kurzmodus b

Station: Diese Tabelle beschreibt eine Station des Lernzirkels im eigentlichen Sinne, also eines der "?"-Felder in Spielfeldansicht der Anwendung

<u>STID</u>	active	position	name
1	1	13	Fleischfressende Pflanzen I
2	1	14	Olivenbaum II

- STID: Station ID, Primärschlüssel
- active: boolean, gibt an ob die aktuelle Station gerade aktiviert ist
- position: Position innerhalb des Spielfelds, zwischen 1-16 (vgl. Abb. 1)
- name: Name der Station

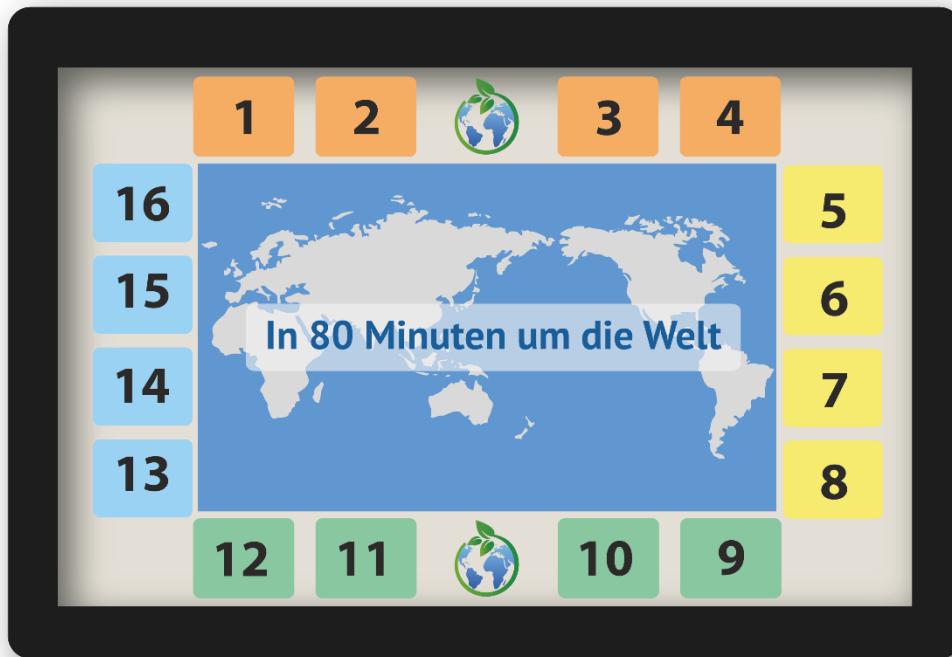


Abb. 1: Spielfeldansicht mit zugeordneten STID

Welcome: Die Tabelle Welcome verwaltet die Webseiten zur Orientierung (welcome_Stationsname.html) der einzelnen Stationen.

<u>WID</u>	source	FSTID
1	welcome/welcome_kalt.html	3
2	welcome/welcome_gem.html	1

- WID: Welcome ID, Primärschlüssel
- source: source-Pfad der Orientierungswebseite
- FSTID: Fremd-Station ID, Fremdschlüssel, stellt Verknüpfung zur zugehörigen Station her

Question: Die Question-Tabelle speichert die einzelnen Fragen ab.

<u>QID</u>	active	type	questiontext	innerpos	FSTID
1	1	1	Wählt aus, in welchen Klimazonen Frost vorkommt.	1	3
2	1	2	Ordnet die Wuchsformen nach aufsteigender Frostresistenz und gibt die Reihenfolge an.	2	3

- QID: Question ID, Primärschlüssel
- active: boolean, gibt an ob die Frage zurzeit aktiv ist
- type: Typ der Frage, 1 - Multiple Choice, 2 - Input Frage mit Texteingabe, 3 - Foto

- questiontext: Anzeigetext der Frage, auf 500 Zeichen begrenzt
- innerpos: Position einer Frage innerhalb einer Station
- FSTID: Fremd-Station ID, Fremdschlüssel, verknüpft die Frage mit ihrer dazugehörigen Station

Pictures: Die Tabelle Pictures speichert die Fotos der SuS ab

<u>PID</u>	picture	date	FGID
935	[BLOB - 414,1 KiB]	2018-08-30 14:07:08	11840
934	[BLOB - 414,1 KiB]	2018-08-30 14:02:38	11834

- PID: Picture ID, Primärschlüssel
- FGID: Guess ID, Fremdschlüssel
- picture: speichert das Bild
- date: Timestamp zum Zeitpunkt des Hochladens.

Material: Die Tabelle Material verknüpft bis zu 5 Materialien (in Form von HTML-Seiten) mit einer Frage

<u>MAID</u>	name	active	source	FQID
1	Frost Orte	1	mat/frost_material_a_i.html	1
2	Frost Typen	1	mat/frost_material_b_i.html	2

- MAID: Material ID, Primärschlüssel
- name: Bezeichnung des Arbeitsmaterials
- active: boolean, gibt an, ob das Material aktuell aktiv ist
- source: source-Pfad der Material-HTML-Seite
- FQID: Fremd-Question ID, Fremdschlüssel, gibt an zu welcher Frage ein Material gehört

Answer: Die Answer-Tabelle stellt eine Antwort auf eine Multiple-Choice-Frage (Question type=1) dar. Sie verwaltet alle Antwortoptionen zu einer Multiple-Choice-Frage.

<u>AID</u>	answertext	shown	valid	active	FQID	time
11	Gemäßigte Zone	1	1	1	4	2016-01-09 13:14:10

- AID: Answer ID, Primärschlüssel
- answertext: die vorgegebenen Antwortoptionen
- shown: boolean, der angibt, ob die Antworten angezeigt werden
- valid: gibt an, welche der Antwortoption richtig (valid=1) oder falsch (valid=0) ist
- FQID: Fremd-Question ID, Fremdschlüssel, Verknüpfung zur zugehörigen Frage
- time: bei Input: Zeitpunkt, wann die Antwort eingegeben wurde

answerPlayer: Die Tabelle answerPlayer speichert alle Textantworten, die die SuS bei offenen Fragen eingeben (Question type=2).

<u>APID</u>	answertext	FGID	time
11	Die Blätter färben sich dunkelrot.	5	2016-01-14 13:17:51

- APID: answerPlayer ID, Primärschlüssel
- answertext: Antworttexteingabe der SuS
- FGID: Fremd-Guess ID, Fremdschlüssel, gibt zugehörigen Guess an
- time: Zeit, wann die Antwort von den SuS abgegeben wurde

Guess: Ein Guess ist eine "Rate"-Instanz, also eine Antwort, die die SuS auswählen. Das einmalige Ansehen einer Frage ist ein Guess, egal ob eine Antwort abgegeben wurde oder nicht.

GID try FSEID FQID

1 1 12 3

- GID: Guess ID, Primärschlüssel
- try: Versuch, 1, falls in diesem "Ansehen"-Vorgang eine Antwort abgegeben wurde, 0 sonst.
- FSEID: Fremd-Session ID, Fremdschlüssel, Verknüpfung zur zugehörigen Session
- FQID: Fremd-Question ID, Fremdschlüssel, Verknüpfung zu einer zugehörigen Frage

Guesshasmaterial: Diese Tabelle setzt eine Verknüpfung zwischen Guess und Material und setzt Timestamps.

<u>GHMAID</u>	created_at	start	end	FMAID	FGID
1	2016-08-26 00:24:56	2016-08-26 00:24:51	2016-08-26 00:24:56	27	569
2	2016-11-02 12:38:01	2016-11-02 12:37:35	2016-11-02 12:38:01	19	573

- GHMAID: Guesshasmaterial ID, Primärschlüssel
- FGID: Fremd-Guess ID, Fremdschlüssel
- FMAID: Fremd-Material ID, Fremdschlüssel
- created_at: Zeitpunkt, wann die Instanz erzeugt wurde
- start: Startzeitpunkt der Betrachtung
- end: Endzeitpunkt der Betrachtung

Guesshasanswer: Gibt eine Verknüpfung zwischen Guess und Answer an und setzt Timestamps.

<u>GHAID:</u>	chosen	time	FAID	FGID
1	1	2016-06-22 10:33:46	14	1
2	0	2016-06-22 10:33:46	15	1

- GHAID: Guesshasanswer ID, Primärschlüssel
- FGID: Fremd-Guess ID, Fremdschlüssel
- FAID: Fremd-Answer ID, Fremdschlüssel
- chosen: gibt an ob die Antwort ausgewählt wurde oder nicht (relevant bei MC Fragen)
- time: Zeitpunkt, wann die Antwort gegeben wurde

Anhang II: Inhalte des online-Fragebogens des Pre-Tests

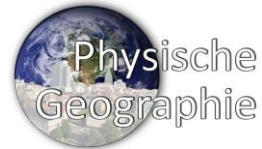
1. Medienverfügbarkeit: Welches der folgenden Medien besitzt du?						
	Ja			Nein		
Smartphone	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>		
Tablet	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>		
PC/Notebook	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>		
2. Belegung der Fächer Erdkunde und Biologie						
	Als Leistungskurs gewählt	Als Grundkurs gewählt	Abgewählt/nicht belegt			
2.1 Ich habe das Fach Erdkunde derzeit...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>			
2.2 Ich habe das Fach Biologie derzeit...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>			
3. Soziodemografische Merkmale						
Damit wir die Umfrage angemessen auswerten, benötigen wir noch ein paar persönliche Angaben. Wir möchten darauf hinweisen, dass die Ergebnisse anonymisiert ausgewertet und dargestellt werden. Rückschlüsse auf Ihre Person sind nicht möglich.						
3.1 Geschlecht	Männlich	<input type="radio"/>	Weiblich	<input type="radio"/>		
3.2 Geburtsjahr: Bitte das Jahr eintragen (z.B. 1995)						
4. Schulnoten						
Bitte geben Sie die letzten Zeugnisnoten an. Wenn Sie ein Fach in der Oberstufe nicht belegt haben, überspringen Sie diese Angabe.						
	1	2	3	4	5	6
4.1 Letzte Zeugnisnote Biologie:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4.2 Letzte Zeugnisnote Erdkunde/Gemeinschaftskunde:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Anhang III: Inhalte des online-Fragebogens des Post-Tests

2. Der Lernzirkel "In 80 Minuten um die Welt"...								
2.1 Im Vergleich zum Erdkunde- bzw. Biologieunterricht in der Schule empfand ich die geistige Anstrengung beim Lösen der Stationen im Lernzirkel als...								
Sehr viel leichter	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Sehr viel schwerer
2.2 Ich gehörte zu der Lerngruppe mit der Tablet-Nummer:								
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	
3. Fragen zu deiner Motivation und Emotionen am heutigen Tag								
3.1 Ich würde die Aktivitäten im Lernzirkel heute als sehr interessant beschreiben.								
Stimme voll und ganz zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Stimme überhaupt nicht zu
3.2 Ich fand die Aktivitäten langweilig.								
Stimme voll und ganz zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Stimme überhaupt nicht zu
3.3 Im gesamten Lernzirkel habe ich so wenig verstanden, dass es mich genervt hat.								
Stimme voll und ganz zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Stimme überhaupt nicht zu
3.4 Ich finde die Stationen heute waren sehr unterhaltsam.								
Stimme voll und ganz zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Stimme überhaupt nicht zu
3.5 Ich denke, dieser Lernzirkel ist nützlich, um Zusammenspiel zwischen Klima und Pflanzen besser zu verstehen.								
Stimme voll und ganz zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Stimme überhaupt nicht zu
3.6 Trotz der Aktivitäten heute war ich nicht aufmerksam.								
Stimme voll und ganz zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Stimme überhaupt nicht zu

3.7 Ich denke, an dem Lernzirkel mitzumachen ist wichtig, weil er die Notwendigkeit von Anpassungsstrategien an das Klima deutlich macht.								
Stimme voll und ganz zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Stimme überhaupt nicht zu
3.8 Ich denke, der Lernzirkel konnte mir helfen, die Auswirkungen des Klimawandels auf die Vegetation besser zu bewerten.								
Stimme voll und ganz zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Stimme überhaupt nicht zu
3.9 Ich wusste nicht, was ich mit den Arbeitsaufträgen anfangen sollte.								
Stimme voll und ganz zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Stimme überhaupt nicht zu
3.10 Ich wusste an den Stationen nicht, was Sache ist.								
Stimme voll und ganz zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Stimme überhaupt nicht zu
3.11 Der Lernzirkel heute hat mir sehr viel Spaß gemacht.								
Stimme voll und ganz zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Stimme überhaupt nicht zu
3.12 Ich denke, dieser Lernzirkel ist nicht nützlich, um das Interesse an Pflanzen zu wecken.								
Stimme voll und ganz zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Stimme überhaupt nicht zu

Anhang IV: Informationen für Schulleitung, Erziehungsberechtigte und Schülerinnen und Schüler



**Lehrereinheit Physische Geographie
und Fachdidaktik**

Technische Universität Kaiserslautern | Postfach 3049 | 67653 Kaiserslautern

Leitung:

Univ.-Prof. Dr. Sascha Henninger

An

Schulleitung

Schule

Straße Hausnr.

PLZ Ort

Ihre Ansprechpartnerin:

Dipl.-Geogr. Tanja Kaiser

Fachbereich Raum- und Umweltplanung

Pfaffenbergstraße 95

Information zum Forschungsvorhaben

**„In 80 Minuten um die Welt“- mit digitalen Medien und Schülerversuchen
den Botanischen Garten erkunden**

Sehr geehrte/r Ansprechpartner/in,

wir freuen uns sehr, dass *Name Lehrperson* mit Schülerinnen und Schülern Ihrer Schule an unserem Projekt „In 80 Minuten um die Welt“ teilnehmen möchte. Hier einige Informationen zur Begleitstudie und zum Projekt.

In unserem Botanischen Garten haben wir einen Lernzirkel zu Anpassungsstrategien von Pflanzen an geoklimatische Faktoren eingerichtet, den Ihre Schülerinnen und Schüler im Lerntandem eigenständig erarbeiten. Sie erhalten dazu von uns einen Tablet-PC auf dem die für das Projekt programmierte App installiert ist, die die Lernenden durch den Lernzirkel führt.

Das Projekt verbindet die Fächer Geographie und Biologie und ist zunächst für Schülerinnen und Schüler der MSS gedacht (Grund- und Leistungskurse). Die Teilnahme ist kostenfrei.

Informationen zur projektbegleitenden Forschung erhalten Sie umseitig. Eine Genehmigung seitens der ADD ist im Anhang beigefügt, ebenso ein Informationsschreiben für die Teilnehmenden. Ich freue mich, wenn Sie unser Vorhaben unterstützen und die Forschung genehmigen und verbleibe mit den besten Grüßen von der TU Kaiserslautern,

Unterschrift

Informationen zur Begleitstudie zum Forschungsprojekt „In 80 Minuten um die Welt“- mit digitalen Medien und Schülerversuchen den Botanischen Garten erkunden (für Schulleitung)

Auch wir forschen – und zwar mit Ihren Schülerinnen und Schülern!

Wir – das sind Tanja Kaiser und Sascha Henninger (Fachdidaktik Geographie) und Christoph Thyssen (Fachdidaktik Biologie) – möchten unseren Lernzirkel weiterentwickeln und brauchen dazu das Feedback der Lernenden. Weiterhin interessiert uns, wie Menschen mit mobilen Endgeräten (Tablet-PCs) eigenständig etwas erforschen bzw. lernen können. Die Erkenntnisse daraus werden dann in die Ausbildung von Lehrkräften einfließen.

Das möchten wir konkret:

1. Wie verständlich unsere Forschungsaufträge sind, werden uns die Schülerantworten zeigen, die diese nach dem Lösen der Forschungsaufträge in den Tablet-PC eingeben.
2. Wir möchten gerne wissen, wie die Einstellungen und Erfahrungen Ihrer Schülerinnen und Schüler zur Nutzung von Tablets zum Lernen sowie Ihre Fachinteressen gelagert sind. Dazu möchten wir diese bitten, an unserer online-Befragung vor und nach dem Lernzirkel teilzunehmen. Diese dauert jeweils ca. 10 Minuten.
3. Auch der Umgang mit dem Tablet-PC und den Lernmaterialien interessiert uns. Daher möchten wir die Lerntandems gerne in Aktion filmen. Dazu sind an ausgewählten Stationen Videokameras aufgebaut (Videoaufzeichnung).

Sollten Sie noch mehr über unsere Forschung wissen möchten, scheuen Sie sich nicht, uns zu schreiben (Email an: tanja.kaiser@ru.uni-kl.de).

Vielleicht möchten Sie auch ein Blick auf diese Webseiten werfen:

<http://uedu.uni-kl.de/arbeitsfelder/arbeitsfeld-01/in-80-minuten-um-die-welt/>

oder auf die übergeordnete Gesamtprojektseite

„Unified Education: Medienbildung entlang der Lehrerbildungskette“ unter <http://uedu.uni-kl.de/>

bzw. zur Qualitätsoffensive Lehrerbildung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung BMBF unter <https://www.qualitaetsoffensive-lehrerbildung.de/de/projekte.php?C=2&D=45>



Unterschrift Projektleiter

Unterschrift Ansprechpartnerin.



Das Projekt „In 80 Minuten um die Welt“ ist Teil des Gesamtprojektes „U.Edu: Unified Education: Medienbildung entlang der Lehrerbildungskette“ der TU Kaiserslautern und wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.

Genehmigung der Schulleitung zur Teilnahme am Forschungsprojekt „In 80 Minuten um die Welt“- mit digitalen Medien und Schülerversuchen den Botanischen Garten erkunden

Durchführende Institution: Technische Universität Kaiserslautern, Lehr- und Forschungseinheit Physische Geographie und Fachdidaktik

Projektleitung: Univ. Prof. Dr. rer. nat. Sascha Henninger

Die Schulleitung der

(Name der Schule)

in _____

(Anschrift der Schule)

Vertreten durch

(Name der Schulleiterin bzw. des Schulleiters)

Genehmigt den Klassen/Kursen

am genannten Forschungsprojekt teilzunehmen.

Informationen zum Forschungsvorhaben, zum Datenschutz sowie Informationsanschriften für Schülerinnen und Schüler bzw. für Eltern liegen der Schulleitung vor.

Ort, Datum: _____

Unterschrift der Schulleitung:

Bitte lassen Sie uns diese Genehmigung per Email an tanja.kaiser@ru.uni-kl.de oder bringen Sie sie bei Ihrem Besuch mit.

Lehrereinheit Physische Geographie und Fachdidaktik

Dipl.-Geogr. Tanja Kaiser

Pfaffenbergstraße 95

67663 Kaiserslautern

Informationen zum Projekt „In 80 Minuten um die Welt“- mit digitalen Medien und Schülerversuchen den Botanischen Garten erkunden (Informationen für Schülerinnen und Schüler bzw. Erziehungsberechtigte)

Information und Einwilligungserklärung zum Forschungsvorhaben

**„In 80 Minuten um die Welt“- mit digitalen Medien und Schülerversuchen
den Botanischen Garten erkunden**

Sehr geehrte Schülerinnen, sehr geehrte Schüler, sehr geehrte Erziehungsberechtigte,

wir freuen uns auf Ihren Besuch bei uns im Botanischen Garten an der Technischen Universität Kaiserslautern und möchten Sie nun kurz darüber informieren, was Sie dort erwartet:

Weshalb wachsen in der polaren Klimazone keine Bäume? Warum schmecken Kartoffeln süß, wenn Sie Frost ausgesetzt waren? Jede Pflanzenart hat im Laufe der Evolution Eigenschaften oder Funktionen entwickelt, die es ihnen ermöglicht, den an ihrem Standort vorherrschenden Umweltbedingungen optimal zu begegnen. Um diesen Anpassungsstrategien auf den Grund zu gehen, haben wir für Sie einen Lernzirkel in den Gewächshäusern des Botanischen Gartens aufgebaut. Die Veranstaltung ist also indoor, jedoch sind die Gewächshäuser unterschiedlich temperiert – daher ist eine Bekleidung nach dem „Zwiebelprinzip“ ratsam. Vor allem im Warmhaus wird es wegen der hohen Luftfeuchte recht warm, in den Kalthäusern dagegen auch mal nur 15°C.

Sie erhalten in Zweiergruppen einen Tablet-PC, der Sie durch die Stationen leitet und Sie beim Erforschen unterstützt.

Informationen zur Begleitstudie zum Forschungsprojekt „In 80 Minuten um die Welt“- mit digitalen Medien und Schülerversuchen den Botanischen Garten erkunden (für Schülerinnen und Schüler bzw. Erziehungsberechtigte)

Informationen zu unserem Forschungsprojekt „In 80 Minuten um die Welt“- mit digitalen Medien und Schülerversuchen den Botanischen Garten erkunden

Auch wir forschen – und zwar mit Ihnen!

Wir – das sind Tanja Kaiser und Sascha Henninger (Fachdidaktik Geographie) und Christoph Thyssen (Fachdidaktik Biologie) – möchten unseren Lernzirkel weiterentwickeln und brauchen dazu Ihr Feedback. Weiterhin interessiert uns, wie Menschen mit mobilen Endgeräten (Tablet-PCs) eigenständig etwas erforschen bzw. lernen können. Die Erkenntnisse daraus werden dann in die Ausbildung von Lehrkräften einfließen.

Das möchten wir konkret:

1. Wie verständlich unsere Forschungsaufträge für Sie sind, werden uns Ihre Antworten zeigen, die Sie nach dem Lösen der Forschungsaufträge in den Tablet-PC eingeben. Wir erheben Ihre Schülerantworten als Daten.
2. Wir möchten gerne wissen, wie Ihre Einstellungen und Erfahrungen zur Nutzung von Tablets zum Lernen sowie Ihre Fachinteressen gelagert sind. Dazu bitten wir Sie, an unserer online-Befragung vor und nach dem Lernzirkel teilzunehmen. Diese dauert jeweils in etwa 10 Minuten.
3. Auch Ihr Umgang mit dem Tablet-PC und den Lernmaterialien interessiert uns. Daher möchten wir Sie gerne in Aktion filmen. Dazu sind an ausgewählten Stationen Videokameras aufgebaut (Videoaufzeichnung).

Sollten Sie noch mehr über unsere Forschung wissen möchten, scheuen Sie sich nicht, uns zu schreiben (Email an: tanja.kaiser@ru.uni-kl.de).

Vielleicht möchten Sie auch ein Blick auf diese Webseiten werfen:
<http://uedu.uni-kl.de/arbeitsfelder/arbeitsfeld-01/in-80-minuten-um-die-welt/>

oder auf die übergeordnete Gesamtprojektseite „Unified Education: Medienbildung entlang der Lehrerbildungskette“ unter <http://uedu.uni-kl.de/> bzw. zur Qualitätsoffensive Lehrerbildung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung BMBF unter <https://www.qualitaetsoffensive-lehrerbildung.de/de/projekte.php?C=2&D=45>



Unterschrift Projektleiter

Unterschrift Ansprechpartnerin.



Das Projekt „In 80 Minuten um die Welt“ ist Teil des Gesamtprojektes „U.Edu: Unified Education: Medienbildung entlang der Lehrerbildungskette“ der TU Kaiserslautern und wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.

Informationen für die Schulleitung zur Kenntnis, für Schülerinnen und Schüler bzw. Erziehungsberechtigte

Informationen zum Datenschutz

Sehr geehrte Schülerinnen, sehr geehrte Schüler, sehr geehrte Erziehungsberechtigte,

wie unsere kurze Darstellung unseres Forschungsvorhabens zeigt, sammeln wir einige Daten zu Ihnen bzw. Ihrem Kind. Wir arbeiten nach den Vorschriften des Bundesdatenschutzgesetzes (BDSG) und allen anderen datenschutzrechtlichen Bestimmungen. Mit der wissenschaftlichen Studie werden keine gewerblichen Interessen verfolgt und die Teilnehmer/innen gehen keinerlei Verpflichtungen ein. Die Daten werden nur für den angegebenen Zweck verwendet, und zwar folgendermaßen:

1. Schülerantworten: Lösungen der Forschungsaufgaben, die zusammen mit dem Lernpartner in den Tablet-PC eingegeben werden. Diese Daten sind bezogen auf das jeweilige Tandem und können nicht auf einzelne Personen zurückverfolgt werden. Zudem erhält jedes Tandem einen Zugangscode. Personenbezogene Daten (z.B. Namen, Adresse, Schule) werden nicht erhoben. Auch eine Weitergabe der Schülerantworten an die Lehrkraft wird nicht erfolgen. Diese Daten werden im Zuge der Bearbeitung des Lernzirkels in der App gespeichert. Sollten Sie nicht mit der Speicherung dieser Daten einverstanden sein, können Sie an dem Lernzirkel nicht aktiv teilnehmen, jedoch ggf. eine andere Gruppe begleiten.
2. Die Online-Befragungen vor und nach dem Lernzirkel beziehen sich überwiegend auf Einstellungen und Erfahrungen zu neuen Medien. Diese Fragebogenerhebungen werden anonym erfolgen. Dazu erstellen die Teilnehmenden sich selbst einen Code, den sie für beide Befragungen nutzen. An personenbezogenen Daten wird das Alter, das Geschlecht sowie die letzte Zeugnisnote in Biologie und Erdkunde abgefragt. Alle Angaben sind freiwillig und werden vertraulich behandelt. Es hat für die Teilnehmenden keine Nachteile, wenn sie an der Befragung nicht teilnehmen oder wenn sie einige Fragen nicht beantworten.
3. Die Videoaufnahmen an den ausgewählten Stationen werden anonymisiert weiterverarbeitet. Das bedeutet, dass die Filme in die Schriftform übertragen werden (Transkription), in der nur von „Person 1“ oder „Person 2“ die Rede sein wird. Als Tool hierzu wird das Programm MaxQDA verwendet. Das Video wird in einzelne Bilder zerlegt, die dann unter bestimmten Gesichtspunkten beschrieben und kodiert werden. In den Veröffentlichungen zu unseren Forschungsarbeiten können dann nur die Codes bzw. Textelemente dargestellt werden. Sollte für einige Aussagen Bildmaterial zum besseren Verständnis nötig sein, wird die Person unkenntlich gemacht. Es hat für die Teilnehmenden keine Nachteile, wenn sie der Videoaufzeichnung nicht zustimmen. Die Aufzeichnungen werden dann unmittelbar nach der Aufzeichnung gelöscht.

Um die Nachvollziehbarkeit der Studie zu gewährleisten, werden die Daten auf unserem Server gespeichert und vor unbefugten Zugriffen geschützt. Die erhobenen Daten werden am Projektende gelöscht.

Die Ergebnisse unserer Forschungsarbeiten werden ausschließlich in anonymisierter Form dargestellt. Das bedeutet: Aus den Ergebnissen kann niemand erkennen, von welcher Person die Angaben gemacht worden sind.

Für die Einhaltung der Datenschutzbestimmungen ist Tanja Kaiser verantwortlich.

Unterschrift Projektleiter

Unterschrift Ansprechpartnerin

A 51

Einwilligungserklärung zur Teilnahme am Forschungsprojekt „In 80 Minuten um die Welt“- mit digitalen Medien und Schülerversuchen den Botanischen Garten erkunden

Durchführende Institution: Technische Universität Kaiserslautern, Lehr- und Forschungseinheit Physische Geographie und Fachdidaktik

Projektleitung: Univ. Prof. Dr. rer. nat. Sascha Henninger

Ich erkläre mich dazu bereit, am genannten Forschungsprojekt teilzunehmen. Ich wurde über das Ziel des Forschungsprojekts informiert.

Ich kann die Datenerhebung jederzeit abbrechen, die Datenerhebung auch in Teilen ablehnen und meine Einwilligung in eine Aufzeichnung und Niederschrift des Datenmaterials zurückziehen, ohne dass mir dadurch irgendwelche Nachteile entstehen.

Ich bin damit einverstanden, dass meine Aktivitäten an ausgewählten Stationen mit einer Videokamera aufgezeichnet und sodann von den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Studienprojekts in Schriftform gebracht werden. Für die weitere wissenschaftliche Auswertung der Text- und Bilddaten werden alle Angaben zu meiner Person aus dem Text entfernt und/oder das Bildmaterial anonymisiert. Mir wird außerdem versichert, dass die Daten in wissenschaftlichen Veröffentlichungen nur in Ausschnitten zitiert werden, um sicherzustellen, dass ich auch durch die Reihenfolge in der Datenerhebungsphase nicht für Dritte erkennbar werde.

Ich bin damit einverstanden, dass die Schülerantworten im Rahmen des Forschungsprojektes verwendet werden

ja nein

Ich bin damit einverstanden, dass meine in den Online-Befragungen erhobenen Daten im Rahmen des Forschungsprojektes verwendet werden

ja nein

Ich bin damit einverstanden, dass das die Videodaten an ausgewählten Stationen im Rahmen des Forschungsprojektes verwendet werden

ja nein

Ort, Datum: _____

Vor- und Nachname in Druckschrift: _____

Unterschrift des/r Schülers/in: _____

Unterschrift eines Erziehungsberechtigten
(bei Minderjährigen): _____

Anhang V: Liste der Schulen, die im Zeitraum von Januar 2017 bis Juni 2018 am Projekt „In 80 Minuten um die Welt“ teilgenommen haben

Schule	Kurse	Anzahl der SuS
Helmholtz-Gymnasium Bleicherstr. 3 66482 Zweibrücken	3 Kurse EK LK MSS 12 2 Kurse EK LK MSS 11	88
Hohenstaufen-Gymnasium Möllendorfstr. 29 67655 Kaiserslautern	2 Kurse EK LK MSS 11	32
Humboldt Gymnasium Augustinerstraße 1 54290 Trier	2 Kurse EK GK MSS 11	26
IGS Bertha-von-Suttner Im Stadtwald 67663 Kaiserslautern	4 Kurse Bio LK MSS 12 1 Kurs Bio GK MSS 12	76
IGS Deidesheim-Wachenheim Bgm.-Oberhettinger-Str. 1 67146 Deidesheim	1 Kurs EK LK MSS 11	11
IGS Ernst Bloch Hermann-Hesse-Str. 11 67071 Ludwigshafen	1 Kurs Bio LK MSS 12 1 Kurs Bio GK MSS 12	34
IGS Mutterstadt Stuhlbruderhofstr. 12 67112 Mutterstadt	1 Kurs Bio & EK LK MSS 12	25
Immanuel-Kant-Gymnasium Wörthstr. 30 66953 Pirmasens	1 Kurs Bio LK MSS 11	22
Leibnitz Pirmasens Luisenstr. 2 66953 Pirmasens	1 Kurs Bio LK MSS 12	12
Reichswald-Gymnasium Zum Kirchbühl 14 66877 Ramstein-Miesenbach	2 Kurse EK LK MSS 11	48
Sickingen Gymnasium Philipp-Fauth-Str. 3 66849 Landstuhl	1 Kurs EK LK MSS 11	23
Wilhelm-Erb-Gymnasium Gymnasiumstr. 15 67722 Winnweiler	1 Kurs Bio LK MSS 12	17

IGS = Integrierte Gesamtschule

MSS = Mainzer Studienstufe (3-jährige gymnasiale Oberstufe in Rheinland-Pfalz)

EK = Erdkunde | Bio = Biologie | LK = Leistungskurs | GK = Grundkurs

Codebuch

23.10.2018

Codesystem

Code (eingerückt... = Subcode)	Kategorienbildung	Anleitung
Sonstiges	induktiv	markiert, Memos
Kamera	deduktiv	markiert
Phase nicht beschreibbar	induktiv	markiert
Arbeit mit Original/Tablet-PC	deduktiv	
Person 3 arbeitet mit Original/Versuchsgegenständen	deduktiv	markiert
Person 2 arbeitet mit Original/Versuchsgegenständen	deduktiv	markiert
Person 1 arbeitet mit Original/Versuchsgegenständen	deduktiv	markiert
Person 3 hat Tablet-PC	deduktiv	markiert
Person 2 hat Tablet-PC	deduktiv	markiert
Person 1 hat Tablet-PC	deduktiv	markiert
Informationen aus Text/Diagrammen/Karten/Videos entnehmen	deduktiv	
Partner lesen simultan	induktiv	markiert
Tablet-Halter liest leise	induktiv	markiert
Tablet-Halter als Regisseur	induktiv	markiert
Tablet-Halter liest laut vor	induktiv	markiert
Phasen an K1	deduktiv	
Phase QID 37 Frost Klimazonen	deduktiv	markiert
Phase QID 38 Sortieren	deduktiv	markiert
Phase QID 103 Sieger wählen	deduktiv	markiert
Phase QID 39 Tabellenauswertung	deduktiv	markiert
Phase Aufräumen der Station	deduktiv	markiert
Abgleich Instruktion/Material - Original/Versuchsgegenstände	induktiv	markiert

Aufräumen ohne Instruktion	induktiv	markiert
Orientierung	deduktiv	
Wo finde ich das Arbeitsmaterial?	induktiv	markiert
Wie komme ich auf dem Tablet-PC weiter?	induktiv	markiert
Wo ist/Welches ist die Station?	deduktiv	markiert

Code (eingerückt... = Subcode)	Kategorienbildung	Anleitung
Dokumentation der Antworten/Untersuchungsergebnisse	deduktiv	
Fotodokumentation	deduktiv	markiert
Eingabe auf Diktat des Partners	induktiv	markiert
Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	induktiv	markiert
Antworteingabe erfolgt eigenmächtig	induktiv	markiert
Handynutzung	deduktiv	
zur Bearbeitung der Station	deduktiv	markiert
für private Zwecke	induktiv	markiert
User experience	deduktiv	
Freude	induktiv	markiert
Ermüdung	induktiv	markiert
Frustration/Überforderung	deduktiv	markiert
Begeisterung/positives Erstaunen	induktiv	codiert
Fehlinterpretation	induktiv	codiert
Fehlvorstellungen	induktiv	codiert
Fachsprache	induktiv	
Vermeiden Fachsprache	induktiv	codiert
Fachsprache falsch	induktiv	codiert
Fachsprache korrekt	induktiv	codiert

Usability Umgebung	deduktiv	
Belastung	deduktiv	
Belastung durch Kälte	deduktiv	markiert
Belastung durch Hitze	deduktiv	markiert
Belastung durch Stehen	induktiv	markiert
Ablenkung	deduktiv	
durch Lehrer	induktiv	markiert
durch Lärm	deduktiv	markiert
durch Material einer anderen Station	induktiv	markiert
durch Partner im Team	deduktiv	markiert
durch teamfremde Kameraden	induktiv	markiert

Code (eingerückt... = Subcode)	Kategorienbildung	Anleitung
Usability Hardware	deduktiv	
Tablet: Ladezeit	induktiv	markiert
Tablet: Kameraqualität	induktiv	markiert
Arbeitsmaterial real	induktiv	codiert
Tablet: Lichteinfall	deduktiv	markiert
Tablet: Sensitivitätsproblem	induktiv	markiert
Usability Software	deduktiv	
Belastung durch zu viele Arbeitsaufträge/Fragen an der Station	induktiv	codiert
Schwierigkeiten Handhabung Tablet	induktiv	codiert
Belastung durch viele Anhänge	induktiv	codiert
Verständnisschwierigkeiten Instruktion	induktiv	codiert
Verständnisschwierigkeiten User	induktiv	markiert

Kamera

Dieser Code kennzeichnet Situationen, in denen die Kamera im Fokus des Interesses seitens der SuS steht.

Anleitung:

wird **markiert**,

- wenn SuS Äußerungen zur Videoaufzeichnung machen
- wenn sie sich die Kamera anschauen
- wenn sie sich für die Kamera inszenieren/posieren und dabei den Arbeitsvorgang unterbrechen

Phase nicht beschreibbar

SuS sind nicht im Blickfeld der Kamera.

Anleitung:

Wird **markiert**, wenn die SuS bereits mit der Station begonnen haben, im Verlauf aber wieder aus dem Blickfeld der Kamera verschwinden und später wiederauftauchen.

Wird auch markiert, wenn nur anhand des Audiomaterials auf Aktivität geschlossen werden kann. D.h. man kann ggf. dadurch, dass jemand die Aufgabe laut vorliest zuordnen, in welcher Phase die Lernenden stecken. Diese Stelle erhält dann den Code für die Aktivität (z.B. Phasenzuordnung) **und** den Code für "nicht beschreibbar".

Arbeit mit Original/Tablet-PC

Dieser Code wird **markiert** und beschreibt zum einen die Rollenverteilung in Bezug auf Aktivität, d.h. wie die Aufgaben im Team organisiert werden. Es wird differenziert zwischen der Arbeit mit den Originalen/Versuchsgegenständen und der Arbeit mit dem Tablet-PC.

Anweisung:

Personen erhalten in der Reihenfolge des Erscheinens im Bildausschnitt die entsprechende Nummerierung. Sind alle gleichzeitig zu sehen, ist die Person, die zuerst zu sprechen beginnt, mit Person 1 bezeichnet.

Parallele Handlungen/Überlappungen sind möglich.

in Bezug auf Tablet-PC:

Einer Person wird der Tablet-Besitz auch zugeschrieben, wenn sie es ablegt und später wiederaufnimmt. Es wird nur eine definitive Weitergabe des Tablet-PCs als Rollenwechsel markiert.

in Bezug auf Arbeit mit Original/Versuchsgegenstände: bezieht sich auf Tätigkeiten mit den Händen am Original/Versuchsgegenstand. Wird markiert ab dem Zeitpunkt, ab dem Blickkontakt mit dem Bezugsobjekt beobachtbar ist und/oder eine Hand in Richtung Bezugsobjekt ausgestreckt wird. Die Phase endet mit der Unterbrechung des Blickkontaktes und/oder der Rückkehr in eine neutrale Körperhaltung (z.B. wenn der Partner oder der Tablet-PC angeschaut wird).

Wird **nicht** in der Phase "Aufräumen der Station" berücksichtigt bzw. markiert.

Person 3 arbeitet mit Original/Versuchsgegenständen

Person 2 arbeitet mit Original/Versuchsgegenständen

Person 1 arbeitet mit Original/Versuchsgegenständen

Person 3 hat Tablet-PC

Person 2 hat Tablet-PC

Person 1 hat Tablet-PC

Informationen aus Text/Diagrammen/Karten/Videos entnehmen

Code beschreibt das Vorgehen bei der Informationsentnahme aus der App; dabei wird insbesondere das Verhalten der Person, die den Tablet-PC hält beschrieben.

Phase wird **markiert**, Anleitung siehe Subcodes

Partner lesen simultan

Beide lesen/entnehmen Informationen gleichzeitig (laut oder leise)

Tablet-Halter liest leise

Anleitung:

wird **markiert**, wenn

- Person, die den Tablet-PC hält, die Informationen der App leise für sich liest (alleine).
- Wird nicht markiert, wenn mehrere Teampartner gleichzeitig leise lesen

Tablet-Halter als Regisseur

Anleitung:

wird **markiert**,

- wenn Person, die den Tablet-PC hält dem Partner/den Partnern die Informationen zusammenfassend wiedergibt. Dies bezieht sich nur auf die erste Weitergabe der Informationen, z.B. wenn sie zuvor leise oder laut gelesen hat und nun in eigenen Worten formuliert, was zu tun ist.
- wird nicht markiert, wenn die Person schon zuvor gegebene Anweisungen bzw. laut vorgetragene Anweisungen wiederholt

Tablet-Halter liest laut vor

Anleitung:

- wird **markiert**, wenn Person, die den Tablet-PC hält, seinen Partnern Informationen überwiegend wortwörtlich laut vorliest.
- wird nicht zusätzlich markiert, bei simultanem Lesen

Phasen an K1

Beschreibt das zeitliche Ausmaß der Aktivitäten der SuS an der Station in Bezug auf die intendierten Arbeitsphasen. Ziel ist, eine Übersicht zu gewinnen, wie lange die SuS für welche Aufgabe benötigt haben. Ähnlich den Szenen eines Theaterstückes wird die Station in Arbeitsszenen (Subcodes) eingeteilt, die den Arbeitsaufträgen der App entsprechen.

Diese Arbeitsphasen werden **markiert**, Anleitung siehe Subcodes.

Phase QID 37 Frost Klimazonen

Anleitung, Szene wird **markiert**:

Start der Szene

> im Falle, dass Tablet-Halter Instruktionen laut vorliest: Start mit dem Vorlesen der Aufgabe QID 37 (*"In dieser Zone sind niedrige Temperaturen eine Herausforderung für die Pflanzen. Vor allem Temperaturen unter 5°C und Frost sind limitierende Faktoren. Schaut euch die beiden Karten im Anhang an und wählt dann aus, in welchen Klimazonen Frost vorkommt!"*).

> im Falle, dass Tablet-Halter Instruktionen leise liest und anschließend Kurzanweisungen gibt oder die Partner

zeitgleich lesen: vom Start des leisen Lesens an, sobald Person den Blick auf den Tablet-PC richtet.

Szene endet:

wenn SuS Auflösung gelesen haben und zur nächsten Frage übergeleitet wurde "*Schaut euch die Theorie eines bedeutenden Botanikers an.*"

Phase QID 38 Sortieren

Anmerkung: Diese Frage QID 38 wurde mehrfach geändert, die Codiervorschrift bleibt die Gleiche. Je nachdem, in welchem Zeitraum die Videos entstanden sind, hat die Frage QID 38 einen anderen Wortlaut und die SuS müssen die Antwort unterschiedlich dokumentieren. Anhand des Videodatums kann der entsprechende Wortlaut ermittelt werden.

bis 24.10.2017: Antworteingabe per Buchstabenreihenfolge; Fachbegriffe auf Deutsch,

Wortlaut: *In den Anhängen (Büroklammern) findet ihr die Unterteilung der Lebens-/Wuchsformen nach dem Botaniker Raunkiaer. Schaut euch an, welche Wuchsform welche Temperaturen aushält. Sortiert die Lebensformen in den Töpfen an der Station nach ihrer Frostresistenz! Legt die Pfeile passend zwischen die Töpfe. Notiert am Ende die Reihenfolge der Buchstaben ohne Komma oder Leerzeichen, Bsp: abcde. Bei gleichen Werten setzt ein "="dazwischen.*

24.10.2017 - 04.05.2018: Antworteingabe über Foto, Pflanzen anfassen und auf Podeste stellen

Wortlaut: *Raunkiaer hat die Pflanzen nach der Lage ihrer Erneuerungsknospen in Wuchsformen eingeteilt. Diese unterscheiden sich in ihrer Fähigkeit, Kälte zu ertragen. In den Anhängen findet ihr die Beschreibung der einzelnen Formen, auf dem Tisch jeweils ein Beispiel. Sortiert die Wuchsformen in den Töpfen an der Station nach ihrer Frostresistenz! Stellt sie dazu auf die passenden Holzpodeste. Macht anschließend ein Foto eures Rankings!*

Ab 04.05.2018: Instruktionen per Video; Aufgabe unterteilt 2 Schritte: erst Zuordnen der Schilder, im Anschluss erst sortieren

Wortlaut: *Einige Pflanzen können Kälte besser ertragen als andere. Auf dem Tisch findet ihr Vertreter verschiedener Überwinterungsstrategien.*

1. *Ordnet ihnen anhand des Videos im ersten Anhang die entsprechende Wuchsformbezeichnung zu, indem ihr die passenden Schilder einsteckt.*

2. *Sortiert die Pflanzen anschließend mithilfe des zweiten Anhangs nach ihrer Frostresistenz. Stellt sie dazu auf die passenden Holzpodeste. Macht anschließend ein Foto eures Rankings!*

Hilfestellung: Richtige Reihenfolge: Phanerophyten (-40 bis -196°C), Therophyten (-20 bis -196°C), Chamaephyten (-20 bis -40°C), Hemikryptophyten (-10 bis -20°C), Geophyten (-10 bis -15°C).

Anleitung:

Start der Szene wird **markiert**:

> im Falle, dass Tablet-Halter Instruktionen laut vorliest: Start mit dem Vorlesen der Aufgabe QID 38 (*Wortlaut entsprechend der Überarbeitungsphasen; anhand des Videodatums ist der entsprechende Wortlaut zu ermitteln*)

> im Falle, dass Tablet-Halter Instruktionen leise liest und anschließend Kurzanweisungen gibt oder die Partner zeitgleich lesen: vom Start des leisen oder simultanen Lesens an.

Szene endet:

mit Abschluss der Fotodokumentation bzw. Texteingabe der Buchstabenreihenfolge in der Phase bis 24.10.2017

Phase QID 103 Sieger wählen

Anmerkung: Diese Multiple-Choice-Sicherungsfrage ist seit dem 24.10.2017 bis dato eingebaut, ist also bei Videos vor diesem Datum irrelevant

Anleitung:

Start der Szene wird **markiert:**

> im Falle, dass Tablet-Halter Instruktionen laut vorliest: Start mit dem Vorlesen der Aufgabe QID 103 (*"Wählt abschließend die beiden besten Wuchsformen in Bezug auf ihre Frostresistenz aus".*)

> im Falle, dass Tablet-Halter Instruktionen leise liest und anschließend Kurzanweisungen gibt oder die Partner zeitgleich lesen: vom Start des leisen Lesens an

Szene endet:

mit dem Abschluss der MC-Eingabe (falls beobachtbar) bzw. endet vor Beginn des (Vor-) Lesens der Information: *"Wir ihr eben erarbeitet habt..."*

Phase QID 39 Tabellenauswertung

Anmerkung: Diese Frage QID 39 wurde leicht geändert, indem die Tabelle abgeändert wurde und Fachbegriffe statt der deutschen Bezeichnungen genutzt wurden. Die Codiervorschrift bleibt die Gleiche. Je nachdem, in welchen Zeitraum die Videos entstanden sind, hat die Frage QID 39 einen anderen Wortlaut. Anhand des Videodatums kann der entsprechende Wortlaut ermittelt werden.

bis 24.10.2017: „Vorkommen in Gebieten mit einer mittleren Jahrestemperatur unter -40°C , Polareis und Permafrost“, Lebensformen, deutsche Begriffe

Wortlaut: *"Wie ihr eben erarbeitet habt, besitzen Luftpflanzen (Bäume) und einjährige Samenpflanzen die höchsten Frostresistenzen und sind damit an Gebiete mit Permafrost am besten angepasst. Soweit die Theorie. Schaut euch nun die Tabelle im Anhang an. Sie zeigt euch die Häufigkeitsverteilung der Lebensformen in der kalten Zone! Was fällt euch auf? Notiert dazu Stichpunkte!"*

4.10.2017 - 04.05.2018: Arbeitsmaterial: „Vorkommen in Gebieten mit einer mittleren Jahrestemperatur unter -40°C , Polareis und Permafrost“, Lebensformen, deutsche Begriffe (obwohl Frage auf Fachbegriffe umgestellt wurde)

Wortlaut: *Wie ihr eben erarbeitet habt, besitzen Phanerophyten und Therophyten bzw. Annuelle die höchsten Frostresistenzen und sind damit an Gebiete mit Permafrost am besten angepasst. Soweit die Theorie. Schaut euch nun die Tabelle im Anhang an. Sie zeigt euch die Häufigkeitsverteilung der Wuchsformen in der kalten Zone! Was fällt euch auf? Notiert dazu Stichpunkte!*

Ab 04.05.2018: Arbeitsmaterial: „Vorkommen in Permafrostgebieten“, Wuchsformen (statt Lebensformen), Fachbegriffe

Wortlaut: *Wie ihr eben erarbeitet habt, besitzen **Phanerophyten** und **Therophyten** die höchsten Frostresistenzen und sind damit an Gebiete mit Permafrost am besten angepasst. Soweit die Theorie. Schaut euch nun die Tabelle im Anhang an. Sie zeigt euch die Häufigkeitsverteilung der Wuchsformen in der kalten Zone! Was fällt euch auf? Notiert dazu Stichpunkte!*

Anleitung:

Start der Szene wird **markiert:**

> im Falle, dass Tablet-Halter Instruktionen laut vorliest: Start mit dem Vorlesen der Aufgabe QID 39 (*Wortlaut entsprechend der Überarbeitungsphasen; anhand des Videodatums ist der entsprechende Wortlaut zu ermitteln*)

> im Falle, dass Tablet-Halter Instruktionen leise liest und anschließend Kurzanweisungen gibt oder die Partner zeitgleich lesen: vom Start des leisen Lesens an

Szene endet:

mit Abschluss der Texteingabe (falls beobachtbar) bzw. endet vor Beginn des (Vor-)Lesens der Information:
"Diesem Widerspruch werdet ihr an der nachfolgenden Station auf den Grund gehen..."

Phase Aufräumen der Station

Anmerkung:

Betrifft nur Aufräumen im geplanten Phasenablauf, d.h. wenn es in der App instruiert wurde.

Diese Aufforderung zum Aufräumen **QID 39 K1_1 outro.html** wurde mehrfach geändert, die Codiervorschrift bleibt die Gleiche. Je nachdem, in welchen Zeitraum die Videos entstanden sind, hat die Information einen anderen Wortlaut. Anhand des Videodatums kann der entsprechende Wortlaut ermittelt werden.

bis 24.10.2017:

Wortlaut: *"Bitte bringt die Reihenfolge der Pflanzen in den Töpfen für die nachfolgende Gruppe wieder durcheinander. Die Station sollte wieder so aussehen, wie ihr sie vorgefunden hattet."*

24.10.2017 - 04.05.2018:

Wortlaut: *"Diesem Widerspruch werdet ihr an der nachfolgenden Station auf den Grund gehen. Bitte bringt vorher die Reihenfolge der Pflanzen in den Töpfen für die nachfolgende Gruppe wieder durcheinander. Die Station sollte wieder so aussehen, wie ihr sie vorgefunden hattet."*

Ab 04.05.2018:

Wortlaut: *"Obwohl Phanerophyten und Therophyten theoretisch am besten an Frost angepasst sind, kommen sie in Permafrostgebieten kaum vor. Diesem Widerspruch werdet ihr an der nachfolgenden Station K2 direkt nebenan auf den Grund gehen. Bitte bringt vorher die Reihenfolge der Pflanzen in den Töpfen für die nachfolgende Gruppe wieder durcheinander. Entfernt bitte auch die Steckschilder. Die Station sollte wieder so aussehen, wie ihr sie vorgefunden hattet."*

Anleitung:

Start der Szene wird **markiert**:

> im Falle, dass Tablet-Halter Instruktionen laut vorliest: Start mit dem Vorlesen der Information (*Wortlaut entsprechend der Überarbeitungsphasen; anhand des Videodatums ist der entsprechende Wortlaut zu ermitteln*)

> im Falle, dass Tablet-Halter Instruktionen leise liest und anschließend Kurzanweisungen gibt oder die Partner zeitgleich lesen: vom Start des leisen Lesens an

Szene endet mit Abschließen des Aufräumens.

Anmerkung: Eine Differenzierung, welche Person mit den Originalen arbeitet, wird in dieser Phase nicht markiert.

Anleitung:

wird **markiert**, wenn:

- SuS Versuchsgegenstände oder Originale mit Informationen der App in Zusammenhang bringen, indem sie z.B. während des Lesens unterbrechen und den Gegenstand suchen/darauf zeigen bzw. der Partner während des Vorlesens die erwähnten Gegenstände anschaut/darauf zeigt.

- bezieht sich nur auf die Arbeitsphase (Obercode), nicht auf die Phase der Orientierung o.ä.

- wird nicht markiert, wenn sie Originale oder Versuchsgegenstände zur Orientierung nutzen, d.h. zur Verifizierung, ob sie an der richtigen Station sind.

Aufräumen ohne Instruktion

markiert Phasen, in denen SuS aufräumen, ohne dass dazu eine Aufforderung kam, eigenständiges Aufräumen

Orientierung

Code beschreibt Phasen der Orientierung. Diese werden **markiert**.

Dies kann beim Ankommen der Station sein, wenn SuS zunächst verifizieren, ob sie an der richtigen Station sind oder auch in den einzelnen Arbeitsphasen, wenn beispielsweise Arbeitsmaterial in der App oder im Realraum nicht gefunden werden.

Wo finde ich das Arbeitsmaterial?

Wie komme ich auf dem Tablet-PC weiter?

Wo ist/Welches ist die Station?

Dokumentation der Antworten/Untersuchungsergebnisse

Beschreibt das zeitliche Ausmaß Antworteingabe und differenziert nach deren Modalitäten in Bezug auf Absprachen im Team.

Es können demnach 2 Subcodes vergeben werden, z.B. für Phase der "Texteingabe" und die Modalität "eigenmächtig"

Phasen werden **markiert**, Anleitung siehe Subcodes.

Fotodokumentation

Anleitung:

Markiert Phasen der Fotoerstellung als Antwortoptionen vom Beginn des Aufrufes des Kameramenüs bis zum Bestätigen, d.h. eventuelle Unterhaltungsphasen werden mitmarkiert.

Eingabe auf Diktat des Partners

Anleitung:

- **Markiert** Phasen der Betätigung von Multiple-Choice-Auswahloptionen bzw. Texteingabe als Antwortoptionen vom Beginn der Eingabe bis zum Bestätigen des "weiter"-Buttons, d.h. eventuelle Unterhaltungsphasen werden mitmarkiert.
- wird nur markiert, wenn der/die Partner diktieren, ohne dass eine Einigung auf die Lösung erfolgte

Antworteingabe nach/mit Konsensbildung

Anleitung:

- **Markiert** Phasen der Betätigung von Multiple-Choice-Auswahloptionen bzw. Texteingabe als Antwortoptionen vom Beginn der Eingabe bis zum Bestätigen des "weiter"-Buttons, d.h. eventuelle Unterhaltungsphasen werden mitmarkiert.

- wird nur markiert, wenn die Formulierung der Antwort im Konsens vor Betätigen des "weiter-Buttons" entstand
 - z. B. wenn im Vorfeld in der Gruppe diskutiert wurde
 - oder wenn die Schreibenden ihre Partner nach Änderungswünschen fragen, bevor sie die Eingabe bestätigen.

Antworteingabe erfolgt eigenmächtig

Anleitung:

- **Markiert** Phasen der Betätigung von Multiple-Choice-Auswahloptionen bzw. Texteingabe als Antwortoptionen vom Beginn der Eingabe bis zum Bestätigen des "weiter"-Buttons, d.h. eventuelle Unterhaltungsphasen werden mitmarkiert.
- wird nur markiert, wenn die Formulierung der Antwort eigenmächtig ohne Konsens vor Betätigen des "weiter-Buttons" entstand
 - z. B. wenn die Partner sich nicht einbringen
 - oder nicht nach Zustimmung gefragt werden

Handynutzung

Markiert Phasen, in denen mind. eine Person ihr Handy/Smartphone nutzt.

zur Bearbeitung der Station

wird **markiert**, wenn SuS ihr Smartphone nutzen, um die Arbeitsaufträge zu bearbeiten, z.B. etwas recherchieren, etwas berechnen oder die Zeit stoppen.

für private Zwecke

wird **markiert**, wenn SuS ihr Smartphone privat nutzen (z.B. Chat, Uhrzeit, Mensaplan)

User experience

Beschreibt Verhalten oder Äußerungen der SuS in Bezug auf ihre Lernemotionen (Frustration, Lernfreude (inhaltsbezogen), Spaß an der gebotenen Aktivität)

Anleitung siehe Subcodes.

Freude

markiert Stellen, an denen sich SuS über positives Feedback freuen (z.B. nach MC-Lösung).

Ermüdung

wird **markiert** bei verbalen Äußerungen zur Langeweile und Ermüdung, bei Ermüdung auch Gähnen

Frustration/Überforderung

wird **markiert**, wenn Frustration verbal geäußert wird und/oder Gestik/Mimik diese Interpretation nahelegen

Begeisterung/positives Erstaunen

wird **codiert**, wenn das Verhalten der SuS Begeisterung oder positives Erstaunen ausdrückt (Gestik, Mimik) oder auch verbalisiert wird.

- Phasen werden **codiert** und **szenisch** beschrieben, d.h. zum Verständnis der Textpassage ggf. vorher Vorgefallenes kurz beschrieben, um den Kontext deutlich zu machen.

- Wortäußerungen bzw. Dialoge sind verbal zu transkribieren

Ankerbeispiel: Phase 4_24012018_Tablet 3, #00:02:37.2#-#00:02:44.6#

S2: „Kältetoleranz -20 bis -196 °C. Wie krass ist denn das?! (...) das ist ein Scherz.“ (beim Vorlesen der niedrigsten Temperatur wird seine Stimme laut und spiegelt Unglaube wider). S2 hält den Tablet-PC nun in die Mitte damit alle diese erstaunliche Zahl sehen können.

Fehlinterpretation

wird **codiert**, wenn SuS aus dem gegebenen Arbeitsmaterial (in der App oder an der Station) die falschen Schlüsse ziehen.

Ankerbeispiel: 24012018_Tablet2, #00:00:52.1#

Bei der Kartenauswertung, alle drei schauen sich die Karten an.

S3: " Also, Polarzone (.)"

S2: "In der subpolaren Zone."

S3: "Seid ihr damit einverstanden?"

S1: "Ja (.) Lieber alle außer in der tropischen Zone."

S2: "Ja, außer in den Tropen und Subtropen."

Fehlvorstellungen

wird **codiert**, wenn SuS falsches Vorwissen mitbringen.

Ankerbeispiel: 23102018_Tablet 3, #00:04:49.8#

SuS versuchen, bei den Originalen das Gras zu identifizieren.

S2: "Obwohl, Gräser //" (schaut sich Originale an und nimmt den Topf mit der Zwiebelpflanze zu sich).

Fachsprache

wird als Verbaltranskript **codiert** und ggf. Kontext (Lesen oder handlungsbegleitendes freies Sprechen/Arbeitsphase kurz notiert)

Vermeiden Fachsprache

SuS verwenden Fachbegriffe nicht, sondern Platzhalter wie "das/die", "das/die da", "das Ding". Auch abgekürzte Versionen wie "Phanero-Dingsbums" werden hinzugezählt. --> "ich möchte den Begriff nicht verwenden". Wird in Erhebungsphase 1 auch codiert, wenn Pflanzen nur mit Buchstaben adressiert wurden. Ankerbeispiel: Phase 1_26012017_Tablet 3, #00:02:44.3#

Beim Abgleich der Informationen zu den Kältetoleranzen von Tablet zu Originalen:

S3: "Das ist D. (...) Dann stellen wir die einfach dahin. D."

Fachsprache falsch

SuS verwenden Fachbegriffe, jedoch werden diese falsch ausgesprochen oder auf falsche Objekte bezogen.

Fachsprache korrekt

SuS verwenden die eingeführten Fachbegriffe korrekt.

Usability Umgebung

Beschreibt den Einfluss der Umgebung.

Markiert werden Belastung (SuS äußern Belastungen verbal oder durch Gestik/Mimik/Proxemik) sowie Ablenkungen durch andere Personen (Lehrperson, eigene Partner mit nicht stationsrelevanten Themen, teamfremde Mitschüler/innen, oder Material anderer Stationen).

Belastung

wird **markiert**, wenn mind. eine Person sich verbal zu Belastung äußert oder durch Körpersprache (z.B. Haltungsänderung, weil Arbeitshaltung unangenehm) zum Ausdruck bringt.

Belastung durch Kälte

Belastung durch Hitze

Belastung durch Stehen

Ablenkung

wird **markiert**, wenn eine Ablenkung durch andere Personen, Störquellen (z.B. Lärm) oder Material anderer Stationen die Arbeitsphase mind. einer Person unterbricht.

durch Lehrer

durch Lärm

Lärmquelle im Video als Memo einfügen z.B. durch Öffnen/Schließen der Dachluken, Fluglärm, Pflegemaßnahmen mit technischen Geräten im Außenbereich (Miniraupe, Rasenmäher)

durch Material einer anderen Station

durch Partner im Team

durch teamfremde Kameraden

Usability Hardware

beschreibt Äußerungen und Interaktionen, die Schwierigkeiten mit dem Tablet als Tool aufzeigen, Anleitung siehe Subcodes.

Tablet: Ladezeit

wird **markiert**, wenn ersichtlich wird, dass es sich um Ladeprobleme am Tablet handelt.

Ankerbeispiel: Phase1_25012017_Tablet 6; #00:07:19#-#00:07:21#

Nach Antworteingabe erscheint ein Hinweis auf dem Tablet, SuS liest vor: "Die Seite kann nicht angezeigt werden... Ahh, jetzt geht es."

Tablet: Kameraqualität

wird **markiert**, wenn SuS die Qualität der Kamera bzw. erstellten Fotos bemängeln.

Ankerbeispiel: 24012018_Tablet 2, #00:05:42.5#

Das Trio steht in Position, um mit dem Tablet-PC das geforderte Foto ihres Rankings zu machen. S3 hält das Tablet einer entsprechenden Position.

S3: "Das macht nicht schärfer als das."

S1 (bedauernd): "Oh."

S3: "Das ist eine richtige Kack-Kamera."

S2: "Ja."

Das Auslösegeräusch der Kamera ist zu hören.

S3: "Kuck, geht nicht besser." (stöhnt genervt)

Arbeitsmaterial real

wird **codiert**, wenn Fehler durch ungeeignetes Arbeitsmaterial oder falsch zur Station zugeordnetes Material zu Fehlinterpretationen oder falscher Performanz führen

Ankerbeispiel: An K1 wurde anstatt 1xGras und 1xPreiselbeere zweimal die Preiselbeere angeboten (Aufbaufehler)

Tablet: Lichteinfall

markiert Stellen, in denen der Tablet-PC gekippt oder verschattet wird, um besser lesen zu können. Kennzeichnet auch Stellen, an denen SuS sich zur Lesbarkeit/Spiegelung äußern.

Tablet: Sensitivitätsproblem

Markiert Stellen, an denen die Tablet-Oberfläche mehrfach angetippt wird, ohne dass eine neue Information erscheint.

Usability Software

Beschreibt die Eignung der Web-App/Instruktionsdesign/didaktischer Aufbau

Belastung durch zu viele Arbeitsaufträge/Fragen an der Station

wird **codiert**, wenn SuS sich durch zu viele Fragen/Arbeitsaufträge an der Station belastet fühlen und dieses in Wort und/oder Gestik/Mimik äußern.

Schwierigkeiten Handhabung Tablet

wird **codiert**, wenn SuS sich zu Unsicherheit im Hinblick auf die Handhabung des Tablet-PC äußern, z.B. nicht verstehen, wie sie ein Foto machen, wo der Ton eingestellt wird.

Belastung durch viele Anhänge

wird **codiert**, wenn SuS sich durch zu viele Anhänge an der Station belastet fühlen und dieses in Wort und/oder Gestik/Mimik äußern.

Ankerbeispiel: Phase 1_02022017_Tablet 1:

#00:02:41.9#

S2: "Oh (bedauernd), guck mal wie viele Anhänge!"

S1: "Wow!"

Verständnisschwierigkeiten Instruktion

wird **codiert** aufgrund Mängel des Instruktionsdesigns:

z.B., wenn nach dem Lesen der Aufgabenstellung unklar ist, was zu tun ist

Nachfragen/Rückversicherungen werden nicht markiert

Verständnisschwierigkeiten User

markiert Stellen, an denen Schwierigkeiten aufgrund von Anwenderfehlern (z.B. nicht korrekt gelesen, nicht alle wesentlichen Informationen weitergegeben) auftauchen.

Wird auch markiert, wenn deutlich wird, dass andere Teammitgliedern die Anweisung durchaus verstanden haben und dem Partner dann erklären, was zu tun ist

Sequenz startet beim Aufwerfen eines Problems eines Teammitglieds und endet mit dem Lösen des Problems durch die Erklärung eines anderen Teammitglieds.

Anhang VII: Angepasste Transkriptionsregeln (nach DRESING, T., PEHL, T., 2015)

Einfaches Transkriptionssystem

1. Es wird wörtlich transkribiert, also nicht lautsprachlich oder zusammenfassend. Vorhandene Dialekte werden möglichst wortgenau ins Hochdeutsche übersetzt. Wenn keine eindeutige Übersetzung möglich ist, wird der Dialekt beibehalten, zum Beispiel: Ich gehe heuer auf das Oktoberfest.
2. Wortverschleifungen werden nicht transkribiert, sondern an das Schriftdeutsch angenähert. Beispielsweise „Er hatte noch so'n Buch genannt“ wird zu „Er hatte noch so ein Buch genannt“ und „hamma“ wird zu „haben wir“. Die Satzform wird beibehalten, auch wenn sie syntaktische Fehler beinhaltet, beispielsweise: „bin ich nach Kaufhaus gegangen“.
3. Wort- und Satzabbrüche sowie Stottern werden geglättet bzw. ausgelassen, Wortdoppelungen nur erfasst, wenn sie als Stilmittel zur Betonung genutzt werden: „Das ist mir sehr, sehr wichtig.“. „Ganze“ Halbsätze, denen nur die Vollendung fehlt, werden jedoch erfasst und mit dem Abbruchzeichen / gekennzeichnet.
4. Interpunktion wird zu Gunsten der Lesbarkeit geglättet, das heißt bei kurzem Senken der Stimme oder uneindeutiger Betonung wird eher ein Punkt als ein Komma gesetzt. Dabei sollen Sinneinheiten beibehalten werden.
5. Pausen werden je nach Länge durch Auslassungspunkte in Klammern markiert. Hierbei steht (.) für circa ein bis zwei Sekunden, (...) für mehr als drei Sekunden, die Dauer wird nicht angegeben.
6. Verständnissignale des gerade nicht Sprechenden (z.B. zustimmende Lautäußerungen des Zuhörenden) wie „mhm, aha, ja, genau, ähm“ etc. werden nicht transkribiert. AUSNAHME: Eine Antwort im Dialog besteht NUR aus „mhm“ ohne jegliche weitere Ausführung. Dies wird als „mhm (bejahend)“, oder „mhm (verneinend)“ erfasst, je nach Interpretation.
8. Jeder Sprecherbeitrag erhält eigene Zeilen. Auch kurze Einwürfe werden in einer separaten Zeile transkribiert. Am Anfang eines Absatzes werden Zeitmarken eingefügt.
9. Emotionale nonverbale Äußerungen der Personen, die die Aussage unterstützen oder verdeutlichen (etwa wie lachen oder seufzen), werden beim Einsatz in Klammern notiert.
10. Unverständliche Wörter werden mit (unv.) gekennzeichnet. Längere unverständliche Passagen sollen möglichst mit der Ursache versehen werden (unv., Handystörgeräusch) oder (unv., Mikrofon rauscht). Vermutet man einen Wortlaut, ist sich aber nicht sicher, wird das Wort bzw. der Satzteil mit einem Fragezeichen in Klammern gesetzt. Zum Beispiel: (Xylomethanolin?). Generell werden alle unverständlichen Stellen mit einer Zeitmarke versehen, wenn innerhalb von einer Minute keine Zeitmarke gesetzt ist.
11. Die Person, die das Tablet hält, wird durch „S1:“ alle weiteren Lerngruppenmitglieder mit „S2“, „S3“, etc. gekennzeichnet.
12. Wort- und Satzabbrüche werden mit / markiert: „Ich habe mir Sor/ Gedanken gemacht“. Wortdoppelungen werden immer notiert.

13. Sprecherüberlappungen werden mit // gekennzeichnet. Bei Beginn des Einwurfes folgt ein //. Der Text, der gleichzeitig gesprochen wird, liegt dann innerhalb dieser // und der Einwurf der anderen Person steht in einer separaten Zeile und ist ebenfalls mit // gekennzeichnet.

14. Zeichen und Abkürzungen werden ausgeschrieben, zum Beispiel Prozent, Meter und so weiter.

15. Zahlen null bis zwölf im Fließtext mit Namen, größere in Ziffern.

Übersicht über die verwendeten Transkriptionszeichen:

(.)	kurze Pause, ca. 1- 2Sek
(...)	längere Pause
Mhm (bejahend)	Einsilbige Lautäußerung der Zustimmung (Satzanfang)
Mhm (verneinend)	einsilbige Lautäußerung der Ablehnung
//	Überlappung mehrerer Sprecher (Anfang und Ende)
/	Abbruch des Satzes oder Wortes
(lacht)	Charakterisierung von nonverbalen Äußerungen, die die Aussagen unterstützen. Steht vor der entsprechenden Stelle.
<i>(liest Anweisungen)</i>	Charakterisierung von ablaufenden Handlungen und nichtsprachlichen Vorgängen. Steht nach der entsprechenden Stelle.
<i>„In welchen ...“</i>	Sprecher liest Informationen/Anweisungen laut vor.
BETONUNG	Großschreibung betonter Worte
(unv.)	unverständlich
(unv, Fluglärm)	längere unverständlich Passagen mit Begrünung
(Palme?)	vermuteter Wortlaut

Anhang VIII: Exemplarische Volltranskripte mit Phasenmarkierungen

Phase 2_10112017_Tablet 1

Phase 2_10112017_Tablet 1

	1	#00:00:00.0#
	2	Die Gruppe erscheint an der Station.
	3	S2 (fragend): „K3?“
	4	S1 betrachtet den Tablet-PC. Er wendet den Blick ab und sucht.
..Wie komme ich auf dem Ta	5	S1: „Ah, Station eins.“
..Wo ist/Welches ist die Stati	6	Sie haben die korrekte Station noch nicht gefunden.
	7	S1: „Warte mal ich weiß nicht wie ich hier weiterkomme.“
	8	S2: (Unverständlich)
	9	S2: „Da muss man nichts ausfüllen. Wenn ich wüsste, was man da machen muss.“
	10	#00:00:27.0#
	11	S1: (liest Anweisung laut vor) „Ah, in dieser Station sind kalte Temperaturen eine Herausforderung für die Pflanzen. Vor allem Temperaturen unter 5° und Frost sind limitierende Faktoren. Schaut euch die beiden Karten im Anhang an und wählt aus in welchen Klimazonen Frost vorkommt.“
	12	#00:00:41.0#
..Wo finde ich das Arbeitsma	13	S1: „Die beiden Karten im Anhang?“ (Fragend, umher suchend) „Ich finde keine Karten im Anhang.“ (Sein Blick wandert auf den Tischen suchend um her, er blickt nicht auf den Tablet-PC)
..Verständnisschwierigkeiten	14	S2: deutet mit den Fingern auf den Tablet-PC.
	15	S1: „Ach, da ist der Anhang.“
	16	#00:01:23.0#
	17	Er liest wieder die Anweisung vor „Schaut euch die Karten an in welchen Klimazonen kommt Frost vor?“
	18	S1: (überlegt vor sich hin murmelnd, betrachtet die Karten auf dem Tablet-PC): „nördlicher und südlicher Polarkreis? Unter 40°, weil unter 40° bist du eigentlich... Südlicher Wendekreis bis hinunter, Nördlicher Wendekreis...“
	19	S2: (stimmt zu): „Ja ja. Gemäßigte Zone meine ich auch.“
	20	S1: „Ah, da steht es auch noch.“ Er liest die Legendeneinträge vor: „Mittleres Jahresminimum unter -40 (...)“ Er schließt die Karte im Anhang und wählt Multiple Choice Antworten aus.
..Wo finde ich das Arbeitsma	21	S2: „Wähle alles aus außer die tropische.“ (Passage unverständlich)
Fehlinterpretation	22	S1: „So, (liest wieder Anweisungen vor) in welchen Klimazonen kommt Frost vor? (.) Tropen, Subtropen/
	23	S2: „Warte mal, warte mal, warte mal. Geh mal noch mal auf die Karte. Guck mal die tropische Zone. S1: „Subtropen sind gelb nicht wahr?“
	24	S2: „Ja die Subtropen nicht, die Tropen aber auch noch.“
	25	S1: (Einwand unverständlich)
	26	S2: „Ach so.“
	27	S1: „Also nur gemäßigte und kalte.“
	28	S2: „Okay.“
	29	#00:01:57.3#
	30	Während der Auswahl der MC-Optionen:
..Wie komme ich auf dem Ta	31	S1: „Wie komme ich da jetzt weiter?“
..Schwierigkeiten Handhabun	32	S2: „Klick mal hier“ (er zeigt auf der Tablet Oberfläche auf den Weiter-Button)
	33	S1: (betätigt den Weiter-Button) „Dankeschön.“ (unverständlich.)
	34	#00:02:03.9#
	35	S1 liest Anweisungen zunächst halb laut vor sich hin verstummt dann.
	36	S2 schaut ihm dabei über die Schulter und liest mit.

	37	S1: "Raunkiaer?" (Passage unverständlich) S1 liest weiterhin Anweisungen vor.
	38	#00:02:36.8#
	39	Die Gruppe wendet sich einer Experimentierstation zu. S1 liest weiterhin Anweisungen vor. Die Gruppe steht an Station K4.
	40	S1: „ <i>Raunkiaer hat die Pflanzen nach der Lage ihrer Erneuerungsknospen eingeteilt. Diese unterscheiden sich in ihrer Fähigkeit, Fröste zu ertragen. Schaut in den Anhängern (unverständlich) auf dem Tisch jeweils ein Beispiel.</i> “ Die beiden blicken sich suchend um.
..Wo ist/Welches ist die Station	41	S1 entdeckt schließlich auf einem anderen Tisch die gesuchten Pflanzen. S2: "Da! Das ist die!"
	42	Beide nähern sich nun der korrekten Station K1. S1 liest vor: " <i>Sortiert die Lebensformen an der Station nach ihrer Frostresistenz. Mach dann ein Foto eures Rankings. (Unverständlich) Anhänge.</i> "
..Frustration/Überforderung	43	#00:03:11.0#
	44	S1: "Fuck (..)woher soll ich das wissen? (...) Also, was, wie sollen wir die sortieren?"
	45	S2 zeigt auf die Pflanzen: "Was am meisten Frost verträgt (zeigt nach links) und am wenigsten (zeigt nach rechts)".
..Arbeitsmaterial real	46	S1 beugt sich über die Pflanzen und liest die Einsteckschilder mit den taxonomischen Bezeichnungen des botanischen Gartens. Diese enthalten jedoch nur die Artnamen, d.h. sie sind für die Station irrelevant.
..Verständnisschwierigkeiten In:	47	S2: "Ich glaube mal diese hier (nimmt den Topf mit den Samenpflanzen (Tagetes) in die Hand) vertragen was." (Unverständlich)
..Arbeitsmaterial real	48	S1 liest weiter auf dem Tablet-PC, S2 liest die Pflanzenschildchen.
	49	S2: "Woher sollen wir das wissen?" S1 greift nach dem Baum: "Ich glaube, der hält viel Frost aus."
	50	S2: "Ja, ja klar die stehen ja auch draußen."
	51	S1 kann den Topf mit einer Hand nicht hochheben und stellt ihn wieder ab, stöhnt: „Stell den mal bitte hier drauf (zeigt auf das Siegerpodest)"
	52	S2 stellt den Baum dort ab.
	53	#00:03:58.6#
	54	S1 schaut auf dem Tablet-PC: „So, warte mal jetzt schauen wir mal (...)"
	55	S2 fasst das Gras an: „Die vertragen keinen Frost.“
	56	S1 liest Anweisungen vor: „(unverständlich) <i>die Mutterpflanze stirbt ab. Das ist bei</i> “ (...).
	57	S2 nimmt die Samenpflanze in die Hand und zeigt sie seinem Partner: „Das ist die hier.“
	58	S1: „Ja dann mach die mal nach ganz rechts.“
	59	S2 stellt die Samenpflanzen auf das kleinste Podest.
	60	S1 liest wieder Anweisungen vor: „ <i>Die Überwinterung Organe liegen unmittelbar oberhalb der Erde Oberfläche. Die oberirdische Pflanze stirbt im Herbst ab. Die alten Blätter wirken isolierend. Kältetoleranz -10 bis -20.</i> "
	61	S2 nimmt das Gras und stellt es auf den zweitletzten Platz.
	62	S1 liest lautlos die Informationen zu der Samenpflanze: „Junge, der kann bis -196° (erstaunt)! (zeigt auf die Samenpflanze).“
	63	Beide lachen.
	64	S1 liest wieder Informationen leise: „-10 bis -15“
	65	S1 liest Anweisung lautlos: „-10 bis -15 (greift nach dem Geophyten): Also, der hält gar nichts aus.“ Er nimmt die Samenpflanze vom Verlierer-Podest herunter.

	66	S2: „Ja, mach den mal am besten dort hinten hin. (zeigt in Richtung Siegerpodest)“
	67	S1 sortiert den Geophyten auf das Verliererpodest.
..Frustration/Überforderung	68	#00:04:58.9#
	69	S1 schaut dann auf dem Tablett PC den nächsten Anhang an: „-20 bis -40. Dicker, wie soll ich mir das alles merken!“
	70	#00:05:01.7#
	71	S1: „Und der Baum -40 bis -196. Also, der kommt da hinauf (zeigt auf das Siegerpodest, wo der Baum schon positioniert ist)“.
	72	Er nimmt die Samenpflanze und positioniert sie auf Rang zwei. S2 steht während dessen interessiert daneben, wird aber nicht direkt eingebunden.
..Frustration/Überforderung	73	S1 löst die Aufgaben einhändig ohne seinen Partner einzubeziehen.
	74	#00:05:11.6#
	75	S1: „Das kann doch nicht sein, Alter.“
	76	#00:05:14.5#
	77	S1: „- 20 bis -40 ist das. Merk dir mal, -20 bis -40.“ Er deutet auf die Heidelbeere. S2 nickt zustimmend. Er wiederholt die Daten „-20 bis -40“.
	78	S1 schaut sich die Pflanzen an und vergleicht mit den Informationen auf dem Tablet-PC. „Der hat -10 bis -15, der hat -10 bis -20.“
	79	S2 hat beide Hände in den Hosentaschen vergraben und gähnt herzhaft. S1, der in der linken Hand den Tablet-PC hält, nimmt mit der freien rechten Hand die Schale mit der Heidelbeere. Er positioniert die Heidelbeere auf Platz drei. „So.“
	80	S2 rezitiert die Temperaturangaben, die er sich merken sollte: „-20 bis -40“ und zeigt dabei auf die Heidelbeere.
	81	S1 zeigt auf die Heidelbeere und bestätigt: „-20 bis -40“, dann zeigt er auf das Gras welches auf Position 4 steht, „-10 bis -20“, zuletzt zeigt er auf den Geophyten auf Platz 5: „- 10 bis -15“, er deutet auf die Samenpflanze auf Platz 2: „40-196, Fertig, 40 bis 196“.
..Begeisterung/positives Erstau	82	#00:05:49.4#
	83	S2: „-196! Was geht ab Alter!“
	84	S1 wendet sich von den Pflanzen ab und studiert die Anweisung auf dem Tablet-PC. Er bittet S2 den Laufzettel zu übernehmen. Er selbst schließt die Aufgabe mit einem Ranking-Foto ab. Auch hier wird sein Partner nicht einbezogen. Es zwei schaut sich derweil den Laufzettel an.
	85	Es zwei schaut seinem Partner beim Fotografieren interessiert über die Schulter. Nach Abschluss des Fotos lächelt er.
	86	S2: „Wir sind hier (unverständlich).“ [Geht davon aus, dass Station nun beendet ist.]
	87	#00:06:25.0#
..Frustration/Überforderung	88	S1 lässt nun die weiteren Anweisungen wieder laut vor: „Wählt abschließend die beiden besten Wuchsformen, in Bezug auf ihre Frostresistenz. Alter!“
	89	S2 macht wieder einen Schritt auf die Pflanzen zu: „Weißt du noch wie die Dinge heißen?“
	90	S2: „No.“
..Fachsprache korrekt	91	#00:06:29.6#
..Verständnisschwierigkeit	92	S2: „Ich glaub, das sind die komischen Chamaephyten, oder so.“
..Arbeitsmaterial real	93	S1 beugt sich über den Topf der Heidelbeere dieser enthält ein Einsteckschild des botanischen Garten: „Was steht denn da drauf?“
	94	S1 liest die Angabe stumm.

	95	S2: „ <i>Vaccinium ericaceae</i> “ (liest den lateinischen Namen vor)
..Verständnisschwierigkeiten	96	S1 dreht die Einsteckschilder auf der Suche nach den Fachbegriffen. (Unverständlich)
..Arbeitsmaterial real	97	#00:06:45.2#
	98	S1 wendet sich wieder dem Tablett PC zu: „ <i>die besten Formen in Bezug auf ihre Frostresistenz</i> “
..Frustration/Überforderung	99	Es zwei stöhnt und verdreht die Augen.
	100	S1 schaut sich die Anhänge auf dem Tablet-PC wieder an: „Ich nehm jetzt einfach die Hemo und die Geophyten, Alter, ja.“ Er wählt MC-Optionen willkürlich aus.
	101	#00:06:56.4# S1 liest Auflösung zusammenfassend vor: „Ah, Phanero und Thero, ja, gut. (...) <i>Schaut euch nun die Tabelle im Anhang an... Sie zeigt auch die Verteilung der Wuchsformen.... Was fällt euch auf?</i> “ S2 schaut mit auf den Tablet-PC.
..Vermeiden Fachsprache	102	S1 liest Einträge in der Tabelle vor: „ <i>Vorkommen bei Frost bis -40°</i> (unverständlich) Die am meisten... (Passage unverständlich)“
	103	#00:07:34.6# S1: „Obwohl die Therophyten sau kälteresistent sind sind sie am wenigsten!“
..Fachsprache korrekt	104	S2: „Hmh (zustimmend)“
	105	S1 und S2 lesen die Anweisungen auf dem Tablet-PC leise.
	106	S1 gibt Textantwort ein. (Passage unverständlich, SuS stehen mit dem Rücken zur Kamera)
	107	Beide lesen still Informationen auf dem Tablet-PC. Dabei ist S2 weniger involviert als S1. Er wartet zunehmend ab und liest schließlich nicht weiter mit.
	108	S1 (unverständlich) liest Informationen auf dem Tablet PC.
	109	S2 wendet sich ihm wieder näher zu und liest mit.
..Fachsprache falsch	110	#00:09:29.8#
	111	S1: „Wie heißen die nochmal? (...) Hemitrophyten.“
	112	#00:09:37.6#
..Fachsprache korrekt	113	S2: „Hemikro (,)“
	114	S1: „Hemikryprophyten.“
	115	#00:09:57.4#
	116	Bei Antworteingabe auf Tabellenauswertung:
	117	S1: „Noch irgendwas, was dir aufgefallen ist? (...)“
	118	S2 wendet sich wieder den Pflanzen zu, S1 folgt und dreht sich ebenfalls wieder um.
	119	S1 deutet auf die Geophyten: „Die hatten doch -10 bis -15, die ganze Kacke da (zeigt mit einer schwenkenden Handbewegung auf die Pflanzen auf den niederen Podesten).“
	120	S2: „10 bis 20, ja sowas.“
	121	S1 zeigt auf das Gras und dann auf die Geophyten: „Das sind die wo 22, die wo 15.“ Er sieht sein Partner fragend an: „Warum kommen die überhaupt vor, wenn es da ein Jahresminimum von unter 40°C hat.. Das macht eigentlich keinen Sinn. (...) Die dürften eigentlich gar nicht leben.“
Fehlinterpretation	122	S2: „Haben die nicht so eine komische Methode dass das irgendwie abstirbt und dann wieder /“
	123	S1: „Ja, schon, aber deren Kältetoleranz ist so niedrig, die müssten dort eigentlich ab sterben im Prinzip.“
	124	S1 fährt mit Texteingabe fort.

..Fachsprache korrekt

- 125 #00:10:39.2#
- 126 S1 immer noch bei Texteingabe: „Wie nennt sich das denn? (.) Wie heißen die nochmal?“ Er wendet sich den Siegerpflanzen zu. (...) „Cha (...) Ich muss schon wieder nachschauen, Alter, ich vergesse das immer.“ Er schaut wieder auf den Anhängen nach. „Merk dir mal Chamaephyten und Geophyten.“
- 127 S2 wiederholt: „Chamaephyten und Geophyten.“
- 128 S1 schließt die Anhänge und wendet sich wieder der eigentlichen Frage zu. Er macht Eingaben im Tablet-PC: „Chamae wars, (...) und Geo, nicht wahr?“
- 129 S2: „Ich glaube schon.“
- 130 S2: „Schau mal noch mal nach.“
- 131 S1 tippt weiter: „Nein.“
- 132 S1: „Guck dir das an, (unverständlich).“ Er poliert mit dem T-Shirt die Tablet-Oberfläche. „Jetzt habe ich da drauf gerotzt. Oder war es von dir Alter?“ Beide lachen.
- 133 S2: (unverständlich)
- 134 S1 macht weiter Texteingaben und murmelt vor sich hin. S2 schaut ihm dabei zu.
- 135 S1: „So (unverständlich)“. Er wendet der Station und der Kamera wieder den Rücken zu. S2 dreht sich demzufolge auch mit um. S1 liest die abschließenden Instruktionen zum Aufräumen halb laut vor sich hin. Er wendet sich wieder der Station zu und räumt die Pflanzen von den Podesten. S2 packt mit an.
- 136 S2: „Mach die mal ganz da vorne hin (reicht die Samenpflanze seinem Partner).“ Beide bringen die Reihenfolge wieder wie gewünscht durcheinander.

Phase 3_24012018_Tablet 3

..Phase QID 37 Frost Klimazi

..Tablet: Lichteinfall

..Phase QID 38 Sortieren

..Belastung durch viele An

- 1 #00:00:11.5#
- 2 Drei Jungen erscheinen an der Station K1. S1 (rechts) hält den Tablet-PC, S2 (Mitte) hält den Laufzettel, S3 (links) zieht sich gerade die Jacke an.
- 3 S1 liest leise die Anweisungen für sich und bestätigt: „Haben wir.“
- 4 S1 liest die Angaben laut vor: „*In dieser Zone sind niedrige Temperaturen...*“ Die beiden Partner hören zu. Die Lehrkraft kommt schweigend hinzu. Die Jungen lassen sich dadurch nicht stören, S1 liest weiter vor. Nach der Aufforderung zur Kartenauswertung rücken seine Partner dichter an ihn heran, um besser auf den Tablet-PC sehen zu können. Die Lehrperson schaut sich indes die Station K2 an, sie schaut die Jungen nicht an. Auch die Gruppe scheint nicht von der Lehrperson gestört zu sein. S1 öffnet den Anhang und alle drei schauen sich die Karte an.
- 5 #00:00:26.8#
- 6 S2: „Das ist schwierig, ganz schwierig.“ Auch die Lehrkraft, die circa 1 m entfernt steht, wirft einen Blick auf den Tablet-PC.
- 7 S1: „So. Wo kommt Frost vor?“
- 8 S3: „Polarkreis.“
- 9 S1: „Ja, hätte ich jetzt auch gesagt. Und bei uns ja auch.“
- 10 (Passage wegen Gelächter an Nachbarstation unverständlich)
- 11 S1: „O.k., das heißt kalte Zone und gemäßigte Zone.“ Seine Partner stimmen mit Kopfnicken zu. S1 wählt diese Multiple Choice Optionen aus. Die Lehrperson schaut schweigend zu, sie hält weiterhin Abstand. S1: „*Wie ihr den Karten entnommen habt...* (liest die Auflösung laut vor, seine Partner können auch den Tablet-PC einsehen) „*selbst in der tropischen Zone kann es recht kalt werden.*“
- 12 S3: „Uups!“ (lacht), auch S1 lacht verlegen, als er erkennt, dass ihre Auswahl nicht ganz korrekt war.
- 13 S1 liest weiter vor: „*Es geht hier aber um die kalte Zone und darum wie sich Pflanzen hier angepasst haben.Schaut euch hierzu die Theorie eines bedeutenden Botanikers an.*“
- 14 #00:01:11.0#
- 15 S1 hält den Tablet-PC nun weiter in die Mitte, S3 beugt sich etwas näher heran, S2 liest nun halblaut vor: „*Ich bin Christian ...*“ Beim ungewöhnlichen Nachnamen des Botanikers Raunkiaer stoppen alle und richten sich auf. S1 gibt den Tablet-PC an S2, der in der Mitte steht, weiter. Dieser hält den Tablet-PC nun in der Mitte der Gruppe mit fast ausgestreckten Armen, so dass alle drei auf den Tablet-PC schauen können.
- 16 #00:01:21.7#
- 17 S2: „Das spiegelt ein bisschen.“ Die Lehrkraft tritt nun hinter die Gruppe, um auch auf den Tablet-PC schauen zu können. Sie geht schließlich ab. S1: „O.k., wir müssen die Einteilung können. Die Wuchs- und Lebensformen.“ (wendet sich ab)
- 18 S2 (an S3): „Hast du es gelesen?“
- 19 S3: „Ja ja.“ Die Lehrperson steht nun auf der anderen Seite der Dreiergruppe und schaut sich die Schilder an der Station an.
- 20 S3: „So.“ Die Jungen betrachten nun die Aufgabe mit den fünf Anhängen. Lehrkraft geht weg.
- 21 #00:01:42.0#
- 22 S1: „Alter, wie viele Anhänge sind denn das!“
- 23 Alle lesen leise die Instruktionen auf dem Tablet-PC.
- 24 S2: „In die Töpfe?“
- 25 S1 murmelt stellenweise die Inhalte vor sich hin: „*Beschreibungen der*



einzelnen Formen auf dem Tisch.“

- 26 S2 senkt den Tablet-PC und schaut sich auf dem Tisch um, auch S3 wendet den Pflanzen schließlich sein Blick zu. S1 schaut dagegen noch auf den Tablet-PC, was ihm schwerer fällt, denn S2 hat den Tablet-PC abgesenkt. Als er dies bemerkt, hält er es für seinen Partner wieder auf Leseabstand und sagt: „Oh, Entschuldigung.“ S3 schaut sich die Einsteckschilder an. S1 liest halblaut murmelnd die Instruktionen auf dem Tablet-PC vor: „Foto eures Rankings.“ S2 tippt mit gerunzelter Stirn auf die Anhänge. Auch S3 schaut wieder auf den Tablet-PC.
- 27 S1 wiederholt die Instruktionen: „nach aufsteigender Frostresistenz.“
- 28 #00:02:25.0#
- 29 S3 wird namentlich von einer Person aus einer anderen Gruppe gerufen und auf die Kamera aufmerksam gemacht. Seine Partner lesen weiter auf dem Tablet-PC.
- 30 S3: „Du aber auch“ (an denjenigen gerichtet, der ihn auf die Kamera aufmerksam gemacht hat) „An deiner Raucherstimme“ (als Antwort an die Person aus der anderen Gruppe gerichtet)
- 31 #00:02:30.4#
- 32 Lesen in der App:
S2: „Thero, Anulle“.
- 33 #00:02:33.6#
- 34 S2 schaut vom Tablet-PC auf die Schilder und zeigt schließlich auf das entsprechende Schild. S3 schaut ebenfalls wieder zurück zu den Arbeitsmaterialien auf dem Tisch.
S2: „Das ist die Thero-Anulle.“
S1: „So, dann wollen wir mal.“ Er wechselt seine Position und geht hinter S2 vorbei, damit er auch an die Arbeitsmaterialien herankommt. [Die Reihenfolge ist nun von links nach rechts: S3, S1, S2 mit Tablet-PC]
- 35 #00:02:37.2#
- 36 S2: „Kältetoleranz -20 bis -196 °C. Wie krass ist denn das?! (...) das ist ein Scherz.“ (beim Vorlesen der niedrigsten Temperatur wird seine Stimme laut und spiegelt Unglaube wider). S2 hält den Tablet-PC nun in die Mitte damit alle diese erstaunliche Zahl sehen können. Beide Partner schauen auf den Tablet-PC, S3 hat schon ein Einsteckschild in der Hand.
- 37 S1: „Das können die aushalten, na, theoretisch“. Bei diesen Worten nimmt er seinen Partner das Schild aus der Hand.
- 38 S3: „Ach du Schande!“ (bezieht sich auf Kältetoleranz)
- 39 Dann wendet S1 sich wieder S2 mit dem Tablet-PC zu.
- 40 S2: „Ey, das ist aber die höchste Pflanze, das sage ich euch jetzt schon.“
- 41 S1: „Warte, was ist denn das für eine?“ Alle schauen wieder auf den Tablet-PC, um die Zeichnung und die Bezeichnung anzusehen.
- 42 S1: „Eine kleine Blume, es ist nicht das Gras.“
- 43 Er zeigt auf das Horstgras. Alle nähern sich den Pflanzen. S3 beugt sich hinunter und nimmt die Samenpflanze in die Hand.
- 44 S1 schaut auch auf die Samenpflanze: „Das sieht mir nicht so aus, als wäre die so kälteresistent, oder?“ Auch S2 schaut etwas ungläubig auf den Tablet-PC und anschließend auf die Samenpflanze.
- 45 S2 (bestimmt): „Aber sie ist kälteresistent.“
- 46 S1: „Die sieht eher nach so einer schönen Sommerblume aus.“
- 47 S3: „Aber, wenn nur der Samen überlebt, dann ist das hier oben (zeigt auf die krautigen Teile) ja irrelevant.“ S1 und S3 positionieren das Einsteckschild in der Samenpflanze.
- 48 S2, der währenddessen weiter leise liest: „Schau, das ist eine ganz

..Vermeiden Fachsprache

- niedrige, Gräser und Stauden“
- 49 S1 hat nun den Topf mit der Samenpflanze in der Hand und möchte von S2 die Sortierrichtung noch einmal wissen: „Dann nach der Resistenz?“//
- 50 S2 schaut zweifelnd auf die Samenpflanze: „Was ist das denn für eine Pflanze? Und was ist denn die?“ Er hält nachdenklich den Tablet-PC neben die Samenpflanze. S3 ist inzwischen hinter beide Partner getreten, um auch auf den Tablet-PC sehen zu können.
- 51 #00:03:25.3#
- 52 S2: „Ach nein, es geht um das.“ Er zeigt auf das Horstgras.
- 53 S1: „Warte mal, warte mal, ganz ruhig. Das hier ist das Krasseste.“ Er stellt die Samenpflanze auf das Siegerpodest.
- 54 S2 schaut auf den Tablet-PC, S3 schaut sich die weiteren Schilder an.
- 55 S1 schaut auch auf den Tablet-PC und liest laut vor: „-10 bis -20 °C“
- 56 S2: „Das ist ziemlich gering, nicht wahr. Also die Gräser würde ich schon mal ganz nach unten stellen.“
- 57 S1 hat das Einsteckschild dem Horstgras zugeordnet, überlässt den Topf jedoch S3, zeigt ihm aber mit der Handfläche an, wo dieser ihn hinstellen soll. Er sagt: „Ich würde das hier auf das Zweithöchste stellen, oder?“ Dabei klopft er auf das zweitniedrigste Podest. S3 folgt seinen Anweisungen.
- 58 S1 kommentiert: „Fertig!“
- 59 S2 liest inzwischen leise die weiteren Angaben.
- 60 S1 wendet sich wieder dem Tablet-PC zu, S3 schaut sich wieder die Schilder an.
- 61 S2: „Ah, die ist noch weniger!“
- 62 #00:03:50.2#
- 63 S1 liest auf dem Tablet-PC ab: „überwintern durch Knollen oder Zwiebeln. Ja, das ist die da.“ Er zeigt Richtung Zwiebelpflanze.
- 64 S3 nimmt den Topf mit der Zwiebelpflanze, während S1 das richtige Schild sucht. Er fragt noch mal nach: „Wie heißt das? Geophyten (liest Schild vor)?“
- 65 S2 liest vom Tablet-PC ab: „Geophyten.“
- 66 S2 steckt das Schild unter Kraftaufwand in den Topf der Zwiebelpflanze.
- 67 S3: „Mach es nicht kaputt.“
- 68 S1: „Ich versuche es, ja.“
- 69 S2, der sich währenddessen den Angaben auf dem Tablet gewidmet hat: „Hier ist schon die Nächste.“ (zeigt Tablet-PC seinen Partnern) „das ist die Form die ihr gerade gemacht habt“ (zeigt in Richtung der Pflanzen)
- 70 S1: „Ja“.
- 71 #00:04:06.7#
- 72 S1 liest halblaut den Text vor sich hin: „über dem Boden.“ Er schaut wieder auf die Pflanzen. Und dann wieder zurück auf den Tablet-PC.
- 73 S2 liest vor: „Chamaephyten“
- 74 S3 tritt nun hinter S2 und S1 um auch etwas auf dem Tablet-PC lesen zu können. Er sagt: „Noch mal, warte.“
- 75 S1 liest vom Tablet ab: „die Knospen liegen 10-50 cm über dem Boden. Ja das ist ja gut dann wohl die (betont) Pflanze.“ (Zeigt auf den Phanerophyten)
- 76 #00:04:24.2#
- 77 S2 schaut von Tablet-PC wieder auf die Pflanzen und zurück zeigt dann auf die Preiselbeere und sagt: „Das ist die.“
- 78 S1: „Die Knospen, ach so.“
- 79 S2 zeigt immer noch auf die Preiselbeeren und sagt: „Die Preiselbeeren.“

..Phase QID 38 Sortieren

..Fachsprache korrekt

..Fachsprache korrekt

..Arbeitsmaterial real	80 S3: „Ja.“
	81 S1: „Ach so. Warte, das steht hier auch.“ Er orientiert sich an dem Pflegeschild des Gartens und steckt sein Einsteckschild in die Preiselbeeren. S3 tritt wieder hinter den Jungen hervor und ist wieder bei den Pflanzen.
	82 S1 nimmt die Preiselbeeren und fragt: „Wohin muss die denn?“
	83 S2 hat auf dem Tablet-PC schon weitergelesen): „Jetzt muss der Baum kommen.“ S1 fragt erneut: „Wohin muss diese denn hierhin oder hierhin?“ (positioniert Preiselbeere auf Rang 3, zeigt mit der Hand während der Frage zunächst auf Rang 3, dann auf Rang 2, der ebenfalls noch leer ist.)
	84 S2 zeigt auf Rang 3 und bestätigt die richtige Position: „Hierhin.“
	85 S3 nimmt das verbleibende Schild.
	86 #00:04:33.2#
..Begeisterung/positives	87 S2: „Weil Baum hat (stockt überrascht) (...) 40 bis 196“
	88 S3 steckt Schild in den Topf mit dem Baum.
	89 S2: „Müssen wir noch mal gucken“ (zeigt auf Samenpflanze auf Rang 1).
..Vermeiden Fachsprach	90 S1 versetzt diese auf Rang 2.
	91 S2 setzt fort: „Ich glaube, die hat nämlich dasselbe gehabt.“
	92 S1: „Ja, geh noch mal gucken. War ja das allererste“
	93 S2: „20“
	94 S1: „Ja, die ist krasser, der Baum“ (zeigt auf den Baum).
..Phase QID 38 Sortieren	95 #00:04:47.9#
..Arbeitsmaterial real	96 S3 packt den Baum und positioniert ihn auf Rang 1.
	97 S1: „Packst du den?“
	98 S3: „Ja. Der hat ein leichtes Übergewicht auf der einen Seite, aber das schaffe ich schon.“
	99 #00:04:54.2#
..Arbeitsmaterial real	100 S1: „krass, o. k. ... oh, das ist ja so eine Sibirienpflanze eigentlich, so ein bisschen.“
	101 S3: „Ja (unverständlich)“. Er fasst den Baum am Stamm an.
	102 #00:05:09.5#
	103 S2: „Wer will möchte das Foto machen?“ Er hält den Tablet-PC auffordernd in die Mitte.
	104 S3 äfft nach: „Wer will möchte Foto machen.“
..Schwierigkeiten Handh	105 S1 übernimmt den Tablet-PC und positioniert sich damit, um das Ranking komplett auf das Bild zu bekommen.
..Fotodokumentation	106 S2: „Du musst näher dranbleiben.“
	107 S3: „Ja, du drückst immer nebendran. Auf den Kreis drauf.“
	108 Auslösegeräusch der Tablet-Kamera.
	109 S 1: „Uups.“
	110 #00:05:19.6#
..durch teamfremde Kar	111 S3: „Deswegen ...“ Er wird durch Zwischenruf einer Person aus einer anderen Gruppe abgelenkt („man darf hier keine Fotos machen.“) und entgegnet: „wir schon, wir haben die Erlaubnis bekommen.“
	112 #00:05:26.8#
	113 S3 geht wieder an den Pflanztisch heran und entfernt die Schilder aus den Töpfen. S1 und S2 lesen auf dem Tablet-PC.
	114 S1: „Die beiden besten Wuchsformen.“
..Phase QID 103 Sieger wä	115 #00:05:33.2#
..Fachsprache korrekt	116 S2 zeigt auf die Siegerpositionen des Rankings. Beide gehen wieder näher heran. S2: „Phanerophyt“
	117 S1 murmelt bei der Auswahl der MC-Antwort „Phanerophyt“
	118 S2: „Und die, was war das?“ richtet die Frage an S3, der die Schilder

		rausgenommen hat. Dieser reicht ihm ein Schild.
	119	#00:05:41.6#
..Fachsprache falsch	120	S2 liest vor: „Chameaphyt (.) nein, das ist die Anulle!“ Legt das falsche Schild ab. S3 lacht.
	121	#00:05:51.6#
..Fachsprache korrekt	122	S2 nimmt das richtige Schild und liest vor: „Therophyt. (...) Therophyt und Phanerophyt“
..Phase QID 103 Sieger wähl	123	Während S1 die Eingabe übernimmt und S2 ihm hilft und das Schild noch in der Hand hält, steckt S3 grinsend ein Schild in den Topf der Zwiebelpflanze, nimmt es jedoch gleich wieder heraus und legt es zu den anderen Schildern. Er wendet sich nun seinen Partnern zu.
	124	#00:05:56.8#
..Tablet: Sensitivitätsprobl	125	S1 wählt die MC-Optionen aus. Es scheint ein Problem zu geben. S1 sagt: „Der will nicht.“
	126	S3: „Er muss aber.“
	127	S2 steckt das Schild energisch in den Topf der Samenpflanze: „Tschack!“
	128	#00:06:01.5#
	129	S1 liest vor: „ <i>Wie ihr eben erarbeitet habt, besitzen... Soweit die Theorie.(...)</i> (Unverständlich) das sag ich nicht. Ähm, <i>schaut euch nun die Tabelle im Anhang an... Notiert dazu Stichpunkte. Die Tabelle.</i> “
	130	S3: „Stichpunkte, zeige mal her.“
	131	S1 liest wieder vor: „ <i>Vorkommen mit einer Jahres Minimumstemperatur von -40^o</i> “ S2 und S1 schauen konzentriert auf die Tabelle, S3 nicht.
	132	#00:06:37.5#
..Fachsprache falsch	133	S2: „60! Die Hemerophyten?“ Er geht wieder an die Pflanzen an und zeigt auf das Horstgras. „Gräser?“
	134	S1: „Ja, wenn da Gras wächst, wächst da ja nicht nur so ein (betont) Ding. Sondern dann ist alles voll.“
	135	S2 entgegnet: „Ja aber kuck mal: 60!“
	136	Nun schauen alle drei auf den Tablet-PC.
	137	#00:06:50.4#
..Fachsprache falsch	138	S1: „Phaneotypen (zeigt auf Baum) da überlebt nur einer. Weil der dann alle//“
..Phase QID 39 Tabellen	139	S2 unterbricht: „Das ist Vorkommen, nur einer kommt vor!“
Fehlinterpretation	140	S1: „Ja, in der (unverständlich) Zone, weil der so viele Nährstoffe braucht.“
	141	S2 stimmt zu: „Ja.“
	142	S1 fährt fort: „Es gibt ja kaum welche, wahrscheinlich. Die bisschen die da sind können sich ja nicht 20 Stück oder so angeln.“
	143	S2 zeigt auf Samenpflanzen auf Rang 2: „Und von denen 22?“
	144	S1 sieht auf dem Tablet-PC nach: „Ja, weil die viel kleiner sind. Und dann wahrscheinlich nicht so viel brauchen.“
	145	S2 zeigt nun auf Gräser: „Und die Gräser 60?“ (...) S2: „sind das die (zeigt immer noch auf Gräser)?“
	146	#00:07:23.9#
..Fachsprache falsch	147	S1: „Ja, die Hemi (.) Was wie heißen die?“
	148	S2 genervt: „Ja weiß ich nicht!“
	149	S1: „Weil er ein Trottel ist (S3 hatte die Schilder schon entfernt). Dieser grinst.“
	150	S1 steckt die Schilder wieder ein: „Das hier das waren die Gräser, das sieht man ja.“ Er steckt das Schild zum Horstgras.
	151	S2: „Sicher?“
	152	S1: „Ja. (.) Das hier war das hier.“ Er steckt ein Schild in die Zwiebelpflanze.

	153	S2: „Und das hier war das hier.“ Er steckt das letzte Schild zur Preiselbeere, Phanerophyt und Therophyt sind noch platziert.
	154	S3: „Du hast ein Blatt durchstoßen.“
	155	S1: „Passt schon.“
	156	#00:07:43.8#
	157	S1 setzt die Interpretation der Tabelle fort: „Ja, davon gibt es ganz viele, weil Gräser gibt es ganz viele wenn es welche gibt.“
	158	#00:07:49.8#
..Fachsprache falsch Fehlinterpretation	159	S2: „Und von denen ganz wenig (zeigt auf die Preiselbeere)? Nein, Theophyt gibt es ganz wenig. Warum gibt's da ganz wenig?“
	160	S1: „Ja ja, stimmt, das macht Sinn. Weil die eben so kalt, in ganz ganz kalten Gebieten sind. Deshalb sind es da wenig. Dann macht es wieder Sinn. Genau.“
	161	S2: „Gut.“
	162	S1: „Und die Zwiebeln nur 15, ja gut.“
	163	#00:08:04.9#
..Fachsprache falsch	164	S2: „Was fällt uns auf? Es fällt auf, dass die Hemiophyten (.) mikrophyten am meisten vorkommen.“
	165	S1 liest vor: „Was fällt auf?“
	166	S2 gibt den Laufzettel an S3 weiter und sagt: „Halte du mal den Zettel ich verliere ihn die ganze Zeit.“
	167	S3: (unverständlich)
	168	S1: „Je kälter das Gebiet, desto weniger Pflanzen, oder nicht?“
	169	S2: „Ja, das kommt halt darauf an, für jede Zone die eigene Pflanze.“
	170	S1: „Ja, aber es geht jetzt hier darum, warum die beiden (zeigt auf Siegerpflanzen) (...) Je kälter die Zone, desto weniger Pflanzen wachsen dort.“
..Phase QID 39 Tabellenausv	171	#00:08:31.2#
..Vermeiden Fachsprache	172	S2: „Desto mehr von denen! Also desto mehr von denen (Sieger) und desto weniger von denen (zeigt auf die unteren Rankings). Verstehst du was ich meine?“
	173	S1: „Nein.“
	174	#00:08:36.9#
Fehlinterpretation ..Vermeiden Fachsprach	175	S2: „Je kälter es wird umso mehr wachsen von denen (zeigt erneut auf Sieger) und umso weniger von denen (zeigt wieder auf untere Ränge).“
	176	S1: „Ja, aber es geht ja in dem Fall jetzt nicht nur darum.“
	177	#00:08:43.0#
..Vermeiden Fachsprache	178	S3: „Doch, weil die (Sieger) die Temperaturen aushalten, die die (unteren Ränge) nicht mehr aushalten.“
	179	S2: „Ja“.
	180	S3: „Dann sterben die automatisch ab.“
	181	S2: „Ja.“
	182	#00:08:50.9#
..Vermeiden Fachsprache	183	S1: „Ja. Ja aber diese hier (Zwiebelpflanze) wächst ja in den Gebieten wo dieser hier wächst (Baum) gar nicht erst.“
	184	S2 ungläubig: „Die (Bäume) wachsen nicht? Natürlich!“
	185	S3: „Die (Zwiebeln) wachsen nicht in den Gebieten wo die (Bäume) vorkommen.“
	186	S2: „Ja, sagen wir doch.“
	187	S1: „Deswegen... es ging ja auch gerade nur um die ganz Krassen hier (Bäume und Samenpflanzen).“
	188	S2: „Ja, das sind doch die ganz Krassen.“
	189	S1: „Ja, eben!“

	190	S3: (unverständlich)
	191	S1: „Genau, da geht es drum. Also, je je mehr resistent desto die Pflanze ist, also die resistenten die gibt’s aber nur ganz selten.“
	192	S2: „Die gibt’s aber nur in Permafrostgebieten.“
	193	S1: „Ja, klar.“ Er macht Eingabe.
	194	S3: „Du sollst nur Stichpunkte schreiben keine ganzen Sätze.“
	195	#00:09:24.5#
Fehlinterpretation	196	S2: „Und dort haben sie das wie bei uns Gras wahrscheinlich, nicht wahr?“
	197	#00:09:38.7#
..Fachsprache falsch	198	S1: „Was ist das denn? (...) resistenten, wie schreibt man resistenten?“
	199	#00:09:41.6#
..Fachsprache korrekt	200	S2: „resistentesten“
	201	S3: „Das ist Deutsch -LK, das kannst du nicht glauben.“
	202	S1 macht weiter Eingabe. S2 schau ihm zu und sagt: „Steht doch schon da, steht doch schon da, steht doch schon da.“
	203	S3 schaut ebenfalls auf den Tablet-PC: „Pflanzen groß, weil weil die Pflanzen.“ (betont den Artikel)
	204	S1: (unverständlich)
	205	S3: „Macht er für extra jetzt.“
	206	S2: „Ja“.
	207	S3: (unverständlich)
	208	S2: „Pflanzen, Pflanzen“
	209	S3: (unverständlich)
	210	S2 schaut noch einmal kritisch über die Eingabe: „In Frostgebieten, in Permafrostgebieten (betont Permafrost)“. Er diktiert leise mit „Permafrost-Gebieten.“
..Phase QID 39 Tabellenau	211	S3: (unverständlich)
	212	S1: „Ja, aber am wenigsten vor.“
..Antworteingabe nach/mi	213	S2 entgegnet: „Am meisten vor!“
	214	#00:10:41.5#
Fehlinterpretation	215	S2 geht wieder an die Originale und zeigt auf Samenpflanzen: „Also das ist das ist wahrscheinlich beim Permafrostboden, bei uns ist Gras.“
	216	S3: „Ja, könnte schon sein.“
	217	S1: „So.“ (schlägt folgenden Wortlaut als Textantwort vor) „Jedoch nur sehr wenige, da die Nährstoffe nicht für viele reichen.“
	218	S2 mit Schulterzucken: „Da hab ich keine Ahnung!“
	219	S1: „Das ist doch bestimmt so, das macht ja sonst keinen Sinn!“
	220	S2: „Kann auch sein, dass die da unendlich sind.“
	221	S1: „Ja, das steht doch in der Tabelle, dass da eben nur so wenige sind!“
	222	S2: „Ja, das war ja bloß wegen der Temperatur. Wie haben ja nicht so geringe Temperaturen!“
	223	S1 murmelt (unverständlich)
	224	S2: „Es kommt ja drauf an, wo die stehen.“
	225	S3: „Das ist vollkommen richtig.“
	226	#00:11:16.2#
Fehlinterpretation	227	S2: „Ich meine, bei uns wachsen die nicht. Dass die hier im Gewächs überhaupt wachsen, aber da sind es ja nicht -40°, oder?“
	228	S3: „Das wäre ein bisschen zu kalt glaub ich.“
	229	S1: (unverständlich) „Wir haben ja auch nicht -169°.“
	230	S3: „Wäre ein bisschen kritisch, denk ich.“
	231	S2: „Dann könnten wir gerade 1 Sekunde überleben.“
	232	S3 „(unverständlich) eingefroren.“
	233	S1 setzt sich leicht genervt an die Kante eines Pflanztisches und murmelt

		vor sich hin: „(unverständlich) was schreib ich denn da zusammen?“
		234 #00:12:04.5#
		235 Passage unverständlich, S1 macht Eingabe, S2 und S3 unterhalten sich.
		236 S3 flüstert: „Geht zur nächsten Station weiter.“
		237 S3 spricht wieder normal: „Wir sind jetzt gerade bei T1.“
		238 S2: „Wir sind bei K1.“
		239 S3: „Bei K1. Meine Worte. Das ist K2. (...) Was ist damit?“ (Geht zu Station K2). „Das ist K2.“
..durch Material einer	○	240 S2 kommt ebenfalls an den Tisch der Station: „Das ist K2?“
..durch Partner im Tez	○	241 S3: „Bodenprobe A und Bodenprobe B. Ich erahne was wir nachher tun müssen.“ (geht weg)
..Antworteingabe nach	○	242 S2: „Ich glaube, wir müssen die abfackeln.“
..Phase QID 39 Tabell	○	243 S3 (kommt wieder näher): „Abfackeln?“
		244 S2: „Das ist so ein Wärmeding. (.) Weißt du, was ich meine?“
		245 S2 wendet sich von K2 ab und geht wieder zu S1, der immer noch mit der Eingabe beschäftigt ist. S3 folgt ihm. S3 schaut, was er schreibt.
		246 S3: „Der schreibt ernsthaft (unverständlich). Also echt, du machst das doch für extra.“
		247 S1 flüstert: „Ich mache nichts für extra.“
		248 S1 spricht wieder normal: „Seid ihr damit zufrieden?“
		249 S2 liest Eingabetext.
		250 S1 liest laut vor: „(unverständlich) kommen im Permafrost vor. Es gibt jedoch nur wenige, da die Nährstoffe nicht für alle Pflanzen reichen.“
		251 S2: „Ja.“
		252 #00:13:14.8#
..durch teamfremde Kame	○	253 Mädchengruppe nähert sich. Ein Mädchen fragt nach der Stationsnummer der Jungen. Diese geben Antwort. Die Mädchen gehen wieder weg.
		254 #00:13:21.2#
		255 S1 liest wieder vor: „ <i>Diesem Widerspruch werdet ihr an der nachfolgenden Station auf den Grund gehen.</i> “ Er liest still weiter, murmelt dann „ <i>das es aussieht wie ihr sie vorgefunden habt.</i> “ Er steht auf und beginnt, die Pflanzen wieder von den Podesten herunter zu stellen.
		256 S3: „Okay, (unverständlich) also wie vorher.“
		257 S2: „Ich muss euch mal was fragen. Wir sollen doch nur die Stationen machen, die eingekreist sind.“
		258 S1: „Ja, K1, K2.“
..Phase Aufräumen der Stati	○	259 S2: „Ja, weil die <i>Name des Mädchens, das vorher nach Station gefragt hat</i> , hat das wohl falsch verstanden. Sie hat gesagt, sie kommen später auch zu uns. Aber sie müssen K1 glaube ich nicht machen.“
		260 S1: „Vielleicht doch. (reicht den Tabet-PC an S2 weiter) Take it please.“ Räumt Pflanzen von Podesten, S3 vermischt die Schilder.
		261 S1 wundert sich beim Runterheben des Baumes: „Oh, der ist so leicht, der ist ja leichter als das hier. (Preiselbeere)“
		262 S3: „Da ist ja nichts dran, hab ich doch gesagt. Er hat leichtes Übergewicht auf der einen Seite wo er runter hängt, aber //.“
		263 S1: „Stimmt. (.) Ich weiß auch nicht, ob der ewig so lange hält, wenn er so runter hängt.“

Anhang IX: Datengrundlage zur Ermittlung der abschließenden Inter-Coder-Reliabilität

1. Inter-Coder-Übereinstimmung: Ereignistabelle zum Video 27102017_Tablet 7 für Phasen, die mit einer 90%-igen Übereinstimmung geprüft wurden

Code	1. Dokument	2. Dokument	Übereinstimmung	Anfang	Ende
Phase nicht beschreibbar	1	1	1	00:00:00.0	00:03:55.5
Phase nicht beschreibbar	1	1	1	00:00:00.0	00:03:54.9
Orientierung\Wo ist/Welches ist die Station?	1	1	1	00:00:00.0	00:00:58.2
Orientierung\Wo ist/Welches ist die Station?	1	1	1	00:00:04.0	00:00:59.5
Phasen an K1\Phase QID 37 Frost Klimazonen	1	1	1	00:00:52.9	00:03:05.5
Phasen an K1\Phase QID 37 Frost Klimazonen	1	1	1	00:00:52.9	00:03:05.0
Dokumentation der Antworten/Untersuchungsergebnisse\Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	1	1	1	00:04:15.7	00:06:06.7
Dokumentation der Antworten/Untersuchungsergebnisse\Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	1	1	1	00:04:17.0	00:06:04.8
Phasen an K1\Phase QID 38 Sortieren	1	1	1	00:18:31.8	00:24:38.6
Phasen an K1\Phase QID 38 Sortieren	1	1	1	00:18:38.0	00:24:58.4
Orientierung\Wo ist/Welches ist die Station?	1	0	0	00:19:45.6	00:19:59.1
Orientierung\Wo ist/Welches ist die Station?	0	1	0	00:19:48.7	00:19:58.4
Dokumentation der Antworten/Untersuchungsergebnisse\Fotodokumentation	1	1	1	00:24:13.9	00:24:38.7
Dokumentation der Antworten/Untersuchungsergebnisse\Fotodokumentation	1	1	1	00:24:14.8	00:24:38.0
Phasen an K1\Phase Aufräumen der Station	0	1	0	00:24:37.5	00:24:56.0
Phasen an K1\Phase Aufräumen der Station	1	0	0	00:24:38.2	00:24:57.4
Phasen an K1\Phase QID 103 Sieger wählen	1	1	1	00:24:58.9	00:25:23.2
Phasen an K1\Phase QID 103 Sieger wählen	1	1	1	00:24:58.9	00:25:23.4
Dokumentation der Antworten/Untersuchungsergebnisse\Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	1	1	1	00:25:07.0	00:25:21.7
Dokumentation der Antworten/Untersuchungsergebnisse\Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	1	1	1	00:25:07.6	00:25:21.6
Phasen an K1\Phase QID 39 Tabellenauswertung	1	1	1	00:25:23.4	00:27:40.2
Phasen an K1\Phase QID 39 Tabellenauswertung	1	1	1	00:25:23.5	00:27:39.7
Dokumentation der Antworten/Untersuchungsergebnisse\Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	1	1	1	00:26:28.9	00:27:37.8
Dokumentation der Antworten/Untersuchungsergebnisse\Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	1	1	1	00:26:33.3	00:27:39.8
Phase nicht beschreibbar	0	1	0	00:27:07.2	00:28:15.1
Phase nicht beschreibbar	1	0	0	00:27:15.3	00:28:02.9

2. Inter-Coder-Übereinstimmung: Codespezifische Ereignistabelle zum Video 27102017_Tablet 7 für Phasen, die mit einer 90%-igen Übereinstimmung geprüft wurden

Code	Übereinstimmung	Nicht-Übereinstimmung	Gesamt	Prozentual
Phase nicht beschreibbar	2	2	4	50,00
Phase QID 37 Frost Klimazonen	2	0	2	100,00
Phase QID 38 Sortieren	2	0	2	100,00
Phase QID 103 Sieger wählen	2	0	2	100,00
Phase QID 39 Tabellenauswertung	2	0	2	100,00
Phase Aufräumen der Station	0	2	2	0,00
Wo ist/Welches ist die Station?	2	2	4	50,00
Fotodokumentation	2	0	2	100,00
Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	6	0	6	100,00
	20	6	26	76,92

3. Inter-Coder-Übereinstimmung: Ereignistabelle zum Video 27102017_Tablet 7 für Phasen, die mit einer 50%-igen Übereinstimmung geprüft wurden

Dokumentname	Code	1. Dokument	2. Dokument	Übereinstimmung	Anfang	Ende
27102017 Tablet 7 Kristina	Kamera	1	1	1	00:00:15.4	00:00:18.4
27102017 Tablet 7	Kamera	1	1	1	00:00:16.0	00:00:19.8
27102017 Tablet 7 Kristina	Usability Software	1	1	1	00:03:23.0	00:18:36.9
27102017 Tablet 7	Usability Software	1	1	1	00:03:53.0	00:18:37.6
27102017 Tablet 7	Usability Software\Verständnisschwierigkeiten User	1	1	1	00:18:38.0	00:18:48.2
27102017 Tablet 7 Kristina	Usability Software\Verständnisschwierigkeiten User	1	1	1	00:18:38.1	00:18:49.5
27102017 Tablet 7	Ablenkung\durch Lärm	0	1	0	00:19:43.4	00:19:45.0
27102017 Tablet 7 Kristina	Ablenkung\durch Lärm	1	0	0	00:19:44.4	00:19:45.9
27102017 Tablet 7	Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	1	1	1	00:20:08.5	00:20:12.6
27102017 Tablet 7 Kristina	Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	1	1	1	00:20:09.5	00:20:12.7
27102017 Tablet 7 Kristina	Usability Software\Verständnisschwierigkeiten Instruktion	1	1	1	00:20:10.7	00:20:14.0
27102017 Tablet 7	Usability Software\Verständnisschwierigkeiten Instruktion	1	1	1	00:20:10.9	00:20:13.8
27102017 Tablet 7 Kristina	Usability Software\Verständnisschwierigkeiten Instruktion	1	1	1	00:20:35.7	00:20:47.7
27102017 Tablet 7	Usability Software\Verständnisschwierigkeiten Instruktion	1	1	1	00:20:38.7	00:20:47.7
27102017 Tablet 7	Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	1	1	1	00:21:48.2	00:22:00.3
27102017 Tablet 7 Kristina	Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	1	1	1	00:21:49.3	00:21:59.5
27102017 Tablet 7 Kristina	Usability Software\Verständnisschwierigkeiten Instruktion	1	1	1	00:21:55.8	00:22:01.8
27102017 Tablet 7	Usability Software\Verständnisschwierigkeiten Instruktion	1	1	1	00:21:56.3	00:22:01.1
27102017 Tablet 7	Fehlinterpretation	1	1	1	00:22:12.5	00:22:38.1
27102017 Tablet 7 Kristina	Fehlinterpretation	1	1	1	00:22:12.6	00:22:35.1
27102017 Tablet 7 Kristina	Fehlinterpretation	1	1	1	00:23:30.5	00:23:45.3
27102017 Tablet 7	Fehlinterpretation	1	1	1	00:23:31.2	00:23:45.2
27102017 Tablet 7	Usability Hardware\Arbeitsmaterial real	1	1	1	00:24:47.8	00:24:53.5
27102017 Tablet 7 Kristina	Usability Hardware\Arbeitsmaterial real	1	1	1	00:24:47.9	00:24:55.0
27102017 Tablet 7	Usability Software\Belastung durch viele Arbeitsaufträge/Frage	1	1	1	00:24:56.7	00:24:59.2
27102017 Tablet 7	User experience\Frustration	1	1	1	00:24:56.7	00:24:59.2
27102017 Tablet 7 Kristina	User experience\Frustration	1	1	1	00:24:57.1	00:24:59.0
27102017 Tablet 7 Kristina	Usability Software\Belastung durch viele Arbeitsaufträge/Frage	1	1	1	00:24:57.1	00:24:59.0
27102017 Tablet 7	User experience\Frustration	1	1	1	00:25:22.4	00:25:24.7
27102017 Tablet 7	Usability Software\Belastung durch viele Arbeitsaufträge/Frage	1	1	1	00:25:22.4	00:25:24.7
27102017 Tablet 7 Kristina	User experience\Frustration	1	1	1	00:25:22.4	00:25:24.1
27102017 Tablet 7 Kristina	Usability Software\Belastung durch viele Arbeitsaufträge/Frage	1	1	1	00:25:22.4	00:25:24.1
27102017 Tablet 7 Kristina	Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	1	0	0	00:25:44.9	00:25:46.4
27102017 Tablet 7	Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	0	1	0	00:25:49.9	00:25:53.2
27102017 Tablet 7 Kristina	Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	1	0	0	00:25:51.0	00:25:54.4

4. Inter-Coder-Übereinstimmung: Codespezifische Ereignistabelle zum Video 27102017_Tablet 7 für Phasen, die mit einer 50%-igen Übereinstimmung geprüft wurden

Code	Übereinstimmung	Nicht-Übereinstimmung	Gesamt	Prozentual
Kamera	2	0	2	100,00
Frustration	4	0	4	100,00
Fehlinterpretation	4	0	4	100,00
durch Lärm	0	2	2	0,00
durch teamfremde Kameraden	4	3	7	57,14
Usability Software	2	0	2	100,00
Belastung durch viele Arbeitsaufträge/Fragen an der Station	4	0	4	100,00
Verständnisschwierigkeiten Instruktion	6	0	6	100,00
Verständnisschwierigkeiten User	2	0	2	100,00
Arbeitsmaterial real	2	0	2	100,00
	30	5	35	85,71

5. Inter-Coder-Übereinstimmung: Ereignistabelle zum Video 27102017_Tablet 7 für Phasen, die mit einer 10%-igen Übereinstimmung geprüft wurden

Dokumentname	Code	1. Dokument	2. Dokument	Übereinstimmung	Anfang	Ende
27102017 Tablet 7 Kristina	Fachsprache\Fachsprache korrekt	1	1	1	00:20:37.0	00:20:39.6
27102017 Tablet 7	Fachsprache\Fachsprache korrekt	1	1	1	00:20:37.8	00:20:39.1
27102017 Tablet 7	Fachsprache\Vermeiden Fachsprache	1	1	1	00:22:06.4	00:22:10.1
27102017 Tablet 7 Kristina	Fachsprache\Vermeiden Fachsprache	1	1	1	00:22:07.1	00:22:08.8
27102017 Tablet 7	Fachsprache\Vermeiden Fachsprache	1	1	1	00:22:19.2	00:22:21.5
27102017 Tablet 7 Kristina	Fachsprache\Vermeiden Fachsprache	1	1	1	00:22:19.7	00:22:21.9
27102017 Tablet 7	Fachsprache\Vermeiden Fachsprache	1	1	1	00:23:09.4	00:23:13.6
27102017 Tablet 7 Kristina	Fachsprache\Vermeiden Fachsprache	1	1	1	00:23:10.8	00:23:12.3
27102017 Tablet 7 Kristina	Fachsprache\Fachsprache korrekt	1	0	0	00:23:15.6	00:23:17.9
27102017 Tablet 7	Fachsprache\Vermeiden Fachsprache	0	1	0	00:23:15.6	00:23:17.4
27102017 Tablet 7 Kristina	Fachsprache\Vermeiden Fachsprache	1	0	0	00:23:19.3	00:23:21.7
27102017 Tablet 7 Kristina	Fachsprache\Vermeiden Fachsprache	1	0	0	00:25:13.3	00:25:16.4
27102017 Tablet 7	Fachsprache\Vermeiden Fachsprache	0	1	0	00:25:43.1	00:25:49.0
27102017 Tablet 7 Kristina	Fachsprache\Vermeiden Fachsprache	1	0	0	00:25:56.7	00:25:58.6

6. Inter-Coder-Übereinstimmung: Codespezifische Ereignistabelle zum Video 27102017_Tablet 7 für Phasen, die mit einer 10%-igen Übereinstimmung geprüft wurden

Code	Übereinstimmung	Nicht-Übereinstimmung	Gesamt	Prozentual
Vermeiden Fachsprache	6	5	11	54,55
Fachsprache korrekt	2	1	3	66,67
	8	6	14	57,14

7. Inter-Coder-Übereinstimmung: Ereignistabelle zum Video 10112017_Tablet 3 für Phasen, die mit einer 90%-igen Übereinstimmung geprüft wurden

Dokumentname	Code	1. Dokument	2. Dokument	Übereinstimmung	Anfang	Ende
10112017 Tablet 3_Probe Tanja	Phase nicht beschreibbar	1	1	1	00:00:00.0	00:01:58.7
10112017 Tablet 3_Probe Kristina	Phase nicht beschreibbar	1	1	1	00:00:00.0	00:01:58.4
10112017 Tablet 3_Probe Tanja	Phasen an K1\Phase QID 37 Frost Klimazonen	1	1	1	00:00:08.5	00:01:08.3
10112017 Tablet 3_Probe Kristina	Phasen an K1\Phase QID 37 Frost Klimazonen	1	1	1	00:00:09.2	00:01:08.4
10112017 Tablet 3_Probe Tanja	Phasen an K1\Phase QID 38 Sortieren	1	1	1	00:01:08.3	00:04:42.2
10112017 Tablet 3_Probe Kristina	Phasen an K1\Phase QID 38 Sortieren	1	1	1	00:01:08.5	00:04:44.0
10112017 Tablet 3_Probe Tanja	Dokumentation der Antworten/Untersuchungsergebnisse\Fotodokumentation	1	1	1	00:04:19.4	00:04:42.3
10112017 Tablet 3_Probe Kristina	Dokumentation der Antworten/Untersuchungsergebnisse\Fotodokumentation	1	1	1	00:04:19.5	00:04:44.3
10112017 Tablet 3_Probe Tanja	Phasen an K1\Phase QID 103 Sieger wählen	1	1	1	00:04:42.2	00:05:21.7
10112017 Tablet 3_Probe Kristina	Phasen an K1\Phase QID 103 Sieger wählen	1	1	1	00:04:44.0	00:05:21.7
10112017 Tablet 3_Probe Kristina	Dokumentation der Antworten/Untersuchungsergebnisse\Antworteingabe nach/mit Konsensbild	0	1	0	00:05:13.7	00:05:20.9
10112017 Tablet 3_Probe Tanja	Dokumentation der Antworten/Untersuchungsergebnisse\Antworteingabe nach/mit Konsensbild	1	0	0	00:05:15.1	00:05:19.7
10112017 Tablet 3_Probe Tanja	Phasen an K1\Phase QID 39 Tabellenauswertung	1	1	1	00:05:21.7	00:07:27.0
10112017 Tablet 3_Probe Kristina	Phasen an K1\Phase QID 39 Tabellenauswertung	1	1	1	00:05:21.8	00:07:27.1
10112017 Tablet 3_Probe Kristina	Dokumentation der Antworten/Untersuchungsergebnisse\Antworteingabe nach/mit Konsensbild	1	1	1	00:06:05.5	00:07:23.7
10112017 Tablet 3_Probe Tanja	Dokumentation der Antworten/Untersuchungsergebnisse\Antworteingabe nach/mit Konsensbild	1	1	1	00:06:07.1	00:07:22.2
10112017 Tablet 3_Probe Tanja	Phasen an K1\Phase Aufräumen der Station	1	1	1	00:07:26.9	00:07:45.3
10112017 Tablet 3_Probe Kristina	Phasen an K1\Phase Aufräumen der Station	1	1	1	00:07:27.2	00:07:45.3

8. Inter-Coder-Übereinstimmung: Codespezifische Ereignistabelle zum Video 10112017_Tablet 3 für Phasen, die mit einer 90%-igen Übereinstimmung geprüft wurden

Code	Übereinstimmung	Nicht-Übereinstimmung	Gesamt	Prozentual
Phase nicht beschreibbar	2	0	2	100,00
Phase QID 37 Frost Klimazonen	2	0	2	100,00
Phase QID 38 Sortieren	2	0	2	100,00
Phase QID 103 Sieger wählen	2	0	2	100,00
Phase QID 39 Tabellenauswertung	2	0	2	100,00
Phase Aufräumen der Station	2	0	2	100,00
Fotodokumentation	2	0	2	100,00
Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	2	2	4	50,00
	16	2	18	88,89

9. Inter-Coder-Übereinstimmung: Ereignistabelle zum Video 10112017_Tablet 3 für Phasen, die mit einer 50%-igen Übereinstimmung geprüft wurden

Code	1. Dokument	2. Dokument	Übereinstimmung	Anfang	Ende
Usability Software\Belastung durch viele Anhänge	1	1	1	00:02:01.5	00:02:05.6
Usability Software\Belastung durch viele Anhänge	1	1	1	00:02:03.0	00:02:06.0
Ablenkung\durch Lärm	1	1	1	00:02:14.5	00:02:18.5
Ablenkung\durch Lärm	1	1	1	00:02:14.6	00:02:17.9
Usability Software\Verständnisschwierigkeiten Instruktion	1	0	0	00:02:53.1	00:03:13.6
Usability Software\Verständnisschwierigkeiten Instruktion	0	1	0	00:02:53.2	00:02:57.8
Usability Software\Verständnisschwierigkeiten User	1	1	1	00:04:50.2	00:05:07.9
Usability Software\Verständnisschwierigkeiten User	1	1	1	00:04:50.3	00:05:15.2

10. Inter-Coder-Übereinstimmung: Codespezifische Ereignistabelle zum Video 10112017_Tablet 3 für Phasen, die mit einer 50%-igen Übereinstimmung geprüft wurden

Code	Übereinstimmung	Nicht-Übereinstimmung	Gesamt	Prozentual
durch Lärm	2	0	2	100,00
Belastung durch viele Anhänge	2	0	2	100,00
Verständnisschwierigkeiten Instruktion	0	2	2	0,00
Verständnisschwierigkeiten User	2	0	2	100,00
	6	2	8	75,00

11. Inter-Coder-Übereinstimmung: Ereignistabelle zum Video 10112017_Tablet 3 für Phasen, die mit einer 10%-igen Übereinstimmung geprüft wurden

Code	1. Dokument	2. Dokument	Übereinstimmung	Anfang	Ende
Fachsprache\Fachsprache korrekt	1	0	0	00:05:26.6	00:05:27.5
Fachsprache\Fachsprache falsch	1	1	1	00:05:27.4	00:05:29.8
Fachsprache\Fachsprache falsch	1	1	1	00:05:27.5	00:05:29.5
Fachsprache\Fachsprache korrekt	1	1	1	00:05:29.9	00:05:33.5
Fachsprache\Fachsprache korrekt	1	1	1	00:05:30.2	00:05:33.5

12. Inter-Coder-Übereinstimmung: Codespezifische Ereignistabelle zum Video 10112017_Tablet 3 für Phasen, die mit einer 10%-igen Übereinstimmung geprüft wurden

Code	Übereinstimmung	Nicht-Übereinstimmung	Gesamt	Prozentual
Fachsprache falsch	2	0	2	100,00
Fachsprache korrekt	2	1	3	66,67
	4	1	5	80,00

Anhang X: Übersicht über die Codings der Videoanalyse an Station K1

1. K1 Codings v0-v1; Code: Usability Software\Verständnisschwierigkeiten Instruktion

K1 Codings v0-v1; Code: Usability Software\Verständnisschwierigkeiten Instruktion

Dokumentname	Segment	Anfang	Ende	Dauer	Bezug
Phase 0_26012017_Tablet3	#00:02:00.2#-00:02:09.1# Sowohl der Person mit dem Tablet-PC als auch den mitlesenden Partnern ist unklar, wie sie zu dem Ranking kommenS3: "Wir sollen nach irgendwas sortieren. S2: "Nach was sortieren? Ich verstehe es nicht (...) ich les noch mal."	00:02:00.2	00:02:09.1	00:00:08.9	QID 38 Aufgabenstellung Ranking
Phase 0_02022017_Tablet1	#00:04:27.0# QID 38: S2 hatte zuvor bereits die Informationen auf dem Material zu einjährigen Pflanzen gelesen. Dann den Tablet-PC an S1 weitergegeben, die dann leise noch mal die Anweisungen gelesen hat. Dennoch ist ihr nicht klar, was zu tun ist: "Ja, und was sollen wir daraus machen?"	00:04:27.0	00:04:28.9	00:00:01.8	QID 38 Aufgabenstellung Ranking
Phase 1_21062017_Tablet4	#00:02:58.6# S1: "D ist -40." #00:03:00.1# S2: "Das ist ja dann gleich wie C."	00:03:00.1	00:03:03.4	00:00:03.3	QID 38 gleiche Werte
Phase 1_21062017_Tablet4	#00:04:18.2#S2: "Dann ist es ja wirklich gleich."	00:04:18.2	00:04:20.1	00:00:01.8	QID 38 gleiche Werte
Phase 1_08092017_Tablet4	#00:05:41.2# SuS brechen Sortieraufgabe ab. Sie sind unsicher, wie sie mit zwei gleichen Werten umgehen sollen und suchen Rat bei Betreuer. Dabei verlassen sie das Blickfeld der Kamera. Aus den Audioaufzeichnungen wird ersichtlich, dass die Betreuungsperson zunächst einer anderen Gruppe hilft, bevor sie diesem Team helfen kann. Sie sollen die Wertgleichheit bei Antworteingabe kenntlich machen, so wie es in dem Arbeitsauftrag steht. Sie kehren zurück an die Station und sortieren.	00:05:41.2	00:08:35.9	00:02:54.6	QID 38 gleiche Werte

Phase 0_26012017_Tablet 3	#00:03:28.1# S1: "Das war die mit 196 oder was?" S3: "Nein, das war die A, die hat die größte Resistenz." S1: "Ja dann muss die ganz an den Anfang." S3: "Nein. Zunehmende Frostresistenz (zeigt mit den Fingern die Sortierrichtung auf den Pfeilschildern nach)!" S1: "Ach so, ja gut." S2: "Wir sind deutsch, also von links nach rechts." S1: "Ja sorry (lacht)."	00:03:28.1	00:03:37.0	00:00:08.8	QID 38 Sortierrichtung
Phase 1_21062017_Tablet 4	#00:02:22.9# S2: "Nein, zunehmende Frostresistenz. Zunehmend."	00:02:22.9	00:02:28.1	00:00:05.1	QID 38 Sortierrichtung
Phase 1_21062017_Tablet 4	S2: "Das ist aber unlogisch, weil da stand doch es geht los mit den Luftpflanzen. (Stellt Hemikryptophyt an Anfang des Rankings, zeigt auf Baum) Das ist die Luftpflanze. Naja, egal."	00:02:35.6	00:02:50.5	00:00:14.8	QID 38 Sortierrichtung
Phase 1_08092017_Tablet 4	#00:09:32.6# S2: "Reihenfolge der Buchstaben (.) von (.) von Kälte zu (...) das Kleinste, oder?" S1: "Noch mal." S2 liest erneut den Arbeitsauftrag halblaut vor. S1: "Ja, die Meiste ist die Beste. (...) Das mit der wenigsten Frostresistenz. (...) das da." (zeigt auf Samenpflanze) S2 liest weiter vor: "Nehmt dazu die Luftpflanze als Startpunkt."	00:09:32.6	00:10:03.8	00:00:31.1	QID 38 Sortierrichtung
Phase 1_08092017_Tablet 5	#00:07:13.1# S1 liest vor "Notiert am Ende die Reihenfolge der Buchstaben." (...) S1 zeigt auf Geophyt: "Ja dann / (...) Nein, wir müssen ja mit dem anfangen (zeigt auf Phanerophyt), oder?"	00:07:13.1	00:07:25.7	00:00:12.6	QID 38 Sortierrichtung
Phase 0_02022017_Tablet1	#00:09:06.6# S2 nach dem Lesen der Tabelle: "Was ist das? Die Anzahl, oder?"	00:09:06.6	00:09:09.0	00:00:02.4	QID 39 Darstellung Tabelle

Phase 0_02022017_Tablet1	<p>#00:09:14.0# Nach einem Tablet-Halter-Wechsel sind die SuS nun bei der Tabellenauswertung. S1 hat zuvor die Aufgabenstellung laut vorgelesen, hat nun den Anhang mit der Tabelle geöffnet. Es entsteht Irritation, da die Leitfrage auf dem Arbeitsmaterial als roter Faden mitangegeben ist, sie diese aber vorher nicht selbst gesehen hat und nun diese Leitfrage für die Aufgabenstellung hält: "Wir sollen doch (liest vor) <i>Welche Pflanzen können aufgrund ihrer Frostresistenz die stärksten Fröste ertragen?</i>" S2 schaut mit auf die Tabelle: "Ah, dann Zwergpflanzen (.) nein, Oberflächenpflanzen." S1 hat dennoch Ergebnis des Rankings im Kopf: "Bei uns nicht, bei uns Luftpflanzen, oder nicht? (...) wir haben als letztes Luftpflanzen" S2: "Ja." S1: "Also Luftpflanzen, weil wir haben hier ja alles in der Reihenfolge, weißt du?" S2: "Ja, dann haben wir was falsch gemacht." S1 schließt den Anhang und liest erneut die Aufgabenstellung laut vor. Danach kommen sie zum richtigen Ergebnis.</p>	00:09:14.0	00:09:37.9	00:00:23.8	QID 39 Leitfrage vs. Arbeitsauftrag
--------------------------	---	------------	------------	------------	-------------------------------------

2. K1 Codings v0-v1; Code: Fachsprache

K1 Codings v0-v1; Code: Fachsprache

Dokumentname	Code	Segment	Anfang	Ende	Dauer
Phase 0_25012017_Tablet 6	Fachsprache korrekt	Beim Abgleich der Informationen der Kältetoleranzen von Tablet zu Originalen: S1: "(unv.) Luftpflanze"	00:01:23.3	00:01:25.3	00:00:02.0
Phase 0_25012017_Tablet 6	Vermeiden Fachsprache	Beim Abgleich der Informationen der Kältetoleranzen von Tablet zu Originalen: S1: "Ich wette, dass der am (.) der hält sowieso am (unv.) meisten"	00:02:35.1	00:02:37.4	00:00:02.2
Phase 0_25012017_Tablet 6	Vermeiden Fachsprache	Beim Sortieren der Kältetoleranzen mit den Originalen: S3: "(unv.) (...) das als letztes" S1: "Ne, das ist ja unser erstes, das ist (.) das Erste" (...) S1: "(unv.) das am wenigsten Frost (unv.)" S3: "Achso, dann so /" S1: "Da würde ich das (unv.)" S3: "(unv.) (.) Von da an dann das, (.) dann das, (.) dann das und dann das."	00:02:44.8	00:02:59.8	00:00:14.9
Phase 0_25012017_Tablet 6	Vermeiden Fachsprache	Beim Sortieren der Kältetoleranzen mit den Originalen: (unv.) (.) S1: "Das ist das da." S3: "(unv.) Karotte (...)" S2: "Ja stimmt, würde ich auch sagen." S3: "Das da und das davor war das." S1 (liest Informationen von Tablet vor): "Überwintert durch Knollen oder Zwiebeln (.) und im Boden" (unv.) (...) S2: "Ja aber da steht E (.) und da steht auch E."	00:04:40.2	00:04:59.3	00:00:19.1
Phase 0_25012017_Tablet 6	Vermeiden Fachsprache	Beim Sortieren der Kältetoleranzen mit den Originalen: S3: "Also (.) das da hält am meisten aus (.), dann das da (.) und das da /" S1: "Aber wir sollen damit anfangen."	00:05:00.8	00:05:09.5	00:00:08.6

Phase 0_25012017_Tablet 6	Vermeiden Fachsprache	Beim Sortieren der Kältetoleranzen an den Originalen: S3: "(unv.) dann machen wir das da (.) dann das da, weil das hält genauso viel aus."	00:05:27.3	00:05:31.3	00:00:04.0
Phase 0_25012017_Tablet 6	Vermeiden Fachsprache	Beim Sortieren der Kältetoleranzen mit den Originalen: S1 stellt Pflanze an Anfang des Ranking: "So, das (...)"	00:05:38.4	00:05:42.0	00:00:03.5
Phase 0_25012017_Tablet 6	Fachsprache korrekt	Beim Sortieren der Kältetoleranzen mit den Originalen: S1: "(unv.) war die Zwergpflanze nicht als (unv.) wenigste?"	00:05:48.4	00:05:51.1	00:00:02.6
Phase 0_25012017_Tablet 6	Vermeiden Fachsprache	#00:05:52.0# Beim Sortieren der Kältetoleranzen mit den Originalen: S3: "Das da war - 120, dass da war weniger." S1: "Und das war - 40, oder?"	00:05:52.0	00:05:57.5	00:00:05.5
Phase 0_25012017_Tablet 6	Vermeiden Fachsprache	#00:06:14.6# Beim Sortieren der Kältetoleranzen mit den Originalen: S1: "Also kommt das dahin." S3: "Ja genau, das (unv.) am wenigsten nämlich (.)" S1: "Und dann das oder das?" S3: "(.) dann würde ich sagen (.) das da stand ja dabei dass es auch (unv.) (.), aber ich würde sagen eher das hier, oder?" S1: "Also das hier da hin." S3: "Ja, denke schon. (.) Dann das da, genau. (.)" S1: "Karotte und dann das (.)" S3: "Genau. Und dann die Sonnenblume."	00:06:14.6	00:06:36.0	00:00:21.3
Phase 0_26012017_Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	#00:02:44.3# Beim Abgleich der Informationen zu den Kältetoleranzen von Tablet zu Originalen: S3: "Das ist D. (...) Dann stellen wir die einfach dahin. D."	00:02:44.3	00:02:48.7	00:00:04.4
Phase 0_26012017_Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	#00:02:50.9# S3: "Die andere war auch bis - 40°."	00:02:50.9	00:02:53.7	00:00:02.8
Phase 0_26012017_Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	#00:02:56.1# S3: "Dann haben wir noch drei Stück. Was ist denn mit A?"	00:02:56.1	00:02:59.0	00:00:02.8

Phase 0_26012017_Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	#00:03:00.2# S2 (liest vor): "A, ähm, bis - 196°." S1: "Ha, ha, ha." S3: "Alter! Okay, und B?"	00:03:00.2	00:03:04.4	00:00:04.2
Phase 0_26012017_Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	#00:03:06.6# S1: "Dann kommt A noch vor die."	00:03:06.6	00:03:09.5	00:00:02.8
Phase 0_26012017_Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	#00:03:12.9# S3: "Dann kommt B (.) noch vornedran." S1: "Ist A überhaupt die (...)" S3: "126."	00:03:12.9	00:03:17.7	00:00:04.8
Phase 0_26012017_Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	#00:03:28.1# S1: "Das war die mit 196 oder was?" S3: "Nein, das war die A, die hat die größte Resistenz."	00:03:28.1	00:03:30.9	00:00:02.7
Phase 0_26012017_Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	#00:03:40.1# S3: "Ähm, C, nicht war? (...) Nein, E, E, E, E, das letzte." 00:03:51.4# S3: "Dann stellen wir das da mal dort hin."	00:03:40.1	00:03:47.2	00:00:07.0
Phase 0_26012017_Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	00:03:51.4# S3: "Dann stellen wir das da mal dort hin."	00:03:51.4	00:03:53.1	00:00:01.7
Phase 0_02022017_Tablet1	Vermeiden Fachsprache	S2 liest Anhänge vor: "Also, A (...) die (unv.) (.) das was du gesagt hast, haben - 196°."	00:03:45.0	00:03:50.7	00:00:05.6
Phase 0_02022017_Tablet1	Vermeiden Fachsprache	"Das ist bis -20°."	00:05:05.9	00:05:08.3	00:00:02.4
Phase 0_02022017_Tablet1	Vermeiden Fachsprache	"Das ist bis -40, das ist mehr frostresistent."	00:05:34.7	00:05:39.6	00:00:04.9
Phase 0_02022017_Tablet1	Vermeiden Fachsprache	S2: "Nummer E kommt nach Sonnenblume."	00:06:16.8	00:06:30.4	00:00:09.3
Phase 0_02022017_Tablet1	Fachsprache korrekt	#00:09:55.0# S2 formuliert nach erneutem Vorlesen der Fragestellung die Antwort sofort mit frei verwendeten Fachbegriffen: "Ja, dass die Zwergpflanzen häufiger auftreten als die Zwergpflanzen (.), ähm, Luftpflanzen."	00:09:55.0	00:10:01.6	00:00:06.6
Phase 1_21062017_Tablet 4	Vermeiden Fachsprache	00:01:50.0# S2: "Jetzt mach ich das einfach mal, du rufst mir die Dinger zu und ich guck dann."	00:01:50.0	00:01:53.2	00:00:03.2

Phase 1_21062017_Tablet 4	Fachsprache korrekt	#00:02:00.0# S2: "Luftplan, Luftpflanze, Beispiel einer Luftpflanze ist C."	00:02:00.0	00:02:05.2	00:00:05.2
Phase 1_21062017_Tablet 4	Vermeiden Fachsprache	#00:02:11.3# S1: "B ist -25."	00:02:11.3	00:02:14.1	00:00:02.7
Phase 1_21062017_Tablet 4	Vermeiden Fachsprache	#00:02:35.6# S1: "C ist -40."	00:02:35.6	00:02:38.4	00:00:02.8
Phase 1_21062017_Tablet 4	Vermeiden Fachsprache	#00:02:58.6# S1: "D ist -40." S2: "Das ist ja dann gleich wie C."	00:02:58.6	00:03:00.0	00:00:01.4
Phase 1_21062017_Tablet 4	Vermeiden Fachsprache	#00:03:09.0# S1: "Und E ist -15 steht hier."	00:03:09.0	00:03:11.3	00:00:02.2
Phase 1_21062017_Tablet 4	Vermeiden Fachsprache	#00:03:38.1# S1: "A kommt jedes Jahr neu."	00:03:38.1	00:03:39.9	00:00:01.7
Phase 1_21062017_Tablet 4	Vermeiden Fachsprache	#00:03:50.2# S1: "E stirbt im Winter ab und (unv.)."	00:03:50.2	00:03:55.2	00:00:05.0
Phase 1_21062017_Tablet 4	Vermeiden Fachsprache	#00:04:01.5# S1: "C (...) tun die Knospen (...) überleben bei -40."	00:04:01.5	00:04:10.1	00:00:08.6
Phase 1_21062017_Tablet 4	Vermeiden Fachsprache	#00:04:12.9# S2: "Und bei D?" S1: "D ist auch -40, da überwintern auch die Knospen."	00:04:12.9	00:04:18.3	00:00:05.3
Phase 1_21062017_Tablet 4	Vermeiden Fachsprache	#00:04:23.9# S2: "Dann muss ja eigentlich nur zwischen C und D unterschieden werden."	00:04:23.9	00:04:26.2	00:00:02.2
Phase 1_07092017_Tablet 2	Fachsprache korrekt	#00:03:25.6# Schaut sich während S1 Aufgabenstellung, bei der die Luftpflanze als Startpunkt genannt wird, vorliest, die Originale auf dem Tisch an und kann sofort zuordnen: "Ah, das ist die Luftpflanze."	00:03:25.6	00:03:26.7	00:00:01.0
Phase 1_07092017_Tablet 2	Fachsprache korrekt	#00:05:23.7# S1 fasst nächsten Anhang zusammen: "Hier haben wir die Luftpflanzen."	00:05:23.7	00:05:25.3	00:00:01.6

Phase 1_07092017_Tablet 2	Fachsprache korrekt	#00:06:01.9# S1 fasst nächsten Anhang zusammen: "Ähm, dann die Zwergpflanzen. (...) - 40."	00:06:01.9	00:06:03.5	00:00:01.5
Phase 1_07092017_Tablet 2	Fachsprache korrekt	#00:06:45.0# S1 gleicht weiter Ranking ab: "Also auf jeden Fall war die bis -15° (zeigt auf korrekte Pflanze) (!) das ist die Bodenpflanze."	00:06:45.0	00:06:50.0	00:00:04.9
Phase 1_07092017_Tablet 2	Fachsprache korrekt	#00:08:47.1# Während der Textanworteingabe zur Tabellenauswertung fragt S1: "Was war das noch mal?" S2: "Oberflächenpflanze."	00:08:47.1	00:08:50.0	00:00:02.9
Phase 1_08092017_Tablet 4	Vermeiden Fachsprache	#00:03:41.6# Bei Informationsentnahme aus den Anhängen zur Frostresistenz. S2: "-196 ist (...) A."	00:03:41.6	00:03:44.9	00:00:03.3
Phase 1_08092017_Tablet 4	Vermeiden Fachsprache	#00:03:48.2# S2: "-25 ist B"	00:03:48.2	00:03:50.3	00:00:02.1
Phase 1_08092017_Tablet 4	Vermeiden Fachsprache	#00:04:20.9# S2: "Das Zweite -40"	00:04:20.9	00:04:22.4	00:00:01.4
Phase 1_08092017_Tablet 4	Vermeiden Fachsprache	#00:04:24.9# S2: "-25 B"	00:04:24.9	00:04:26.5	00:00:01.6
Phase 1_08092017_Tablet 4	Vermeiden Fachsprache	#00:05:05.0# S2 zeigt auf Originale: "Also D und das müsste C sein dann."	00:05:05.0	00:05:06.7	00:00:01.6
Phase 1_08092017_Tablet 4	Vermeiden Fachsprache	#00:05:09.4# S1 befühlt den Mammutbaum: "C sieht aus als wäre sie viel resistenter, weißt du."	00:05:09.4	00:05:12.1	00:00:02.7
Phase 1_08092017_Tablet 4	Vermeiden Fachsprache	#00:09:10.8# S2: "Warte, A ist das frostresistente."	00:09:10.8	00:09:12.3	00:00:01.5
Phase 1_08092017_Tablet 4	Vermeiden Fachsprache	#00:09:16.2# S2: "B war kleiner mit -25"	00:09:16.2	00:09:18.7	00:00:02.5
Phase 1_08092017_Tablet 4	Vermeiden Fachsprache	#00:09:20.3# S2: "C ist 40"	00:09:20.3	00:09:21.5	00:00:01.2
Phase 1_08092017_Tablet 4	Vermeiden Fachsprache	#00:09:24.2# S2: "D ist auch 40"	00:09:24.2	00:09:25.4	00:00:01.1

Phase 1_08092017_Tablet 4	Vermeiden Fachsprache	#00:09:28.5# S2: "Und D ist (unv.) "	00:09:28.5	00:09:30.0	00:00:01.4
Phase 1_08092017_Tablet 4	Fachsprache korrekt	S1 erstaunt: "Das ist die Luftpfla (.) das ist die Luftpflanze?" (zeigt auf Mammutbaum)	00:10:02.7	00:10:06.1	00:00:03.3
Phase 1_08092017_Tablet 5	Vermeiden Fachsprache	Beim Sortieren der Kältetoleranzen mit den Originalen: S1: "So, da würde ich das da sagen."	00:02:14.8	00:02:17.1	00:00:02.2
Phase 1_08092017_Tablet 5	Vermeiden Fachsprache	Beim Sortieren der Kältetoleranzen mit den Originalen: S2: "Erstmal das hier hin."	00:02:29.1	00:02:32.0	00:00:02.8
Phase 1_08092017_Tablet 5	Fachsprache korrekt	S2: "Also ich hätte die Zwergpflanze jetzt hier hin gesetzt, weil /"	00:04:37.5	00:04:41.7	00:00:04.1
Phase 1_08092017_Tablet 5	Fachsprache korrekt	Beim Sortieren der Kältetoleranzen mit den Originalen: S2: "Luftpflanze (.) (unv.) (...) Zwergpflanze (.) ist auch richtig."	00:06:17.1	00:06:28.5	00:00:11.4
Phase 1_08092017_Tablet 5	Fachsprache korrekt	S2: "Dann fangen wir hier an, ach nein wir müssen ja mit der Luftpflanze anfangen."	00:06:56.2	00:07:01.1	00:00:04.8

3. K1 Codings v2-v3; Code: Usability Software/Verständnisschwierigkeiten Instruktion

K1 Codings v2-v3; Code: Usability Software\Verständnisschwierigkeiten Instruktion

Dokumentname	Segment	Anfang	Ende	Dauer	Bezug
Phase 2_27102017_Tablet 7	Beim Sortieren der Kältetoleranzen mit den Originalen: S2: "Ach so, müssen wir die dann aufstellen?" S1: "Ja."	00:20:10.7	00:20:14.0	00:00:03.3	QID 38 Aufgabenstellung Ranking
Phase 2_27102017_Tablet 7	Beim Sortieren der Kältetoleranzen an den Originalen: S2: "Okay, und (unv.) sollen wir die jetzt aufstellen?" S1: "Nein, wir müssen erst einmal alle anschauen." (...) S2: "Und dann irgendein Ranking."	00:20:37.7	00:20:47.5	00:00:09.8	QID 38 Aufgabenstellung Ranking
Phase 2_10112017_Tablet 1	#00:00:41.0# S1: "Die beiden Karten im Anhang?" (fragend, umhersuchend) "Ich finde keine Karten im Anhang." (Sein Blick wandert auf den Tischen suchend umher, er blickt nicht auf den Tablet-PC) S2 deutet mit den Fingern auf den Tablet-PC. S1: "Ach, da ist der Anhang."	00:00:41.0	00:00:51.9	00:00:10.9	QID 37 Material im Anhang finden
Phase 2_10112017_Tablet 1	#00:03:11.0# S1: "F*** (.)woher soll ich das wissen? (...) Also, was, wie sollen wir die sortieren?" S2 zeigt auf die Pflanzen: "Was am meisten Frost verträgt (zeigt nach links) und am wenigsten (zeigt nach rechts)". S1 beugt sich über die Pflanzen und liest die Einsteckschilder mit den taxonomischen Bezeichnungen des botanischen Gartens. Diese enthalten jedoch nur die Artnamen, d.h. sie sind für die Station irrelevant. S2: "Ich glaube mal diese hier (nimmt den Topf mit den Samenpflanzen (Tagetes) in die Hand) vertragen was." (Unverständlich) S1 liest weiter auf dem Tablet-PC, S2 liest die Pflanzenschildchen. S2: "Woher sollen wir das wissen? S1 greift nach dem Baum: "Ich glaube, der hält viel Frost aus."	00:03:11.0	00:03:58.6	00:00:47.5	QID 37 Material im Anhang finden

Phase 2_10112017 Tablet 3	00:02:53.1# Nach dem Vorlesen des ersten Anhangs fragt S1 nach: "Wie sollen wir die sortieren?" S2: "Nach Frostresistenz(.) aufsteigender Frostresistenz." Beide denken eine Weile darüber nach, dann übersetzt S2 die Anweisung in leichter verständliche Worte: "Also welche Wuchsformen können die stärksten Fröste ertragen." S1 ergänzt ihre Deutung der Podeste: "Und das muss man da drauf sortieren." S2: "Ja. Ich glaube das geht so." Sie deutet mit einer Handbewegung das Ansteigen im Ranking an.	00:02:53.1	00:03:13.6	00:00:20.4	QID 38 Sortierrichtung
Phase 2_11012018 Tablet 5	#00:02:39:0# S2: "Ich auch nicht." S1:(redet wieder laut) Also, ich würde mal sagen, (...) wir haben keinen Plan. (...) Gut, also das Ding sieht hier sehr vertrocknet aus. Die beiden haben Arbeitsmaterial übersehen. Sie gehen davon aus, dass sie die Pflanzen auf Basis ihres eigenen Wissens nach Frostresistenz sortieren sollen.	00:02:39.0	00:03:08.6	00:00:29.5	QID 38 Aufgabenstellung Ranking
Phase 2_11012018 Tablet 5	#00:03:35:8# S1: "Das scheint sehr kältetolerant zu sein: -20 bis -196°!" S2: "Aber ich würde sagen, dass (unverständlich) die sind ja unterschiedlich dick, oder?" S1: "Also sind die von der Dicke her dann (...) die mit der dicksten Stelle (...) sind die die am besten /" S2: "Genau. Ich weiß nicht. Weil die Tannen oder so, die haben jetzt auch nicht so die dicken Stämme. (unverständlich) (...) ich meine, wir haben eh keinen Plan." S1: "Ja, wir sollen (...) das ist ja eh zum Lernen. Warte mal, passt das Bild? Ja das Bild passt. (lacht) Hier sind doch die Bilder (zeigt Partnerin Tablet-PC) und die sind auch auf den Dingen da drauf (zeigt auf die Einsteckschilder)." S2: "Achs so. Keine Ahnung." S1: "Ah, nach aufsteigender Frost (...) das ist das, ja." S2: "Was?" S1: "Wir sollen nach aufsteigender Frostresistenz." S2: (zeigt auf Pflanzen) "Ach so, also das hat am meisten, das hat weniger und das am wenigsten." S1: "Ja, (...) nach aufsteigender (zeigt Geste vom niedrigsten	00:03:44.1	00:04:41.8	00:00:57.7	QID 38 Aufgabenstellung Ranking

Phase 3_22012018 Tablet 4	<p>Podest zum höchsten Podest)/" S2: "die Zweite?" Greift nach Gras und sortiert es auf den zweiten Rang, ohne mit Daten abzugleichen.</p>	00:09:46.3	00:09:52.5	00:00:06.1	QID 38 Aufgabenstellung Ranking
Phase 3_22012018 Tablet 4	<p>00:09:46.3# Die beiden haben nun die richtige Station gefunden, haben aber noch nicht verstanden, was zu tun ist. S2: "Was jetzt?" Er schaut auf die Einsteckschilder und kratzt sich am Kopf. S1 hat sich die Materialien noch nicht angeschaut und blickt zunächst auf das Tablet, dann etwas genervt Richtung Kamera. S1: "Okay, noch mal." Er liest erneut die Instruktionen vor. 00:10:08.4# Als S1 mit dem wiederholten Vorlesen der Instruktion zum Sortieren auf die Holzpodeste endet, beginnt S2 die Podeste zu zählen und gleicht die Anzahl mit den Einsteckschildern ab. Die Töpfe mit den Pflanzen haben beide noch nicht wahrgenommen. S1 schaut eher auf den Tablet-PC und blickt zu K2. Schließlich legt er den Tablet-PC auf den Pflanztisch neben K1 ab. S2 fasst sein Verständnis der Aufgabenstellung nach dem Abgleich der Versuchsgegenstände zusammen: "Also das, was am meisten Frost aushält." S1: "Ja."</p>	00:10:08.4	00:10:21.5	00:00:13.1	QID 38 Aufgabenstellung Ranking
Phase 3_23012018 Tablet 4	<p>#00:01:15.0# SuS haben Schwierigkeiten, Informationen zu finden S2: "Vielleicht ging's noch weiter runter?" (bezieht sich auf Scrollen im Fenster der App). S1: "Nein." S2: "(unverständlich) Guck mal die vielen Anhänge." Beide lesen leise murmelnd (unverständlich). (..) "Kalte Zone. Wir sind jetzt bei K2 (schaut auf dem Laufzettel nach) wenn wir das haben. S1: "Ja warte mal, das ist ja noch nicht fertig, oder?" Beide lesen weiter.</p>	00:01:15.0	00:01:32.0	00:00:16.9	QID 38 Aufgabenstellung Ranking

Phase 3_23012018 Tablet 4	Die beiden gleichen zunächst die Silhouetten auf den Einsteckschildern mit den Originalen ab. Bei den Geophyten stützt S2: "Sollten wird die rausnehmen als Test, oder wie? (...) Ich würde die nicht rausnehmen. Ich weiß nicht, ob das irgendwie (...)" zieht leicht an Geophyt "Nein, mach ich nicht. (...) wir sollen uns ja die Anhänge (!) Gib mir mal das Tablet." S2: "Die Anhänge waren ja nur Hilfestellungen. /" S1: "Guck mal hier." (zeigt etwas auf dem Tablet) S2: "Ja, das ist ja nur/"	00:03:06.6	00:03:39.4	00:00:32.7	QID 38 Identifizierung Geophyt
Phase 3_23012018 Tablet 4	#00:04:20.7# S2 fragt flüsternd: "Und wie soll ich das zuordnen?" (zeigt auf Holzpodeste) S1: "Ähm, warte mal (...) (konsultiert die App) nach aufsteigender Frostresistenz. Also muss das eigentlich (klopft auf höchsten Holzpodest) nee, warte mal, aufsteigend //" S2: "Aufsteigend." S1: "Also die schlechtesten, die nicht so gut überwintern können, kommen an den Anfang." (zeigt auf höchsten Podest) S2: "Also kommt das dahin." (hält Therophyt über das kleinste Podest, stellt aber noch nicht ab) S1: "Mach's, stell das erst mal dahin, ja."	00:04:20.7	00:04:42.0	00:00:21.3	QID 38 Aufgabenstellung Ranking
Phase 3_24012018 Tablet 2	S3 (genervt): "Toll!" S1: "Warte, lies noch einmal die Aufgabe vor." S2: "Was sollen wir machen?" S3 (genervt): "Sortieren! Wer am meisten aushält." S2: "Okay." S1 (zeigt auf Phanerophyt): "Der". Sie bringt hier ihre eigene Annahme ein, denn sie hat noch keine Informationen erhalten. Sie positioniert den Phanerophyten auf Rang eins. Danach möchte sie anhand der Silhouetten das Einsteckschild zuordnen. Auch S2 beteiligt sich an der Zuordnung: "Nein, das da." S3 liest wieder vor: "Halt Stop. (...) Annuelle? Wo ist die Annuelle?"	00:02:17.3	00:02:40.8	00:00:23.5	QID 38 Aufgabenstellung Ranking

Phase 3_19022018 Tablet 3	#00:00:29.5# Nach dem Vorlesen der Instruktion ist S2 unklar, was zu machen ist. S2: "Was?" Er richtet sich auf und beide lesen gleichzeitig die Instruktionen leise erneut.	00:00:29.5	00:00:34.8	00:00:05.3	QID 38 Aufgabenstellung Ranking
---------------------------	--	------------	------------	------------	------------------------------------

4. K1 Codings v0-v4; Code: Usability Software/Belastung durch zu viele Anhänge

K1 Codings v0-v4; Code: Usability Software\Belastung durch zu viele Anhänge

Dokumentname	Segment	Anfang	Ende	Dauer
Phase 0_02022017_Tablet1	#00:02:41.9# S2: "Oh (bedauernd), guck mal wie viele Anhänge!" S1: "Wow!"	00:02:41.9	00:02:46.1	00:00:04.2
Phase 2_10112017 Tablet 3	Beim Vorlesen der Instruktion durch S2 schaut auch S1 auf den Bildschirm und merkt an: "Oh, das sind aber viele Anhänge!"	00:02:01.5	00:02:05.6	00:00:04.0
Phase 2_11012018 Tablet 3	#00:01:57.7# SuS entdecken die zugehörigen Anhänge zu QID 38: S2: "Ach du sch**** (...) oh f***, man (...) LOL."	00:01:57.7	00:02:05.4	00:00:07.6
Phase 3_23012018 Tablet 4	S2: "Guck mal die vielen Anhänge."	00:01:17.5	00:01:20.2	00:00:02.6
Phase 3_24012018 Tablet 3	S1: „Alter, wie viele Anhänge sind denn das!"	00:01:42.0	00:01:45.4	00:00:03.4

5. K1 Codings v2-v4; Code: Fachsprache

K1 Codings v2-v4; Code: Fachsprache

Dokumentname	Code	Segment	Anfang	Ende	Dauer
Phase 2_27102017_Tablet 7	Fachsprache korrekt	S1: "Thero (.), da ist es. Therophyt, Annuelle."	00:20:37.0	00:20:39.6	00:00:02.6
Phase 2_27102017_Tablet 7	Vermeiden Fachsprache	S1: "(unv.) da ist das noch besser als das."	00:21:14.8	00:21:17.6	00:00:02.7
Phase 2_27102017_Tablet 7	Vermeiden Fachsprache	S2: "Als Erstes der da, dann kommt /"	00:22:07.1	00:22:08.8	00:00:01.6
Phase 2_27102017_Tablet 7	Vermeiden Fachsprache	S2: "Ach nein (.), dann ist der da besser /"	00:22:19.7	00:22:21.9	00:00:02.1
Phase 2_27102017_Tablet 7	Vermeiden Fachsprache	S1: "(unv.) was hat denn der nochmal? (.) Guck mal, ich glaube, der hatte mehr."	00:23:10.8	00:23:12.3	00:00:01.5
Phase 2_27102017_Tablet 7	Fachsprache korrekt	S1: "Nein, das ist Chamaephyt (unv.)"	00:23:15.6	00:23:17.9	00:00:02.3
Phase 2_27102017_Tablet 7	Vermeiden Fachsprache	S1: "Das ist der da, der da."	00:23:19.3	00:23:21.7	00:00:02.4
Phase 2_27102017_Tablet 7	Vermeiden Fachsprache	Bei der Phase Sieger wählen: S2: "(unv.) die da, oder?"	00:25:13.3	00:25:16.4	00:00:03.1
Phase 2_27102017_Tablet 7	Vermeiden Fachsprache	Bei Phase der Tabellenauswertung: S2: "Der kommt (unv.) kaum vor, (...) und (.) die da kommt am meisten vor, auch wenn sie eigentlich nicht so weit, so lange überlebt als die anderen."	00:25:42.8	00:25:51.3	00:00:08.4
Phase 2_27102017_Tablet 7	Vermeiden Fachsprache	Bei Phase der Tabellenauswertung: S2: "Warte, (.) Welche war nochmal am Schlechtesten? (.) Die da, oder?"	00:25:56.7	00:25:58.6	00:00:01.8
Phase 2_10112017_Tablet 1	Fachsprache korrekt	#00:06:29.6# S2: „Ich glaub, das sind die komischen Chamaephyten, oder so.“	00:06:29.6	00:06:31.7	00:00:02.0
Phase 2_10112017_Tablet 1	Vermeiden Fachsprache	#00:06:56.4# S1 liest Auflösung zusammenfassend vor: "Ah, Phanero und Thero, ja, gut. /"	00:06:56.4	00:06:59.2	00:00:02.7
Phase 2_10112017_Tablet 1	Fachsprache korrekt	"Obwohl die Therophyten sau kälterestistent sind sind sie am wenigsten!"	00:07:34.6	00:07:39.2	00:00:04.5
Phase 2_10112017_Tablet 1	Fachsprache falsch	#00:09:29.8# S1: "Wie heißen die nochmal? (...) Hemitrophyten."	00:09:29.8	00:09:35.1	00:00:05.2
Phase 2_10112017_Tablet 1	Fachsprache korrekt	#00:09:37.6# S2: "Hemikro (.)" S1: "Hemikryptophyten."	00:09:37.6	00:09:40.6	00:00:03.0

Phase 2_10112017_Tablet 1	Vermeiden Fachsprache	S1 zeigt auf das Gras und dann auf die Geophyten: "Das sind die wo 22, die wo 15."	00:10:05.1	00:10:09.3	00:00:04.1
Phase 2_10112017_Tablet 1	Fachsprache korrekt	#00:10:39.2# S1 immer noch bei Texteingabe: "Wie nennt sich das denn? () Wie heißen die nochmal?" Er wendet sich den Siegerpflanzen zu. (...) "Cha (...) Ich muss schon wieder nachschauen, Alter, ich vergesse das immer." Er schaut wieder auf den Anhängen nach. "Merk dir mal Chamaephyten und Geophyten." S2 wiederholt: "Chamaephyten und Geophyten."	00:10:39.2	00:10:51.3	00:00:12.1
Phase 2_10112017_Tablet 1	Fachsprache korrekt	S1 macht Eingaben im Tablet-PC: "Chamae wars, (...) und Geo, nicht wahr? S2: "Ich glaube schon."	00:10:54.9	00:11:08.1	00:00:13.1
Phase 2_10112017_Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	S2 liest vor: "Wie ihr eben erarbeitet habt, besitzen Phan/() Haben wir die ausgewählt?" S1: "Ich weiß es nicht. (lacht)."	00:05:21.7	00:05:26.0	00:00:04.2
Phase 2_10112017_Tablet 3	Fachsprache korrekt	S2 liest weiter vor: "Phanerophyten () Nein, wir haben irgendwas mit Geo glaube ich gemacht ()"	00:05:26.4	00:05:32.7	00:00:06.2
Phase 2_11012018_Tablet 3	Fachsprache korrekt	#00:03:24.7# Beim Abgleich Anhänge-Originale: S1: "Also hier die Therophyten."	00:03:24.7	00:03:25.9	00:00:01.1
Phase 2_11012018_Tablet 3	Fachsprache falsch	#00:03:25.9# S1: "Anullen."	00:03:25.9	00:03:26.8	00:00:00.8
Phase 2_11012018_Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	#00:04:35.1# S1 liest vor: "-20 bis 40, das ist der Ch() S2: "Das ist der hier.S1: "Der kommt vor der hier."	00:04:35.1	00:04:39.2	00:00:04.1
Phase 2_11012018_Tablet 3	Fachsprache falsch	#00:04:41.8# Ranking ist bis auf Phanerophyt abgeschlossen. S1 liest Anhang. S2 spricht Phanerophyt an: "Jetzt entäusch mich nicht du Pane () Panephombotozyt. Lass die bitte mal so stehen."	00:04:41.8	00:04:46.9	00:00:05.0
Phase 2_11012018_Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	#00:06:15.4# Bei QID 103 Auswahl der Sieger MC-Optionen: S1: "Oh, f***, Mann. Pheneo ()" S2: "Das hier?" S1: "Und Thero()."	00:06:15.4	00:06:22.4	00:00:07.0

Phase 2_11012018 Tablet 3	Fachsprache falsch	#00:06:23.3# QID 39 Tabellenauswertung. S1 liest vor: "Wie ihr eben erarbeitet habt, besitzen Phenotypen und Therotypen bzw. Anuelle die beste Frostresistenz."	00:06:23.3	00:06:30.9	00:00:07.5
Phase 2_11012018 Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	#00:07:22.7# SuS erstellen sich anhand der Originale gedanklich ein neues Ranking als Hilfsmittel analog zur Vorkommen-Tabelle, ohne die Pflanzen umzusortieren. Jedoch benennen sie diese mit Jugendworten um. S2: "Warte mal, wo sind die Lelleks, die Lelleks machen, warte (.) (schaut wiederholt zwischen Tablet-PC und Originalen hin und her.) (unv.) Irgendwie, das hier sind die Boys (legt Hand an Chamaephyt) () S1: "Die kommen am häufigsten vor (zeigt auf Hemikryptophyt)." S2 legt Hand an Hemikryptophyt: "Das sind die Lelleks kommen am wenigsten (schaut auf App) ach, nein (zeigt auf Geophyt) Ultralelleks sind vorletzter und die (.) die (.) auf dem zweiten Platz."	00:07:22.7	00:07:39.4	00:00:16.7
Phase 2_11012018 Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	#00:07:43.8# S2: "Und warum kommen die Lelleks (zeigt auf Chamaephyt) dann am häufigsten vor?"	00:07:43.8	00:07:46.8	00:00:03.0
Phase 2_11012018 Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	S1: "Weil die näher am Boden sind." S2: "Okay." S1: "Weil der Rest, guck mal, das (zeigt auf Samenpflanze) survived irgendwie nicht."	00:07:46.8	00:07:51.1	00:00:04.2
Phase 2_11012018 Tablet 3	Fachsprache falsch	#00:07:58.8# S1: "Danach, Chemiophyten (schaut Original mit Einsteckschild an.)	00:07:58.8	00:08:02.1	00:00:03.2
Phase 2_11012018 Tablet 3	Fachsprache falsch	#00:08:05.1# S2 bezieht sich auf Chamaephyten: "Chlamydien, Alter."	00:08:05.1	00:08:07.5	00:00:02.4
Phase 2_11012018 Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	#00:08:55.4# Bei Texteingabe S2 möchte Tipperei minimieren: "machen wir einfach nur Phane (...)" S1: "Aber Hemi ist am meisten."	00:08:55.4	00:09:06.0	00:00:10.6
Phase 2_11012018 Tablet 3	Fachsprache falsch	#00:09:10.2# S1: "Hemikro (.) kropto (.)"	00:09:10.2	00:09:13.8	00:00:03.5

Phase 2_11012018 Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	#00:09:18.4# S2: "Platz zwei waren dann die Lelleks, die Chamas, nicht wahr?"	00:09:18.4	00:09:22.0	00:00:03.6
Phase 2_11012018 Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	00:09:45.0# S2: "Dann kam der, wer kam denn dann, dann kam die Ultralellek (Geophyt)." S1: "Nein, nicht die Ultralelleks (.) dann kam die Chamaephyten." S2: "Nein, die hab ich schon." S1: "Dann die Krypto, dann die, dann die Ultralelleks, (...) (beide lachen)"	00:09:45.0	00:09:59.4	00:00:14.4
Phase 2_11012018 Tablet 5	Fachsprache korrekt	S2: liest Instruktion: "Geophyten" und gleicht mit Pflanzen ab: "hier ist Geophyt" (positioniert Geophyt auf Rang 3)	00:05:04.9	00:05:08.4	00:00:03.4
Phase 2_11012018 Tablet 5	Fachsprache korrekt	S1: "Wie heißt das Ding?" (sucht in den Arbeitsmaterialien der App) S2 liest Einsteckschild am Original vor: "Phanerophyt"	00:06:19.8	00:06:26.4	00:00:06.6
Phase 2_11012018 Tablet 5	Fachsprache korrekt	#00:09:37.5# Bei der Wahl des Siegers zeigt S2 auf die entsprechenden Wuchsformen auf den ersten beiden Rankingplätzen: "Das ist Phanerophyt und Therophyt."	00:09:37.5	00:09:41.6	00:00:04.1
Phase 2_11012018 Tablet 5	Vermeiden Fachsprache	#00:06:59.1# S1: "Das kommt dahin, und das kommt da hin."	00:06:59.1	00:07:05.0	00:00:05.9
Phase 3_22012018 Tablet 4	Fachsprache falsch	"Zwiebelblumen"	00:10:49.7	00:10:53.6	00:00:03.8
Phase 3_22012018 Tablet 4	Fachsprache falsch	"Weißt du, was Hemokryptophyt ist?"	00:10:55.9	00:10:58.8	00:00:02.8
Phase 3_22012018 Tablet 4	Vermeiden Fachsprache	"Guck mal, was ist denn das? Das ist doch Ding, oder?"	00:11:43.6	00:11:46.2	00:00:02.6
Phase 3_22012018 Tablet 4	Fachsprache korrekt	S2 liest vor: "Phanerophyt. (.) Geophyt."	00:11:50.3	00:11:53.0	00:00:02.6
Phase 3_22012018 Tablet 4	Vermeiden Fachsprache	Ich würde die sagen.	00:11:56.0	00:12:00.1	00:00:04.0
Phase 3_22012018 Tablet 4	Fachsprache falsch	Die Chemophyt.	00:12:05.0	00:12:06.8	00:00:01.7
Phase 3_22012018 Tablet 4	Vermeiden Fachsprache	Und dann die	00:12:03.3	00:12:05.0	00:00:01.7
Phase 3_22012018 Tablet 4	Vermeiden Fachsprache	Phanolulu, (...)	00:13:44.7	00:13:47.1	00:00:02.4
Phase 3_22012018 Tablet 4	Fachsprache korrekt	Geophyt	00:13:51.7	00:13:54.0	00:00:02.3
Phase 3_23012018 Tablet 4	Vermeiden Fachsprache	S1: "Okay, also dieses (zeigt auf Geophyt, in dem das falsche Schild Hemikryptophyt steckt) obwohl die nicht so resistent ist, kommen die in den kalten Zonen am meisten vor, merk dir's, okay? Das ist die hier!" (zeigt erneut auf Geophyt mit falsch zugeordnetem Schild.)	00:09:24.4	00:09:33.0	00:00:08.5

Phase 3_23012018 Tablet 4	Fachsprache korrekt	#00:09:47.4# Bei Eingabe der Antwort zur Tabellenauswertung liest S1 vom Schild ab: "Ach Gott, Hemi (...) krypto (...) phyt."	00:09:47.4	00:09:52.9	00:00:05.5
Phase 3_23012018 Tablet 4	Fachsprache korrekt	#00:11:25.8# S1 liest auch hier für Antworteingabe vom Schild ab: "Phan (.) ero (.) phyt."	00:11:25.8	00:11:32.5	00:00:06.6
Phase 3_23012018 Tablet 4	Fachsprache falsch	S1 (freie Äußerung): "Ja, die sind nicht so frostresistent wie zum Beispiel die Pyro (...)."	00:11:55.0	00:11:59.0	00:00:04.0
Phase 3_23012018 Tablet 3	Fachsprache korrekt	#00:03:50.5# Bei Vorlesen der wesentlichen Informationen zum Sortieren. S2: "Dann kommt (...) Therophyten, Annuelle."	00:03:50.5	00:03:56.0	00:00:05.5
Phase 3_23012018 Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	#00:04:22.5# S2: "-10 bis -20° S1: "Was war das?" S2: "So eine Pussi-Pflanze" S1: "Was für eine?" S2: "Hemikryp (.) Hemi (...) Gräser, Rosettenpflanzen, Stauden."	00:04:22.5	00:04:36.1	00:00:13.5
Phase 3_24012018 Tablet 2	Fachsprache korrekt	S3 liest wieder vor: "Halt Stop. (...) Annuelle? Wo ist die Annuelle?"	00:02:39.6	00:02:43.3	00:00:03.7
Phase 3_24012018 Tablet 2	Vermeiden Fachsprache	S1: "Ist das das, was am meisten aushält?"	00:02:59.4	00:03:00.7	00:00:01.2
Phase 3_24012018 Tablet 2	Fachsprache korrekt	#00:03:50# S3 liest stichpunktartig vor: "Dann die Geophyten, Rüben, Zwiebeln, Knollen."	00:03:50.0	00:03:52.4	00:00:02.4
Phase 3_24012018 Tablet 2	Fachsprache falsch	#00:04:21.6# S3 liest vor: "Chama-ä-phyten."	00:04:21.6	00:04:24.5	00:00:02.9
Phase 3_24012018 Tablet 2	Vermeiden Fachsprache	S2 zeigt auf Pflanzen: "Das kommt nach da." S1: "Aber das war noch krasser." (fasst Therophyt kurz an)	00:03:15.7	00:03:20.5	00:00:04.8
Phase 3_24012018 Tablet 2	Fachsprache falsch	"Dann die Phenerophyten."	00:05:49.3	00:05:52.8	00:00:03.3
Phase 3_24012018 Tablet 2	Fachsprache korrekt	#00:06:04.0# Bei QID 103 Sieger wählen: S2 schaut zum Ranking: "Ja die beiden, dieses Phanerophyt und Therophyt."	00:06:04.0	00:06:11.3	00:00:07.3
Phase 3_24012018 Tablet 2	Vermeiden Fachsprache	S3 liest vor: "Wie ihr eben erarbeitet habt, besitzen Phanero(.)dingsdabums (...)	00:04:42.0	00:04:49.4	00:00:07.4
Phase 3_24012018 Tablet 2	Vermeiden Fachsprache	S3 liest vor: "und ja genau die höchsten Frostresistenzen."	00:04:53.0	00:04:54.8	00:00:01.8

Phase 3_24012018 Tablet 2	Vermeiden Fachsprache	S2: "Ja, dass die Dingsbumms da am häufigsten vorkommen."	00:06:31.8	00:06:37.8	00:00:06.0
Phase 3_24012018 Tablet 2	Vermeiden Fachsprache	S1: "Die Chama (...)"	00:07:16.1	00:07:19.2	00:00:03.1
Phase 3_24012018 Tablet 2	Vermeiden Fachsprache	S3: "Nein, die Hemikro."	00:07:19.2	00:07:22.8	00:00:03.6
Phase 3_24012018 Tablet 2	Vermeiden Fachsprache	S2: "Ja, und dass das da am wenigsten vorkommt."	00:07:29.4	00:07:33.0	00:00:03.5
Phase 3_19022018 Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	#00:05:45.1# S2: "Dann (...) die Dinger, die ihre Samen (.), ich glaube, das sind die Dinger, oder?." Er steckt Schild ein und liest Beschreibung. "Ja, Mutterpflanze stirbt."	00:05:45.1	00:05:52.6	00:00:07.4
Phase 3_19022018 Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	S1 hält ein Schild in der Hand: "Was ist das ?" S2 blättert in den Anhängen: "Ich glaub, das sind die Dinger, ich glaub, das war in der Mitte."	00:05:57.0	00:06:03.6	00:00:06.6
Phase 3_19022018 Tablet 3	Fachsprache falsch	S2: "Chamaephyten (.) Das sind die Chamamaephyten (...) Polsterpflanzen."	00:07:10.3	00:07:14.5	00:00:04.2
Phase 3_19022018 Tablet 3	Fachsprache falsch	S2: "Ähm (...) Pano (...)"	00:12:24.0	00:12:26.8	00:00:02.8
Phase 3_19022018 Tablet 3	Fachsprache korrekt	S2 liest nun in der App: "Das ist der (sehr langsam) Phan-erophyten."	00:12:26.8	00:12:31.1	00:00:04.3
Phase 3_19022018 Tablet 3	Fachsprache korrekt	S2 liest Schild des zweiten Siegers vor: "Und die Therophyten."	00:12:32.1	00:12:35.3	00:00:03.1
Phase 3_24012018 Tablet 3	Fachsprache falsch	Lesen in der App: S2: „Thero, Anulle“.	00:02:30.4	00:02:32.7	00:00:02.2
Phase 3_24012018 Tablet 3	Fachsprache falsch	S2: "Das ist die Thero-Anulle."	00:02:33.6	00:02:36.4	00:00:02.7
Phase 3_24012018 Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	S2: „Ach nein, es geht um das.“ Er zeigt auf das Horstgras.	00:03:25.3	00:03:28.3	00:00:02.9
Phase 3_24012018 Tablet 3	Fachsprache korrekt	Er fragt noch mal nach: „Wie heißt das? Geophyten (liest Schild vor)?“ S2 liest vom Tablet-PC ab: „Geophyten.“	00:03:50.2	00:03:53.7	00:00:03.4
Phase 3_24012018 Tablet 3	Fachsprache falsch	S2 liest vor: "Chamaephyten"	00:04:06.7	00:04:11.1	00:00:04.3

Phase 3_24012018 Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	S2: „Weil Baum hat (stockt überrascht) (...) 40 bis 196“ S3 steckt Schild in den Topf mit dem Baum. S2: „Müssen wir noch mal gucken“ (zeigt auf Samenpflanze auf Rang 1). S1 versetzt diese auf Rang 2. S2 setzt fort: „Ich glaube, die hat nämlich dasselbe gehabt.“ S1: „Ja, geh noch mal gucken. War ja das allererste“ S2: „20“ S1: „Ja, die ist krasser, der Baum“ (zeigt auf den Baum).	00:04:33.2	00:04:35.6	00:00:02.4
Phase 3_24012018 Tablet 3	Fachsprache korrekt	S2 zeigt auf die Siegerpositionen des Rankings. Beide gehen wieder näher heran. S2: „Phanerophyt“ S1 murmelt bei der Auswahl der MC-Antwort „Phanerophyt“	00:05:33.2	00:05:35.0	00:00:01.8
Phase 3_24012018 Tablet 3	Fachsprache falsch	„Chameaphyt (.) Nein, das ist die Anulle!“	00:05:41.6	00:05:44.9	00:00:03.2
Phase 3_24012018 Tablet 3	Fachsprache korrekt	S2 nimmt das richtige Schild und liest vor: „Therophyt. (...) Therophyt und Phanerophyt“	00:05:51.6	00:05:54.0	00:00:02.3
Phase 3_24012018 Tablet 3	Fachsprache falsch	S2: „60! Die Hemerophyten?“	00:06:37.5	00:06:39.9	00:00:02.3
Phase 3_24012018 Tablet 3	Fachsprache falsch	„Phaneotypen“	00:06:50.4	00:06:52.4	00:00:02.0
Phase 3_24012018 Tablet 3	Fachsprache falsch	S1: „Ja, die Hemi (.) Was wie heißen die?“	00:07:23.9	00:07:26.4	00:00:02.5
Phase 3_24012018 Tablet 3	Fachsprache falsch	Nein, Theophyt gibt es ganz wenig.	00:07:49.8	00:07:52.6	00:00:02.7
Phase 3_24012018 Tablet 3	Fachsprache falsch	Es fällt auf, dass die Hemiohyten (.) mikrophyten am meisten vorkommen.	00:08:04.9	00:08:07.2	00:00:02.2
Phase 3_24012018 Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	S2: „Desto mehr von denen! Also desto mehr von denen (Sieger) und desto weniger von denen (zeigt auf die unteren Rankings). Verstehst du was ich meine?“ S1: „Nein.“	00:08:31.2	00:08:33.5	00:00:02.3
Phase 3_24012018 Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	S2: „Je kälter es wird umso mehr wachsen von denen (zeigt erneut auf Sieger) und umso weniger von denen (zeigt wieder auf untere Ränge).“	00:08:36.9	00:08:39.4	00:00:02.5
Phase 3_24012018 Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	S3: „Doch, weil die (Sieger) die Temperaturen aushalten, die die (unteren Ränge) nicht mehr aushalten.“	00:08:43.0	00:08:46.3	00:00:03.2

Phase 3_24012018_Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	S1: „Ja. Ja aber diese hier (Zwiebelpflanze) wächst ja in den Gebieten wo dieser hier wächst (Baum) gar nicht erst.“ S2 ungläubig: „Die (Bäume) wachsen nicht? Natürlich!“ S3: „Die (Zwiebeln) wachsen nicht in den Gebieten wo die (Bäume) vorkommen.“	00:08:50.9	00:09:00.4	00:00:09.5
Phase 3_24012018_Tablet 3	Fachsprache falsch	S1: "Was ist das denn? (...) resistenten, wie schreibt man resistenten?"	00:09:38.7	00:09:41.8	00:00:03.0
Phase 3_24012018_Tablet 3	Fachsprache korrekt	S2: "resistentesten"	00:09:41.6	00:09:46.6	00:00:04.9
Phase 4_13062018_Tablet 4	Fachsprache korrekt	00:06:30.5# S1 liest vor: "Chamaephyten"	00:06:30.5	00:06:32.9	00:00:02.4
Phase 4_13062018_Tablet 4	Fachsprache korrekt	#00:07:45.1# S2 liest leise und fragt Partner: "Die Therophyten ist doch am resistentesten, oder?" S2: "Ja, die Samenpflanzen." Dann Hemikrypto(,)phyt.	00:07:45.1	00:07:50.8	00:00:05.7
Phase 4_13062018_Tablet 4	Fachsprache korrekt	S2 gleich noch mal das Diagramm mit den Originalen ab: "Am wenigsten hat der Geophyt, dann Hemikryptophyt."	00:08:54.8	00:08:57.8	00:00:02.9
Phase 4_13062018_Tablet 4	Fachsprache korrekt	"Am besten sind Phanerophyt und Therophyt."	00:10:53.2	00:10:56.7	00:00:03.5
Phase 4_13062018_Tablet 4	Vermeiden Fachsprache	Die, die am kälteresistentesten sind, treten am seltensten auf."	00:12:17.0	00:12:23.3	00:00:06.3
Phase 4_13062018_Tablet 4	Fachsprache korrekt	S1: "Hemikryptophyt."	00:12:26.0	00:12:29.2	00:00:03.2
Phase 4_13062018_Tablet 4	Fachsprache korrekt	Die Hemikryptophyten, wollen wir das hinschreiben?	00:14:42.8	00:14:47.3	00:00:04.4
Phase 4_13062018_Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	S1 liest nur stichpunktartig deutschsprachige Beispiele aus dem Sketchvideo vor, vermeidet dabei den Fachbegriff, mit dem S2 die Einsteckschilder abgleichen könnte: "Rüben, Zwiebeln, Knollen"	00:03:09.8	00:03:11.8	00:00:01.9
Phase 4_13062018_Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	S1 liest auch hier nur den deutschen Begriff vor: "Samenpflanze" #00:03:53.3# S2 beim Abgleich der Instruktionen mit den Originalen: "Also vom Bild her hätte ich das (zeigt auf Geophyt, derzeit in Blüte) gesagt, weil da sind Blüten dran und da (App) nicht. S1: "Ja gut, dann hol das."	00:03:34.0	00:03:35.8	00:00:01.7
Phase 4_13062018_Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	S2: "Was kommt jetzt?" S1 liest vor: "Gräser, Rosettenpflanzen, Stauden"	00:04:03.0	00:04:05.6	00:00:02.6

Phase 4_13062018 Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	#00:04:30.8# S1 liest vor: "Zwergsträucher, Polsterpflanzen"	00:04:30.8	00:04:33.4	00:00:02.5
Phase 4_13062018 Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	#00:04:37.2# S1: "Ich würde sagen das da (zeigt auf Originale) ist das (...) die Chamae (...)" S2: "Welches, das da?" S1: "Ja."	00:04:37.2	00:04:42.7	00:00:05.5
Phase 4_13062018 Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	#00:05:11.3# S2: "Also das Plane (.) Planeo (.), das da hinten." S1: "Ja."	00:05:11.3	00:05:15.1	00:00:03.7
Phase 4_13062018 Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	S2 schaut sich mit S1 das Diagramm an und zeigt auf Tablet-PC: "Das Schlechteste ist das."	00:05:59.5	00:06:01.1	00:00:01.6
Phase 4_13062018 Tablet 3	Fachsprache korrekt	S1: "Ja, Geophyt."	00:06:01.1	00:06:03.1	00:00:01.9
Phase 4_13062018 Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	#00:06:04.7# S1: "Ja, da hinten das."	00:06:04.7	00:06:06.2	00:00:01.5
Phase 4_13062018 Tablet 3	Fachsprache falsch	"Dann Planeo (.)"	00:06:10.8	00:06:13.5	00:00:02.7
Phase 4_13062018 Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	S1: "Dann kommt (...) ähm (...) dann (...) das mit Ch, das (zeigt auf Chamaephyt)."	00:06:28.2	00:06:36.5	00:00:08.2
Phase 4_13062018 Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	S1: "Dann kommt (...) ähm, He, das da kommt als letztes."	00:06:40.7	00:06:45.2	00:00:04.5
Phase 4_13062018 Tablet 3	Vermeiden Fachsprache	S1: "Und dann das."	00:06:49.3	00:06:51.4	00:00:02.0
Phase 4_13062018 Tablet 3	Fachsprache korrekt	Bei Eingabe der Textantwort nach Tabellenauswertung: S1 spricht während des Tippens: "Dass Hemi-krypto" S2 unterbricht: "Oh Gott, das ist das schwerste Wort von allen." S1: "Ich finde kein y (.) ah, hier (.) kre" S2 liest von Einsteckschild ab: "kryptophyt"	00:08:27.3	00:08:38.5	00:00:11.1
Phase 4_14062018_Tablet 2	Fachsprache korrekt	SuS schauen sich zusammen das Video zu den Wuchsformen an. S2 liest sogar die sich entwickelnde Schrift vor: "Geophyten..."	00:02:42.5	00:00:00.9	0,14
Phase 4_14062018_Tablet 2	Fachsprache korrekt	Beim Erstellen des Ranking reicht S2 mit dem Tablet-PC in der einen, die korrekte Pflanze mit der anderen Hand an S1 weiter: S2: "So, also Geophyt, der ist ganz schlecht, der kommt auf den letzten Platz."	00:05:48.7	00:05:52.3	00:00:03.6
Phase 4_14062018_Tablet 2	Fachsprache korrekt	S2: "Dritter Platz (...) Hemi (.) Hemikry(.)ptophyt (.) vierter Platz"	00:05:58.2	00:06:04.8	00:00:06.6
Phase 4_14062018_Tablet 2	Fachsprache korrekt	S2: "Dritter Platz (...) Chamaephyt."	00:06:06.7	00:06:10.2	00:00:03.4

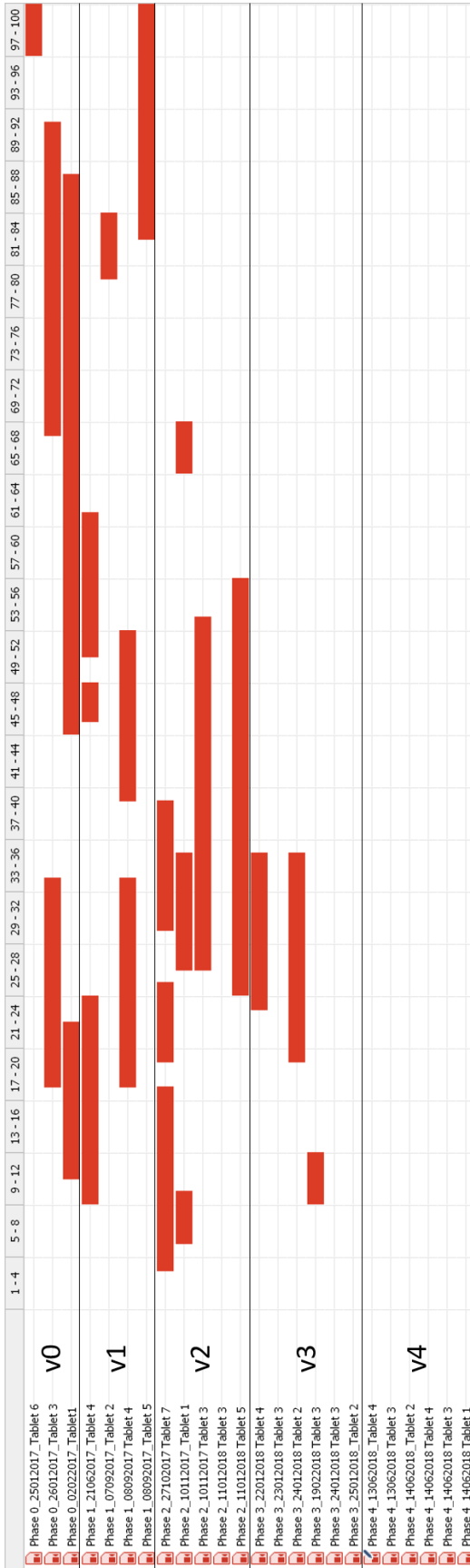
Phase 4_14062018_Tablet 2	Fachsprache korrekt	S2: "Zweiter Platz (.) (S1 hat jedoch Therophyt in der Hand) Warte, warte, warte, Phanerophyt! Phanerophyt."	00:06:12.7	00:06:19.8	00:00:07.1
Phase 4_14062018_Tablet 2	Fachsprache korrekt	Bei Auswahl der MC Optionen bei QID 103. S2: "Therophyt war das und (unv.)"	00:07:59.3	00:08:00.5	00:00:01.2
Phase 4_14062018_Tablet 2	Fachsprache korrekt	Beim Vorlesen: S2: "Wie ihr eben erarbeiten habt, besitzen Phanerophyten und Therophyten..."	00:08:13.0	00:08:19.2	00:00:06.2
Phase 4_14062018_Tablet 2	Fachsprache korrekt	Bei Tabellenauswertung (freies Sprechen): S1: "Nein, Therophyt ist das Kälteste."	00:08:52.7	00:08:54.2	00:00:01.4
Phase 4_14062018_Tablet 2	Fachsprache korrekt	S2 macht sich anhand der Originale und des Diagramms ein Bild von der tatsächlichen Verteilung. S2: "und dann kommt Geophyt"	00:09:00.0	00:09:01.9	00:00:01.9
Phase 4_14062018_Tablet 4	Fachsprache korrekt	S2 beim Vorlesen: "Chamae (.) Chamaephyten."	00:07:13.5	00:00:03.9	0,42
Phase 4_14062018_Tablet 4	Fachsprache korrekt	S2 beim Vorlesen aus Diagramm: "Dann das mit C (.) Chamaephyten."	00:09:02.8	00:00:05.6	0,60
Phase 4_14062018_Tablet 4	Fachsprache falsch	S1 beim Vorlesen von Einsteckschild: "Chama-ephyt."	00:09:02.8	00:09:05.2	00:00:02.3
Phase 4_14062018_Tablet 4	Fachsprache korrekt	S2 beim Vorlesen aus Diagramm: "Dann Hemikryptophyt."	00:09:08.1	00:09:11.6	00:00:03.5
Phase 4_14062018_Tablet 4	Vermeiden Fachsprache	S1: "Ja, und dann das Thero (...), das Zweite."	00:10:40.6	00:10:44.4	00:00:03.8
Phase 4_14062018_Tablet 4	Fachsprache korrekt	S2: "Also die (.) die wo ich nicht sprechen kann (lacht)" (liest langsam weiter) "die Hemikryptophyten kommen am häufigsten vor."	00:11:35.8	00:11:44.9	00:00:09.0
Phase 4_14062018_Tablet 4	Vermeiden Fachsprache	"Dann die mit C."	00:11:53.6	00:11:56.4	00:00:02.7
Phase 4_14062018_Tablet 4	Vermeiden Fachsprache	"Und dann die mit G. (.) Geophyt."	00:12:00.8	00:12:04.1	00:00:03.3
Phase 4_14062018_Tablet 4	Fachsprache korrekt	Geophyt	00:12:04.2	00:12:04.9	00:00:00.7
Phase 4_14062018_Tablet 4	Fachsprache korrekt	S2: "Dann die Therophyten."	00:12:08.7	00:12:12.0	00:00:03.2
Phase 4_14062018_Tablet 3	Fachsprache korrekt	#00:05:37.7# Bei QID 38, Teilaufgabe Zuordnen schauen sich SuS zunächst gemeinsam das Video an. Am Ende gleicht S2 die Originale und die Einsteckschilder mit den Infos von S1 ab, die die Fachbegriffe vom letzten Standbild des Videos abliest: S1: "Geophyten (...)" S2: "Ja." S1: "Therophyten (...) Hemikryptophö (.) Hemikryptophyten, Chamaephyten und Phanerophyten." S2: "Schön gesagt."	00:05:37.7	00:05:48.4	00:00:10.6

Phase 4_14062018 Tablet 3	Fachsprache korrekt	#00:06:14.3# Nach Abschluss den Videos sieht sich S1 auswahlweise wieder die einzelnen Beschreibungen an und fasst das Wesentliche zusammen, S2 gleicht mit Originale ab. S1: "Die Therophyten"	00:06:14.3	00:06:16.4	00:00:02.1
Phase 4_14062018 Tablet 3	Fachsprache korrekt	#00:06:42.0# S1: "Dann Hemikryptophyten"	00:06:42.0	00:06:46.3	00:00:04.3
Phase 4_14062018 Tablet 3	Fachsprache korrekt	#00:07:10.9# S1: "Die Chamae(,)phyten, Chamaephyten."	00:07:10.9	00:07:15.0	00:00:04.0
Phase 4_14062018 Tablet 3	Fachsprache falsch	#00:09:00.8# Bei Diagrammauswertung gleichen SuS ihr Ranking mit den Daten ab: S2: "Also, die Therkrophyten ist das Zweite und das Phaneo das Erste."	00:09:00.8	00:09:05.1	00:00:04.2
Phase 4_14062018 Tablet 3	Fachsprache korrekt	#00:10:16.8# Beim Sortieren der Töpfe (frei gesprochen). S2: "Geophyt muss auf das letzte."	00:10:16.8	00:10:20.0	00:00:03.2
Phase 4_14062018 Tablet 3	Fachsprache korrekt	#00:10:33.7# Nach dem Sortieren überprüft das Team das Ranking. Dazu liest S1 aus der App Auswertung vor, S2 gleicht mit dem Ranking der Originale ab S1: "Also am resistentesten ist Phanerophyt, dann kommThero(,)phyt, (...) S2: "Dann Chamae(,)" S1: "Dann Chamaephyt, (...) S2: "Dann Hemikryptophyt und dann Geophyt." S1: "Ja."	00:10:33.7	00:10:45.9	00:00:12.2
Phase 4_14062018 Tablet 3	Fachsprache korrekt	#00:11:26.7# Bei QID 103, Sieger wählen: S2: "Na, Therophyt und Phanerophyt."	00:11:26.7	00:11:29.5	00:00:02.8

Phase 4_14062018 Tablet 1	Vermeiden Fachsprache	#00:03:23.8# SuS haben die Beschreibung der ersten Wuchsformen aus dem Video entnommen. S3: "Ja, eins ist dann das." (tippt auf Einsteckschild und nimmt es in die Hand) S1: "Nein (zeigt auf Geophyt), das ist Knolle." S3: "Ach so, ja die da." S1: "Ich denke das Zweite ist das, das wird irgendwas mit dem zu tun haben." S2 nimmt anderes Einsteckschild: "Das ist das." (steckt Schild zum Geophyten) S1: "Das sind Knollen, denk ich mal, das sieht irgendwie so aus."	00:03:23.8	00:03:36.3	00:00:12.4
Phase 4_14062018 Tablet 1	Vermeiden Fachsprache	#00:04:27.3# S1 liest Instruktionen vor: "Gräser"	00:04:27.3	00:04:27.8	00:00:00.5
Phase 4_14062018 Tablet 1	Fachsprache falsch	#00:04:42.2# S2 nimmt Einsteckschild, liest leise und sagt: "Champagner."	00:04:42.2	00:04:44.8	00:00:02.5
Phase 4_14062018 Tablet 1	Vermeiden Fachsprache	#00:04:56.1# S1 instruiert weiter: "Polsterpflanzen"	00:04:56.1	00:04:57.9	00:00:01.7
Phase 4_14062018 Tablet 1	Vermeiden Fachsprache	#00:05:10.6# S2 beim Abgleich der Angaben in der App mit Originalen: "Ich denk schon das das die sind (zeigt in Richtung Originale) und das ist dann der andere Kollege."	00:05:10.6	00:05:13.5	00:00:02.8
Phase 4_14062018 Tablet 1	Fachsprache falsch	#00:05:16.8# S2 liest Einsteckschild: "Phanore, (,) e (,), ja."	00:05:16.8	00:05:19.9	00:00:03.0
Phase 4_14062018 Tablet 1	Vermeiden Fachsprache	"Phano"	00:06:21.7	00:06:22.7	00:00:01.0
Phase 4_14062018 Tablet 1	Vermeiden Fachsprache	"Also, aber nein, nein, nein, (,) Thero ist noch größer."	00:06:27.3	00:06:30.4	00:00:03.1
Phase 4_14062018 Tablet 1	Vermeiden Fachsprache	"Dann der andere auf dem Zweiten."	00:06:36.0	00:06:38.0	00:00:02.0
Phase 4_14062018 Tablet 1	Vermeiden Fachsprache	"Was friert denn krasser? Oder friert das da (zeigt auf Phanerophyt) doch krasser? (...) Wegen Frostschutz (liest ab) das hat -40 bis -196 und das da macht von -20 (...)."	00:06:38.5	00:06:41.6	00:00:03.1
Phase 4_14062018 Tablet 1	Fachsprache korrekt	"Ich weiß es gerade nicht. (...) Nein, warte, warte, warte (...) die Therophyten (,) ja, nein, so stimmt."	00:06:54.5	00:06:57.6	00:00:03.0

Phase 4_14062018 Tablet 1	Vermeiden Fachsprache	#00:07:03.4# S1 diktiert die Rankingreihenfolge weiter: "So, dann (.) Champagner (...) Hemi (unv.) und Geo."	00:07:03.4	00:07:11.4	00:00:08.0
Phase 4_14062018 Tablet 1	Fachsprache korrekt	"Also Therophyten (.) und Phanophyten (.) Phanerophyten."	00:07:58.1	00:08:03.6	00:00:05.5
Phase 4_14062018 Tablet 1	Fachsprache falsch	S1: "Die Gräser sind am meisten in denen Permafrostgebieten." S3: "Hm." (zustimmend) S1: " Dann kommen die Champagner (.)	00:08:48.3	00:09:11.0	00:00:22.6
Phase 4_14062018 Tablet 1	Vermeiden Fachsprache	S1: " dann die 4 (...) 3 (...) 5 (...)" S3: "5 (...) 2 (...) 1 (...)" S1 wiederholt: " 4-3-5-1-2"	00:08:52.6	00:08:54.8	00:00:02.2
Phase 4_14062018 Tablet 1	Vermeiden Fachsprache	Beim Formulieren der Textantwort für die Interpretation: S1: "Obwohl Phano, also das zweite und (.) theoretisch besser an Frost angepasst sind, kommen sie seltener vor."	00:10:51.4	00:10:56.1	00:00:04.6

6. K1 Dokumentenvergleichsdiagramm zum Code: Usability Software/
 Verständnisschwierigkeiten Instruktion



7. K1 Codings v0-v4 Code: Phasendauer:

K1 Codings v0; Code: Phasendauer

Dokumentname	Code	Anfang	Ende	Dauer
Phase 0_25012017_Tablet 6	Phasen an K1\Phase Aufräumen der Station	00:12:24.8	00:12:50.9	00:00:26.1
Phase 0_26012017_Tablet 3	Phasen an K1\Phase Aufräumen der Station	00:09:40.0	00:09:52.4	00:00:12.4
Phase 0_02022017_Tablet1	Phasen an K1\Phase Aufräumen der Station	00:10:50.7	00:11:23.1	00:00:32.4
Phase 0_25012017_Tablet 6	Phasen an K1\Phase QID 37 Frost Klimazonen	00:00:00.0	00:01:03.9	00:01:03.8
Phase 0_02022017_Tablet1	Phasen an K1\Phase QID 37 Frost Klimazonen	00:00:18.0	00:02:27.9	00:02:09.9
Phase 0_25012017_Tablet 6	Phasen an K1\Phase QID 38 Sortieren	00:01:04.0	00:07:22.1	00:06:18.0
Phase 0_26012017_Tablet 3	Phasen an K1\Phase QID 38 Sortieren	00:00:18.9	00:05:26.8	00:05:07.9
Phase 0_02022017_Tablet1	Phasen an K1\Phase QID 38 Sortieren	00:02:27.8	00:08:00.6	00:05:32.7
Phase 0_25012017_Tablet 6	Phasen an K1\Phase QID 39 Tabellenauswertung	00:07:46.2	00:12:24.8	00:04:38.6
Phase 0_26012017_Tablet 3	Phasen an K1\Phase QID 39 Tabellenauswertung	00:05:26.9	00:09:39.9	00:04:13.0
Phase 0_02022017_Tablet1	Phasen an K1\Phase QID 39 Tabellenauswertung	00:08:00.6	00:10:50.6	00:02:49.9

K1 Codings v1; Code: Phasendauer

Dokumentname	Code	Anfang	Ende	Dauer
Phase 1_21062017_Tablet 4	Phasen an K1\Phase Aufräumen der Station	00:05:31.6	00:07:09.7	00:01:38.1
Phase 1_07092017_Tablet 2	Phasen an K1\Phase Aufräumen der Station	00:09:31.4	00:09:40.3	00:00:08.8
Phase 1_08092017_Tablet 4	Phasen an K1\Phase Aufräumen der Station	00:11:53.8	00:12:15.5	00:00:21.7
Phase 1_08092017_Tablet 5	Phasen an K1\Phase Aufräumen der Station	00:10:39.3	00:11:10.0	00:00:30.7
Phase 1_07092017_Tablet 2	Phasen an K1\Phase QID 37 Frost Klimazonen	00:01:30.9	00:02:41.1	00:01:10.2
Phase 1_08092017_Tablet 4	Phasen an K1\Phase QID 37 Frost Klimazonen	00:00:27.6	00:02:03.9	00:01:36.2
Phase 1_21062017_Tablet 4	Phasen an K1\Phase QID 38 Sortieren	00:01:48.9	00:05:10.6	00:03:21.6
Phase 1_07092017_Tablet 2	Phasen an K1\Phase QID 38 Sortieren	00:02:41.0	00:07:50.4	00:05:09.3
Phase 1_08092017_Tablet 4	Phasen an K1\Phase QID 38 Sortieren	00:02:03.9	00:11:53.8	00:09:49.8
Phase 1_08092017_Tablet 5	Phasen an K1\Phase QID 38 Sortieren	00:00:25.3	00:09:27.7	00:09:02.4
Phase 1_07092017_Tablet 2	Phasen an K1\Phase QID 39 Tabellenauswertung	00:07:50.4	00:08:10.3	00:00:19.9
Phase 1_08092017_Tablet 5	Phasen an K1\Phase QID 39 Tabellenauswertung	00:09:27.7	00:10:39.3	00:01:11.5
Phase 1_21062017_Tablet 4	Phasen an K1\Phase QID 39 Tabellenauswertung	usability/Ladezeit	Frage QID 39 übersprungen	
Phase 1_08092017_Tablet 4	Phasen an K1\Phase QID 39 Tabellenauswertung	usability/Ladezeit	Frage QID 39 übersprungen	

K1 Codings v2; Code: Phasendauer

Dokumentname	Code	Anfang	Ende	Dauer
Phase 2_10112017_Tablet 1	Phasen an K1\Phase Aufräumen der Station	00:12:15.6	00:12:45.8	00:00:30.1
Phase 2_10112017_Tablet 3	Phasen an K1\Phase Aufräumen der Station	00:07:26.9	00:07:45.3	00:00:18.3
Phase 2_11012018_Tablet 3	Phasen an K1\Phase Aufräumen der Station	00:10:25.9	00:11:00.3	00:00:34.4
Phase 2_11012018_Tablet 5	Phasen an K1\Phase Aufräumen der Station	00:13:55.6	00:14:43.9	00:00:48.3
Phase 2_27102017_Tablet 7	Phasen an K1\Phase QID 103 Sieger wählen	00:24:58.9	00:25:23.4	00:00:24.4
Phase 2_10112017_Tablet 1	Phasen an K1\Phase QID 103 Sieger wählen	00:06:18.8	00:06:53.7	00:00:34.9
Phase 2_10112017_Tablet 3	Phasen an K1\Phase QID 103 Sieger wählen	00:04:42.2	00:05:21.7	00:00:39.4
Phase 2_11012018_Tablet 3	Phasen an K1\Phase QID 103 Sieger wählen	00:06:09.2	00:06:23.3	00:00:14.0
Phase 2_11012018_Tablet 5	Phasen an K1\Phase QID 103 Sieger wählen	00:09:28.7	00:09:54.0	00:00:25.2
Phase 2_27102017_Tablet 7	Phasen an K1\Phase QID 37 Frost Klimazonen	00:00:52.9	00:03:52.5	00:02:59.5
Phase 2_10112017_Tablet 1	Phasen an K1\Phase QID 37 Frost Klimazonen	00:00:27.0	00:02:16.6	00:01:49.6
Phase 2_10112017_Tablet 3	Phasen an K1\Phase QID 37 Frost Klimazonen	00:00:08.5	00:01:08.3	00:00:59.8
Phase 2_27102017_Tablet 7	Phasen an K1\Phase QID 38 Sortieren	00:18:50.5	00:24:38.6	00:05:48.1
Phase 2_10112017_Tablet 1	Phasen an K1\Phase QID 38 Sortieren	00:02:16.6	00:06:18.8	00:04:02.1
Phase 2_10112017_Tablet 3	Phasen an K1\Phase QID 38 Sortieren	00:01:08.3	00:04:42.2	00:03:33.8
Phase 2_11012018_Tablet 3	Phasen an K1\Phase QID 38 Sortieren	00:01:45.3	00:06:09.3	00:04:23.9
Phase 2_11012018_Tablet 5	Phasen an K1\Phase QID 38 Sortieren	00:02:13.9	00:09:28.7	00:07:14.7
Phase 2_27102017_Tablet 7	Phasen an K1\Phase QID 39 Tabellenauswertung	00:25:23.4	00:27:40.2	00:02:16.8
Phase 2_10112017_Tablet 1	Phasen an K1\Phase QID 39 Tabellenauswertung	00:06:53.6	00:12:15.6	00:05:21.9
Phase 2_10112017_Tablet 3	Phasen an K1\Phase QID 39 Tabellenauswertung	00:05:21.7	00:07:27.0	00:02:05.2
Phase 2_11012018_Tablet 3	Phasen an K1\Phase QID 39 Tabellenauswertung	00:06:23.3	00:10:25.9	00:04:02.5
Phase 2_11012018_Tablet 5	Phasen an K1\Phase QID 39 Tabellenauswertung	00:09:54.1	00:13:55.4	00:04:01.2

K1 Codings v3; Code: Phasendauer

Dokumentname	Code	Anfang	Ende	Dauer
Phase 3_22012018_Tablet 4	Phasen an K1\Phase Aufräumen der Station	00:23:09.0	00:23:41.4	00:00:32.3
Phase 3_23012018_Tablet 4	Phasen an K1\Phase Aufräumen der Station	00:12:12.9	00:12:39.1	00:00:26.2
Phase 3_23012018_Tablet 3	Phasen an K1\Phase Aufräumen der Station	00:10:29.5	00:11:05.4	00:00:35.9
Phase 3_24012018_Tablet 2	Phasen an K1\Phase Aufräumen der Station	00:09:01.0	00:09:18.5	00:00:17.5
Phase 3_19022018_Tablet 3	Phasen an K1\Phase Aufräumen der Station	00:15:00.2	00:15:57.8	00:00:57.5
Phase 3_24012018_Tablet 3	Phasen an K1\Phase Aufräumen der Station	00:13:21.2	00:14:12.8	00:00:51.5
Phase 3_25012018_Tablet 2	Phasen an K1\Phase Aufräumen der Station	00:10:29.8	00:10:58.3	00:00:28.5
Phase 3_22012018_Tablet 4	Phasen an K1\Phase QID 103 Sieger wählen	00:13:39.1	00:13:55.7	00:00:16.6
Phase 3_23012018_Tablet 4	Phasen an K1\Phase QID 103 Sieger wählen	00:07:36.6	00:08:12.6	00:00:35.9
Phase 3_23012018_Tablet 3	Phasen an K1\Phase QID 103 Sieger wählen	00:06:52.6	00:07:04.8	00:00:12.1
Phase 3_24012018_Tablet 2	Phasen an K1\Phase QID 103 Sieger wählen	00:05:56.0	00:06:28.9	00:00:32.8
Phase 3_19022018_Tablet 3	Phasen an K1\Phase QID 103 Sieger wählen	00:12:15.3	00:12:41.4	00:00:26.1
Phase 3_24012018_Tablet 3	Phasen an K1\Phase QID 103 Sieger wählen	00:05:26.8	00:06:01.4	00:00:34.5
Phase 3_25012018_Tablet 2	Phasen an K1\Phase QID 103 Sieger wählen	00:07:47.9	00:08:43.6	00:00:55.6
Phase 3_22012018_Tablet 4	Phasen an K1\Phase QID 37 Frost Klimazonen	00:07:06.8	00:08:47.9	00:01:41.1
Phase 3_23012018_Tablet 4	Phasen an K1\Phase QID 37 Frost Klimazonen	00:00:00.0	00:00:54.0	00:00:54.0
Phase 3_23012018_Tablet 3	Phasen an K1\Phase QID 37 Frost Klimazonen	00:00:12.7	00:01:29.0	00:01:16.3
Phase 3_24012018_Tablet 2	Phasen an K1\Phase QID 37 Frost Klimazonen	00:00:34.5	00:01:34.9	00:01:00.4
Phase 3_19022018_Tablet 3	Phasen an K1\Phase QID 37 Frost Klimazonen	00:00:12.9	00:01:16.8	00:01:03.8
Phase 3_24012018_Tablet 3	Phasen an K1\Phase QID 37 Frost Klimazonen	00:00:11.5	00:00:52.4	00:00:40.8
Phase 3_25012018_Tablet 2	Phasen an K1\Phase QID 37 Frost Klimazonen	00:00:16.5	00:01:07.1	00:00:50.6
Phase 3_22012018_Tablet 4	Phasen an K1\Phase QID 38 Sortieren	00:08:48.0	00:13:39.1	00:04:51.1
Phase 3_23012018_Tablet 4	Phasen an K1\Phase QID 38 Sortieren	00:00:54.0	00:07:36.4	00:06:42.4
Phase 3_23012018_Tablet 3	Phasen an K1\Phase QID 38 Sortieren	00:01:29.0	00:06:52.7	00:05:23.6
Phase 3_24012018_Tablet 2	Phasen an K1\Phase QID 38 Sortieren	00:01:34.8	00:05:56.0	00:04:21.1
Phase 3_19022018_Tablet 3	Phasen an K1\Phase QID 38 Sortieren	00:01:16.8	00:12:15.3	00:10:58.4
Phase 3_24012018_Tablet 3	Phasen an K1\Phase QID 38 Sortieren	00:00:52.4	00:05:26.7	00:04:34.2

Phase 3_25012018_Tablet 2	Phasen an K1\Phase QID 38 Sortieren	00:01:07.3	00:07:47.9	00:06:40.6
Phase 3_22012018_Tablet 4	Phasen an K1\Phase QID 39 Tabellenauswertung	00:13:55.6	00:23:09.0	00:09:13.3
Phase 3_23012018_Tablet 4	Phasen an K1\Phase QID 39 Tabellenauswertung	00:08:12.6	00:12:12.7	00:04:00.1
Phase 3_23012018_Tablet 3	Phasen an K1\Phase QID 39 Tabellenauswertung	00:07:04.8	00:10:29.4	00:03:24.6
Phase 3_24012018_Tablet 2	Phasen an K1\Phase QID 39 Tabellenauswertung	00:06:29.0	00:09:00.3	00:02:31.3
Phase 3_19022018_Tablet 3	Phasen an K1\Phase QID 39 Tabellenauswertung	00:12:41.4	00:15:00.2	00:02:18.8
Phase 3_24012018_Tablet 3	Phasen an K1\Phase QID 39 Tabellenauswertung	00:06:01.5	00:13:21.2	00:07:19.6
Phase 3_25012018_Tablet 2	Phasen an K1\Phase QID 39 Tabellenauswertung	00:08:43.5	00:10:29.8	00:01:46.2

K1 Codings v4; Code: Phasendauer

Dokumentname	Code	Anfang	Ende	Dauer
Phase 4_13062018_Tablet 4	Phasen an K1\Phase Aufräumen der Station	00:15:32.5	00:16:20.1	00:00:47.6
Phase 4_13062018_Tablet 3	Phasen an K1\Phase Aufräumen der Station	00:09:32.7	00:09:36.0	00:00:03.3
Phase 4_14062018_Tablet 2	Phasen an K1\Phase Aufräumen der Station	00:10:31.8	00:11:02.3	00:00:30.4
Phase 4_14062018_Tablet 4	Phasen an K1\Phase Aufräumen der Station	00:15:14.1	00:15:32.2	00:00:18.0
Phase 4_14062018_Tablet 3	Phasen an K1\Phase Aufräumen der Station	00:13:37.0	00:14:21.0	00:00:43.9
Phase 4_14062018_Tablet 1	Phasen an K1\Phase Aufräumen der Station	00:10:51.0	00:11:20.9	00:00:29.8
Phase 4_13062018_Tablet 4	Phasen an K1\Phase QID 103 Sieger wählen	00:10:47.8	00:11:12.1	00:00:24.2
Phase 4_13062018_Tablet 3	Phasen an K1\Phase QID 103 Sieger wählen	00:07:34.7	00:07:54.7	00:00:20.0
Phase 4_14062018_Tablet 2	Phasen an K1\Phase QID 103 Sieger wählen	00:07:44.0	00:08:03.2	00:00:19.1
Phase 4_14062018_Tablet 4	Phasen an K1\Phase QID 103 Sieger wählen	00:10:27.5	00:10:59.9	00:00:32.4
Phase 4_14062018_Tablet 3	Phasen an K1\Phase QID 103 Sieger wählen	00:11:20.8	00:11:40.5	00:00:19.6
Phase 4_14062018_Tablet 1	Phasen an K1\Phase QID 103 Sieger wählen	00:07:49.2	00:08:11.6	00:00:22.4
Phase 4_13062018_Tablet 4	Phasen an K1\Phase QID 37 Frost Klimazonen	00:00:00.0	00:01:48.7	00:01:48.7
Phase 4_13062018_Tablet 3	Phasen an K1\Phase QID 37 Frost Klimazonen	00:00:12.1	00:01:28.6	00:01:16.4
Phase 4_14062018_Tablet 2	Phasen an K1\Phase QID 37 Frost Klimazonen	00:00:05.8	00:01:14.8	00:01:08.9
Phase 4_14062018_Tablet 4	Phasen an K1\Phase QID 37 Frost Klimazonen	00:00:24.2	00:02:09.4	00:01:45.1
Phase 4_14062018_Tablet 3	Phasen an K1\Phase QID 37 Frost Klimazonen	00:03:09.6	00:03:47.8	00:00:38.2
Phase 4_14062018_Tablet 1	Phasen an K1\Phase QID 37 Frost Klimazonen	00:00:10.7	00:01:30.4	00:01:19.6
Phase 4_13062018_Tablet 4	Phasen an K1\Phase QID 38 Sortieren	00:01:48.7	00:10:47.8	00:08:59.1
Phase 4_13062018_Tablet 3	Phasen an K1\Phase QID 38 Sortieren	00:01:28.6	00:07:34.7	00:06:06.1
Phase 4_14062018_Tablet 2	Phasen an K1\Phase QID 38 Sortieren	00:01:14.8	00:07:28.9	00:06:14.0
Phase 4_14062018_Tablet 4	Phasen an K1\Phase QID 38 Sortieren	00:02:09.4	00:10:27.5	00:08:18.0
Phase 4_14062018_Tablet 3	Phasen an K1\Phase QID 38 Sortieren	00:03:47.9	00:11:20.9	00:07:32.9
Phase 4_14062018_Tablet 1	Phasen an K1\Phase QID 38 Sortieren	00:01:30.4	00:07:49.1	00:06:18.7
Phase 4_13062018_Tablet 4	Phasen an K1\Phase QID 39 Tabellenauswertung	00:11:12.0	00:15:32.5	00:04:20.4
Phase 4_13062018_Tablet 3	Phasen an K1\Phase QID 39 Tabellenauswertung	00:07:54.6	00:09:32.7	00:01:38.0
Phase 4_14062018_Tablet 2	Phasen an K1\Phase QID 39 Tabellenauswertung	00:08:12.8	00:10:31.8	00:02:18.9

Phase 4_14062018 Tablet 4	Phasen an K1\Phase QID 39 Tabellenauswertung	00:11:00.0	00:14:33.0	00:03:33.0
Phase 4_14062018 Tablet 3	Phasen an K1\Phase QID 39 Tabellenauswertung	00:11:40.5	00:13:34.6	00:01:54.0
Phase 4_14062018 Tablet 1	Phasen an K1\Phase QID 39 Tabellenauswertung	00:08:11.5	00:10:51.0	00:02:39.4

8. K1 Codings v0-v4 Code: Fehlinterpretation:

K1 Codings v0-v4; Code: Fehlinterpretationen

Dokumentname	Segment	Anfang	Ende	Dauer	Kontext
Phase 1_08092017 Tablet 4	#00:10:03.8# S1 erstaunt: "Das ist die Luftpfla (.) das ist die Luftpflanze?" (zeigt auf Mammutbaum) S2 schaut vom Tablet auf: "Warte mal, was/" S1: "Das ist die Luftpflanze." S2: "Wieso, wo steht das?" S1 deutet auf Einsteckschild: "Das steht da, Beispiel einer Luftpflanze." S2 schaut sich die anderen Originale an: "Und das (geht auf Pflanze zu). S1 liest Schild vor: "Beispiel einer Oberflächenpflanz/ Jetzt bin ich aber komplett verwirrt hier. (...) (unv.)". Liest weiter Schilder vor: "Zwergpflanze, Oberflächenpflanze (unv.)" S2: "Ja, das ist ja dann trotzdem das Gleiche."	00:10:03.8	00:10:33.4	00:00:29.6	QID 38 SuS haben aus nur 4 Wuchsformen das Ranking erstellt und entdecken nun Luftpflanze
Phase 2_10112017_Tablet 1	#00:09:57.4# Bei Antworteingabe auf Tabellenauswertung: S1: "Noch irgendwas, was dir aufgefallen ist?" (...) S2 wendet sich wieder den Pflanzen zu, S1 folgt und dreht sich ebenfalls wieder um. S1 deutet auf die Geophyten: "Die hatten doch -10 bis -15, die ganze Kacke da (zeigt mit einer schwenkenden Handbewegung auf die Pflanzen auf den niederen Podesten)." S2: "10 bis 20, ja sowas." S1 zeigt auf das Gras und dann auf die Geophyten: "Das sind die wo 22, die wo 15." Er sieht sein Partner fragend an: "Warum kommen die überhaupt vor, wenn es da ein Jahresminimum von unter 40°C hat. Das macht eigentlich keinen Sinn. (...) Die dürften eigentlich gar nicht leben."	00:09:57.4	00:10:34.3	00:00:36.9	QID 39 Zeilenbeschriftung in Tabelle führt zu Fehlinterpretation
Phase 3_22012018 Tablet 4	Nach der Auflösung wird ihnen klar, dass statt Geophyt Therophyt richtig gewesen wäre. S1: "Therophyten?" Sie lachen, äußern jedoch keinen Unmut darüber, dass sie keine Hilfestellungen zum Sortieren gehabt hätten. Sie gehen weiter davon aus, dass sie diese Sortieraufgabe mit ihrem Vorwissen hätten lösen sollen.	00:14:05.0	00:14:22.4	00:00:17.3	QID 38 Erarbeitung ohne Originale und Anhängen, nur Vorwissen

Phase 3_23012018 Tablet 3	#00:04:49.8# SuS versuchen, bei den Originalen das Gras herauszufinden. S2: "Obwohl, Gräser. (holt den Topf mit der Zwiebelpflanze zu sich)" S1 nimmt Horstgras: "Das ist auch ein Gras." S2: "Stimmt. (...) ich fühle mich verarscht." S1: "Ja, schau dir doch mal die anderen Bilder an."	00:04:49.8	00:04:57.9	00:00:08.0	QID 38 Identifizierung Originale
Phase 3_23012018 Tablet 3	#00:08:31.1# Bei Tabellenauswertung. S1: "Die Gräser da kommen am öftesten vor." S2: "Hm (zustimmend) (...) weil die am wenigsten Ansprüche wahrscheinlich haben." S1: "Nein, also, ja (.) trotzdem, eigentlich haben ja die (fasst Geophyt an) am wenigsten Ansprüche (.) so in die Richtung wo wir gerade gehen." S2: "Nein, die (zeigt auf Geophyt) sind ja (.) ja, okay, die halten zwar die Kälte nicht aus, aber die haben wahrscheinlich vom Boden her nicht diese Ansprüche." S2 wendet sich der Gruppe zu, die die Station zuvor bearbeitet hat und jetzt weiter hinten im Raum steht: "Was habt denn ihr bei dem (.), das ist doch (.), wahrscheinlich kommen diese Gräser mehr vor, weil die kaum Ansprüche haben, oder? (...) Die Gräser kommen ja am häufigsten bei Permafrostböden vor, wahrscheinlich, weil sie kaum Ansprüche haben." SuS haben zwar erkannt, dass die Wuchsformen mit der besten Frostresistenz in der kalten Zone kaum vorkommen, halten das aber nicht für einen Widerspruch. S2: "Nein, wieso ist das ein Widerspruch? (.) Kalte Pflanzen (...) S2: "Ich find es logischer, das die Dinger, die nicht so kälteresistent sind, halt viel öfter vorkommen, weil, davon verrecken halt mehr, das ist doch logisch." S1: „krass, o. k. ... oh, das ist ja so eine Sibirien-Pflanze eigentlich, so ein bisschen."	00:08:31.1	00:09:15.4	00:00:44.3	QID 39 Operator missachtet, bleiben nicht bei Beschreibung, suchen Begründung
Phase 3_19022018 Tablet 3		00:15:07.2	00:15:23.3	00:00:16.0	QID 39 nicht als Widerspruch empfunden
Phase 3_24012018 Tablet 3		00:04:54.2	00:04:58.4	00:00:04.2	QID 38 Wuchsformbeispiel Phanerophyt irritiert

Phase 3_24012018 Tablet 3	S2: „Ich meine, bei uns wachsen die nicht. Dass die hier im Gewächs überhaupt wachsen, aber da sind es ja nicht -40°, oder?“	00:11:16.2	00:11:23.8	00:00:07.6	QID 39 Zeilenbeschriftung in Tabelle führt zu Fehlinterpretation
Phase 4_13062018_Tablet 4	#00:09:14.4# Beim finalen Abgleich Diagramm Sortierreihenfolge sind SuS sich nicht sicher, welche der Formen jetzt besser ist: Phanerophyt oder Therophyt. S2: "Ich weiß es nicht." S1 stellt Phanerophyt von Rang 1 auf Rang 2 und Therophyt von 2 auf 1. S2 betrachtet das Ranking immer noch skeptisch: "Eigentlich ist die ja ähnlich wie die, oder?" S1: "Ich denke schon."	00:09:14.4	00:09:31.1	00:00:16.6	QID 38 Grenztemperaturen Phanerophyt/Therophyt
Phase 4_14062018 Tablet 4	SuS haben die Wuchsformen anhand der Tabellen zum Vorkommen in der kalten Zone neu auf den Podesten sortiert und betrachten sich ihr neues Ranking. S1: "Dann fällt praktisch auf, dass je kleiner das Gewächs praktisch ist, je häufiger kommt es vor."	00:12:15.7	00:12:24.0	00:00:08.2	QID 39 Operator missachtet, bleiben nicht bei Beschreibung, suchen Begründung
Phase 4_14062018 Tablet 1	#00:06:20.4# Beim Sortieren nach Frostresistenz. S2 nimmt nach kurzem Blick auf das Diagramm den Phanerophyt und positioniert ihn auf Platz 1. S1 gibt zeitgleich vor: "Phano/" S2: "Hm" (zustimmend) S3: "Und dann?" S1: "Also, aber nein, nein, nein, () Thero ist noch größer." S3 stellt kommentarlos Phanerophyt von Platz 1 auf Platz 2." S2 wirft währenddessen noch mal einen Blick auf das Diagramm: "Ach so, ja, okay." S2: "Dann der andere auf dem Zweiten." (positioniert Therophyt auf Platz 1) S1: "Was friert denn krasser? Oder friert das da (zeigt auf Phanerophyt) doch krasser? (...) Wegen Frostschutz (liest ab) das hat -40 bis -196 und das da macht von -20 (...)." S3: "Ja, dann eigentlich doch drehen." S1: "Ich weiß es gerade nicht. (...) Nein, warte, warte, warte (...)" S1: "Ich weiß es gerade nicht. (...) Nein, so stimmt's." S3: "Ok" S1: "Weil die haben einen krasser Frostschutz, oder?" S3: "Ja." S2 (hat während der Diskussion nicht auf den Tablet-PC geschaut): "Ja, die können mehr aushalten."	00:06:20.4	00:07:02.5	00:00:42.0	QID 38 Grenztemperaturen Phanerophyt/Therophyt

9. K1 Codings v0-v4 Code: User experience:

9.1 Frustration/Überforderung

K1 Codings v0-v4; Code: User experience\Frustration/Überforderung

Dokumentname	Anfang	Ende	Dauer
Phase 0_25012017_Tablet 6	00:05:58.8	00:06:04.2	00:00:05.4
Phase 0_26012017_Tablet 3	00:02:04.2	00:02:05.9	00:00:01.7
Phase 1_08092017_Tablet 4	00:01:43.5	00:01:49.7	00:00:06.2
Phase 1_08092017_Tablet 4	00:11:35.5	00:11:40.5	00:00:04.9
Phase 2_27102017_Tablet 7	00:24:57.1	00:24:59.0	00:00:01.9
Phase 2_27102017_Tablet 7	00:25:22.4	00:25:24.1	00:00:01.6
Phase 2_10112017_Tablet 1	00:04:58.9	00:05:01.7	00:00:02.8
Phase 2_10112017_Tablet 1	00:05:11.6	00:05:14.5	00:00:02.9
Phase 2_10112017_Tablet 1	00:06:25.0	00:06:29.4	00:00:04.3
Phase 2_10112017_Tablet 1	00:06:45.2	00:06:53.7	00:00:08.5
Phase 2_11012018_Tablet 3	00:01:57.7	00:02:05.4	00:00:07.6
Phase 3_24012018_Tablet 2	00:05:42.5	00:05:53.7	00:00:11.2
Phase 3_24012018_Tablet 2	00:06:18.7	00:06:22.5	00:00:03.7
Phase 3_24012018_Tablet 2	00:07:32.4	00:07:37.5	00:00:05.1
Phase 3_19022018_Tablet 3	00:07:25.3	00:07:31.0	00:00:05.7
Phase 3_19022018_Tablet 3	00:08:04.1	00:08:14.7	00:00:10.5
Phase 3_19022018_Tablet 3	00:08:54.1	00:09:08.4	00:00:14.2
Phase 3_19022018_Tablet 3	00:09:49.5	00:10:05.5	00:00:16.0
Phase 3_19022018_Tablet 3	00:10:11.1	00:11:32.5	00:01:21.3

Frustration/Überforderung	v0-v1 (n=7)	v2-v3 (n=12)	v4 (n=6)
Codehäufigkeit	4	15	0
Mittelwert	0,6	1,3	0

9.2 Begeisterung/positives Erstaunen

K1 Codings v0-v4; Code: User experience\Begeisterung/positives Erstaunen

Dokumentname	Code	Segment	Anfang	Ende	Dauer	Kontext
Phase 0 _02022017_Tablet1	Begeisterung/positives Erstaunen	#00:04:00.3# S1 schaut sich die Originale an: "Wow, eine Sonnenblume! Was?"	00:04:00.3	00:04:02.8	00:00:02.5	Original erkannt
Phase 2 _10112017_Tablet 1	Begeisterung/positives Erstaunen	#00:05:49.4# S2: "-196! Was geht ab Alter!"	00:05:49.4	00:05:51.8	00:00:02.3	Kältetoleranzbereich Phanerophyt
Phase 2_27102017 Tablet 7	Begeisterung/positives Erstaunen	Beim Lesen der Kältetoleranz des Phanerophyten. S2 (laut): "Wow (...) was?" S1: " Okay, das ist der Beste."	00:21:42.5	00:21:48.5	00:00:06.0	Kältetoleranzbereich Phanerophyt
Phase 3_19022018 Tablet 3	Begeisterung/positives Erstaunen	#00:01:19.5# Nachdem die beiden die Auflösung der Kartenauswertung gelesen haben und zur Kenntnis genommen haben, dass sie die Frage nicht komplett richtig beantwortet haben, wendet sich S2 Station K2 zu. Er nimmt die Modellbäume in die Hand. S2: "Was ist denn das hier? (...) Guck mal wie goldig, das ist ein Baum." S1 fragt: "Aus?" S2: "Schaumstoff und Draht."	00:01:19.5	00:01:30.7	00:00:11.1	Arbeitsmaterial an K2
Phase 3_19022018 Tablet 3	Begeisterung/positives Erstaunen	#00:02:46.9# S1: "Also, das ist schon mal -20 (!)" S2: "Warte, warte (!) bis -200° LOL (lacht) bis fast -200° (!) what the fuck (lacht)" S1: "Das ist schon krass, die Kältetoleranz!" S2: „Kältetoleranz -20 bis -196 °C. Wie krass ist denn das?! (...) das ist ein Scherz.“ (beim Vorlesen der niedrigsten Temperatur wird seine Stimme laut und spiegelt Unglaube wider). S2 hält den Tablet-PC nun in die Mitte damit alle diese erstaunliche Zahl sehen können. S2: „Weil Baum hat (stockt überrascht) (...) 40 bis 196“	00:02:46.9	00:03:00.2	00:00:13.2	Kältetoleranzbereich Therophyt
Phase 3_24012018 Tablet 3	Begeisterung/positives Erstaunen	S2: „Kältetoleranz -20 bis -196 °C. Wie krass ist denn das?! (...) das ist ein Scherz.“ (beim Vorlesen der niedrigsten Temperatur wird seine Stimme laut und spiegelt Unglaube wider). S2 hält den Tablet-PC nun in die Mitte damit alle diese erstaunliche Zahl sehen können. S2: „Weil Baum hat (stockt überrascht) (...) 40 bis 196“	00:02:37.2	00:02:44.6	00:00:07.4	Kältetoleranzbereich Therophyt
Phase 3_24012018 Tablet 3	Begeisterung/positives Erstaunen	S2: „Weil Baum hat (stockt überrascht) (...) 40 bis 196“	00:04:34.3	00:04:36.7	00:00:02.3	Kältetoleranzbereich Phanerophyt

9.2 Freude

K1 Codings v0-v4; Code: User experience\Freude

Dokumentname	Code	Segment	Anfang	Ende	Dauer	Kontext
Phase 2_27102017 Tablet 7	Freude		00:24:15.1	00:24:18.8	00:00:03.6	Foto machen
Phase 2_11012018 Tablet 5	Freude		00:09:50.0	00:09:54.1	00:00:04.0	positives Feedback auf Antwort
Phase 3 _25012018_Tablet2	Freude		00:08:49.3	00:08:51.4	00:00:02.0	positives Feedback auf Antwort
Phase 4 _13062018_Tablet4	Freude		00:01:22.5	00:01:25.8	00:00:03.3	positives Feedback auf Antwort
Phase 4_14062018 Tablet 1	Freude		00:04:09.3	00:04:10.4	00:00:01.1	Original plausibel zugeordnet
Phase 4_14062018 Tablet 1	Freude		00:07:55.5	00:08:11.6	00:00:16.0	positives Feedback auf Antwort
Phase 4_14062018 Tablet 4	Freude		00:10:49.7	00:10:56.8	00:00:07.0	positives Feedback auf Antwort

10. K1 Codings v0-v4 Code: Fehlvorstellungen

K1 Codings v0-v4; Code: Fehlvorstellungen

Dokumentname	Segment	Anfang	Ende	Dauer	Kontext	Kartenarbeit
Phase 1 _07092017_Tablet 2	#00:02:01.2# S1 bei Kartenauswertung: "Frostfreie Gebiete ist eigentlich nur in den Tropen" S2: "Ja."	00:02:01.2	00:02:04.8	00:00:03.5	Geo/Kein Frost in Tropen (und Subtropen)	nur Frostkarte angeschaut
Phase 1_08092017 Tablet 4	#00:01:30.6# Bei Auswertung der Frostkarte schauen beide auf den Tablet-PC. S1: "Ja, da nicht, ansonsten in allen Klimazonen." Sie lassen die Tropen aus MC-Auswahl aus.	00:01:30.6	00:01:35.1	00:00:04.5	Geo/Kein Frost in Tropen (und Subtropen)	nur Frostkarte angeschaut
Phase 2 _10112017_Tablet 1	#00:01:23.0# S1 liest Anweisung vor "Schaut euch die Karten an in welchen Klimazonen kommt Frost vor?" S1: (überlegt vor sich hin murmelnd, betrachtet die Karten auf dem Tablet-PC): nördlicher und südlicher Polarkreis? Unter 40°, weil unter 40° bist du eigentlich... Südlicher Wendekreis bis hinunter, Nördlicher Wendekreis... S2: (stimmt zu): "Ja ja. Gemäßigte Zone meine ich auch." S1: "Ah, da steht es auch noch." (liest die Legendeneinträge vor) "Mittleres Jahresminimum unter -40° ... " (schließt die Karte im Anhang und wählt Multiple Choice Antworten aus) S2: "Wähl alles aus außer die tropische." (Passage unverständlich) S1: "so, (liest wieder Anweisungen vor) „in welchen Klimazonen kommt Frost vor? Tropen, Subtropen." S2: "warte mal, warte mal, warte mal. Geh mal noch mal auf die Karte. Guck mal die tropische Zone. S1: Subtropen sind gelb nicht wahr?" S2: "Ja die Subtropen nicht, die Tropen aber auch noch" S1: "Also nur gemäßigte und kalte." S2: "Okay."	00:01:23.0	00:01:56.1	00:00:33.1	Geo/Kein Frost in Tropen (und Subtropen)	beide Karten angeschaut

Phase 2_27102017 Tablet 7	#00:01:12.9# Beim QID 37 Kartenauswertung: S1: "Nördlicher Wendekreis sind wir ja."	00:01:12.9	00:01:14.9	00:00:02.0	Geo/Breitenlage gemäßigte Zone	
Phase 3_23012018 Tablet 4	#00:00:26.4# S1 liest Auflösung aus Kartenauswertung vor: "Wie ihr den Karten entnommen habt, kommen Fröste in allen Klimazonen vor. (...) In allen? (Erstaunen) (...) S2 lacht ungläubig: "In allen? (...) echt? (...) Wieso kommt das in allen vor?"	00:00:26.4	00:00:54.0	00:00:26.4	Geo/Kein Frost in Tropen (und Subtropen)	nur Frostkarte angeschaut
Phase 3_23012018 Tablet 3	#00:04:49.8# SuS versuchen, bei den Originalen das Gras herauszufinden. S2: "Obwohl, Gräser. (holt den Topf mit der Zwiebelpflanze zu sich)"	00:04:49.8	00:04:53.4	00:00:03.5	Bio/Artenkenntnis	
Phase 3_24012018 Tablet 2	#00:00:52.1# Bei der Kartenauswertung, alle drei schauen sich die Karten an. S3: "Also, Polarzone (!)" S2: "In der subpolaren Zone." S3: "Seid ihr damit einverstanden?" S1: "Ja (!) Lieber alle außer in der tropischen Zone." S2: "Ja, außer in den Tropen und Subtropen."	00:00:52.1	00:01:03.7	00:00:11.6	Geo/Kein Frost in Tropen (und Subtropen)	keine Karte angeschaut
Phase 3_24012018 Tablet 3	S 1: „So. Wo kommt Frost vor?“ S 3: „Polarkreis.“ S: „Ja, hätte ich jetzt auch gesagt. Und bei uns ja auch.“ (unverständlich) S 1: „O.k., das heißt kalte Zone und gemäßigte Zone.“ Seine Partner stimmen mit Kopfnicken zu., S 1 wählt diese Multiple Choice Optionen aus.	00:00:26.8	00:00:49.1	00:00:22.2	Geo/Kein Frost in Tropen (und Subtropen)	nur Frostkarte angeschaut

Phase 3_25012018_Tablet 2	S3 deutet auf Moosbeere: "Die mögen Kälte überhaupt nicht. (.) Das weiß ich. (.) Die habe ich zuhause."	00:06:48.0	00:06:51.7	00:00:03.7	Bio/Artenkenntnis	
Phase 4_13062018_Tablet 4	#00:04:52.1# Beim Abgleich der Instruktionen mit dem Original ist das Tandem auf der Suche nach der Samenpflanze. S2: "Ich glaub, das ist die (zeigt auf Geophyt, derzeit mit Blütenständen). Die hat Samen (lacht verlegen)" S1 schaut sich die Moosbeere an: "Die hier? Nein, die hat Beeren. (...) Sollen wir trotzdem mal weiter schauen?" meint mit anderen Wuchsformen weiterarbeiten nach dem Ausschlussprinzip). S2 hat sich die Blüten der Zwiebel genauer angeschaut: "Ich glaub, das ist die da." S1: "Ja, aber die hat doch auch Zwiebeln." S2: "Ja, das ist verwirrend. S1 wird nun auch zunehmend verunsichert: "Oder hat die keine Zwiebel und jemand anderes hat eine Zwiebel?" (schaut sich die anderen Originale noch mal an.) S2: "Wir können sie ja mal ausgraben." S1 zeigt auf Gras: "Die hat keine Zwiebel." S2 schaut sich Samenpflanze an: "Hier die?" S1: "Bezweifle ich." S2 zeigt auf Baum: "Die auch nicht." Zeigt auf Moosbeere: "Und die auch nicht." S2 beim Abgleich der Instruktionen mit den Originalen: "Also vom Bild her hätte ich das (Zeigt auf Geophyt, derzeit in Blüte) gesagt, weil da sind Blüten dran und da (App) nicht." S1: "Ja gut, dann hol das."	00:04:52.1	00:05:21.2	00:00:29.1	Bio/Samen als Überwinterungsstrategie vs. Samen als Verbreitungsstrategie	
Phase 4_13062018 Tablet 3		00:03:53.3	00:04:01.5	00:00:08.1	Bio/derzeitige Vegetationsphase vs. App-Beschreibung	

Phase 4_14062018_Tablet 2	#00:00:52.9# Bei QID 37, Kartenauswertung Frost: S2 hat zuvor Frage laut gelesen, seine Partnerin unterhält sich jedoch mit dem Lerntandem an der Nachbarstation. S2 wendet sich schließlich auch einer Person aus der Nachbargruppe an K2 zu, die die Station K1 zuvor bearbeitet hatten: "Also, es sind wahrscheinlich die kalten Zone und die gemäßigten Zone (.) wo Frost vorkommt" Person aus Nachbargruppe: "Nein. (...) Du musst dir die Karte anschauen!" S2: "Ja" #00:01:04.2# Als S2 die Auflösung auf seine Antworteingabe sieht, erschrickt S2: "In allen?! In allen kommt Frost vor!" Person aus Nachbargruppe: "Ja."	00:00:52.9	00:01:09.1	00:00:16.2	Geo/Kein Frost in Tropen (und Subtropen)	beide Karten angeschaut
Phase 4_14062018_Tablet 2	Beim Zuordnen der Einsteckschilder. S1 hat Schild in der Hand, zögert jedoch, dieses wie von S2 (mit Tablet-PC) instruiert einzustecken: "Das ist keine Samenpflanze, die hat keine Samen." [Anm.: Tagetes trägt derzeit Blüten]	00:03:36.5	00:03:40.6	00:00:04.0	Bio/derzeitige Vegetationsphase vs. App-Beschreibung	
Phase 4_14062018 Tablet 4	#00:01:17.1# SuS haben gerade die Kartenauswertung zu Frostvorkommen vorgenommen. Die Lehrperson kommt hinzu. Sie schildern ihre Verwirrung. S1: "Die erste Frage war gut (beide lachen). Wo kältere Regionen sind (.)" S2: "Wo Frost vorkommt" S1: "(unv.) da war zur Auswahl Gemäßigte Zone, Kalte Zone, (...)" S2: "Subtropische Zone" S1: "und Tropische Zone. Und richtig wäre alles gewesen!" S2: "In den Tropen ist doch kein Frost!" Lehrperson: "Wahrscheinlich in den Höhen, Kilimandscharo oder so was."	00:01:17.1	00:01:54.4	00:00:37.3	Geo/Kein Frost in Tropen (und Subtropen)	

Phase 4_14062018 Tablet 1	#00:05:37.7# SuS sind un schlüssig, ob der bereitgestellte Baum ein Beispiel für die Wuchsform Phanerophyt ist. S1 zeigt auf Chamaephyt (Moosbeere mit kleinen Blüten): "Ja, aber da sind Knospen dran und da (zeigt auf Baum) nicht." S2: "Ja und? (schaut sich beide Originale an) bestimmt." S1: "Oder sind da auch Knospen?" S3 schaut sich die Originale an, äußert sich jedoch nicht weiter zu dem Thema. S2: "Knospen sind doch an allen Pflanzen."	00:05:37.7	00:05:50.8	00:00:13.1	Bio/derzeitige Vegetationsphase vs. App-Beschreibung	
------------------------------	---	------------	------------	------------	--	--

11. K1 Codings v0-v4 Code: Usability Umgebung\Belastung\...

K1 Codings v0-v4; Codes: Usability Umgebung\Belastung\...

Dokumentname	Code	Anfang	Ende	Dauer
Phase 1_21062017_Tablet 4	Usability Umgebung\Belastung\Belastung durch Hitze	00:00:32.6	00:00:40.8	00:00:08.2
Phase 1_21062017_Tablet 4	Usability Umgebung\Belastung\Belastung durch Hitze	00:05:26.3	00:07:49.0	00:02:22.7
Phase 0_26012017_Tablet 3	Usability Umgebung\Belastung\Belastung durch Kälte	00:08:16.8	00:08:19.1	00:00:02.2
Phase 0_26012017_Tablet 3	Usability Umgebung\Belastung\Belastung durch Kälte	00:08:36.7	00:08:40.6	00:00:03.9
Phase 3_22012018_Tablet 4	Usability Umgebung\Belastung\Belastung durch Kälte	00:06:32.4	00:06:34.4	00:00:02.0
Phase 0_26012017_Tablet 3	Usability Umgebung\Belastung\Belastung durch Stehen	00:00:34.6	00:00:42.1	00:00:07.5
Phase 0_26012017_Tablet 3	Usability Umgebung\Belastung\Belastung durch Stehen	00:04:12.2	00:04:15.1	00:00:02.8
Phase 2_11012018_Tablet 5	Usability Umgebung\Belastung\Belastung durch Stehen	00:10:00.4	00:10:08.4	00:00:08.0
Phase 2_27102017_Tablet 7	Usability Umgebung\Belastung\Belastung durch Stehen	00:16:02.3	00:16:10.5	00:00:08.2
Phase 3_19022018_Tablet 3	Usability Umgebung\Belastung\Belastung durch Stehen	00:02:26.7	00:02:36.1	00:00:09.4
Phase 3_19022018_Tablet 3	Usability Umgebung\Belastung\Belastung durch Stehen	00:12:58.1	00:13:04.1	00:00:05.9
Phase 3_23012018_Tablet 4	Usability Umgebung\Belastung\Belastung durch Stehen	00:09:45.4	00:09:48.0	00:00:02.5
Phase 3_25012018_Tablet 2	Usability Umgebung\Belastung\Belastung durch Stehen	00:00:06.7	00:00:10.4	00:00:03.7

12. K1 Codings v0-v4 Code: Usability Umgebung\Ablenkung\...

K1 Codings v0-v4; Codes: Usability Umgebung\Ablenkung\...

Dokumentname	Code	Anfang	Ende	Dauer
Phase 2_11012018 Tablet 5	Usability Umgebung\Ablenkung\durch Lärm	00:12:22.4	00:12:33.8	00:00:11.4
Phase 2_27102017 Tablet 7	Usability Umgebung\Ablenkung\durch Lärm	00:19:44.4	00:19:45.9	00:00:01.5
Phase 4_14062018 Tablet 1	Usability Umgebung\Ablenkung\durch Lärm	00:09:11.0	00:09:21.2	00:00:10.1
Phase 3_19022018 Tablet 3	Usability Umgebung\Ablenkung\durch Lehrer	00:10:11.1	00:11:32.5	00:01:21.3
Phase 3_19022018 Tablet 3	Usability Umgebung\Ablenkung\durch Lehrer	00:11:38.9	00:11:47.1	00:00:08.1
Phase 4_14062018 Tablet 4	Usability Umgebung\Ablenkung\durch Lehrer	00:01:11.5	00:01:43.8	00:00:32.3
Phase 4_14062018 Tablet 4	Usability Umgebung\Ablenkung\durch Lehrer	00:02:39.7	00:02:47.1	00:00:07.4
Phase 0_02022017_Tablet1	Usability Umgebung\Ablenkung\durch Material einer anderen Station	00:10:02.5	00:10:50.6	00:00:48.0
Phase 1_08092017_Tablet 5	Usability Umgebung\Ablenkung\durch Material einer anderen Station	00:05:03.4	00:05:08.5	00:00:05.1
Phase 1_08092017_Tablet 5	Usability Umgebung\Ablenkung\durch Material einer anderen Station	00:05:28.0	00:05:30.2	00:00:02.2
Phase 2_27102017 Tablet 7	Usability Umgebung\Ablenkung\durch Material einer anderen Station	00:05:06.7	00:05:18.3	00:00:11.5
Phase 3_19022018 Tablet 3	Usability Umgebung\Ablenkung\durch Material einer anderen Station	00:01:19.5	00:01:30.7	00:00:11.1
Phase 3_24012018 Tablet 2	Usability Umgebung\Ablenkung\durch Material einer anderen Station	00:08:01.2	00:08:04.6	00:00:03.3
Phase 3_24012018 Tablet 3	Usability Umgebung\Ablenkung\durch Material einer anderen Station	00:12:04.5	00:12:39.3	00:00:34.8
Phase 4_14062018 Tablet 1	Usability Umgebung\Ablenkung\durch Material einer anderen Station	00:10:31.5	00:10:51.0	00:00:19.5
Phase 4_14062018_Tablet 2	Usability Umgebung\Ablenkung\durch Material einer anderen Station	00:01:00.2	00:01:16.6	00:00:16.4
Phase 3_24012018 Tablet 3	Usability Umgebung\Ablenkung\durch Partner im Team	00:12:04.5	00:12:39.3	00:00:34.8
Phase 4_14062018 Tablet 4	Usability Umgebung\Ablenkung\durch Pflanzen im Garten	00:12:26.5	00:12:37.2	00:00:10.7
Phase 0_25012017_Tablet 6	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:00:56.0	00:01:02.8	00:00:06.8
Phase 1_08092017 Tablet 4	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:10:34.9	00:10:51.3	00:00:16.3
Phase 1_08092017_Tablet 5	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:04:03.3	00:04:40.9	00:00:37.5
Phase 1_08092017_Tablet 5	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:07:00.0	00:07:03.7	00:00:03.7
Phase 2_11012018 Tablet 3	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:00:08.0	00:00:14.7	00:00:06.7

Phase 2_11012018 Tablet 3	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:00:41.8	00:01:17.5	00:00:35.6
Phase 2_11012018 Tablet 3	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:02:06.9	00:02:33.0	00:00:26.0
Phase 2_11012018 Tablet 3	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:05:05.9	00:05:25.3	00:00:19.3
Phase 2_11012018 Tablet 3	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:05:57.8	00:06:03.4	00:00:05.5
Phase 2_11012018 Tablet 3	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:06:38.1	00:07:01.4	00:00:23.2
Phase 2_11012018 Tablet 3	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:07:19.5	00:07:23.8	00:00:04.2
Phase 2_11012018 Tablet 5	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:11:11.4	00:11:31.1	00:00:19.6
Phase 2_27102017 Tablet 7	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:20:09.5	00:20:12.7	00:00:03.2
Phase 2_27102017 Tablet 7	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:21:49.3	00:21:59.5	00:00:10.1
Phase 2_27102017 Tablet 7	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:25:51.0	00:25:54.4	00:00:03.3
Phase 3_22012018 Tablet 4	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:11:01.2	00:11:44.7	00:00:43.5
Phase 3_23012018 Tablet 3	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:02:10.5	00:02:20.3	00:00:09.8
Phase 3_23012018 Tablet 3	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:03:59.3	00:04:09.6	00:00:10.2
Phase 3_23012018 Tablet 3	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:06:11.6	00:06:25.7	00:00:14.0
Phase 3_23012018 Tablet 3	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:08:50.3	00:09:15.4	00:00:25.0
Phase 3_23012018 Tablet 3	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:11:05.4	00:11:21.0	00:00:15.6
Phase 3_24012018 Tablet 2	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:00:07.1	00:00:26.8	00:00:19.6
Phase 3_24012018 Tablet 3	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:02:25.0	00:02:35.2	00:00:10.2
Phase 3_24012018 Tablet 3	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:05:19.6	00:05:25.6	00:00:05.9
Phase 3_24012018 Tablet 3	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:13:14.8	00:13:20.9	00:00:06.1
Phase 3_25012018_Tablet 2	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:03:16.7	00:04:10.9	00:00:54.2
Phase 3_25012018_Tablet 2	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:07:47.9	00:08:07.5	00:00:19.5
Phase 3_25012018_Tablet 2	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:10:36.8	00:10:41.9	00:00:05.1
Phase 4_13062018_Tablet 4	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:00:53.5	00:01:04.0	00:00:10.4
Phase 4_13062018_Tablet 4	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:10:15.0	00:10:33.1	00:00:18.0

Phase 4_14062018_Tablet 4	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:14:11.7	00:14:23.1	00:00:11.4
Phase 4_14062018_Tablet 2	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:00:30.1	00:01:30.8	00:01:00.7
Phase 4_14062018_Tablet 2	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:03:59.1	00:04:19.4	00:00:20.2
Phase 4_14062018_Tablet 2	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:04:45.1	00:04:53.0	00:00:07.9
Phase 4_14062018_Tablet 2	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:05:31.2	00:05:34.9	00:00:03.7
Phase 4_14062018_Tablet 2	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:05:38.5	00:05:47.0	00:00:08.4
Phase 4_14062018_Tablet 2	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:06:27.6	00:06:40.3	00:00:12.7
Phase 4_14062018_Tablet 2	Usability Umgebung\Ablenkung\durch teamfremde Kameraden	00:09:19.4	00:09:40.2	00:00:20.7

13. K1 Codings v0-v4 Code: Handynutzung\für private Zwecke

K1 Codings v0-v4; Code: Handynutzung\für private Zwecke

Dokumentname	Code	Anfang	Ende	Dauer
Phase 1_07092017_Tablet 2	Handynutzung\für private Zwecke	00:07:00.7	00:07:50.4	00:00:49.6
Phase 1_08092017 Tablet 4	Handynutzung\für private Zwecke	00:00:00.0	00:00:26.2	00:00:26.2
Phase 1_08092017 Tablet 4	Handynutzung\für private Zwecke	00:01:51.1	00:02:06.3	00:00:15.1
Phase 1_08092017 Tablet 4	Handynutzung\für private Zwecke	00:05:59.0	00:06:10.7	00:00:11.7
Phase 1_08092017 Tablet 4	Handynutzung\für private Zwecke	00:09:13.9	00:09:38.4	00:00:24.4
Phase 1_08092017 Tablet 4	Handynutzung\für private Zwecke	00:10:29.4	00:10:37.7	00:00:08.2
Phase 1_08092017 Tablet 4	Handynutzung\für private Zwecke	00:10:51.3	00:11:35.5	00:00:44.2
Phase 1_08092017_Tablet 5	Handynutzung\für private Zwecke	00:09:28.6	00:10:46.6	00:01:18.0
Phase 2_27102017 Tablet 7	Handynutzung\für private Zwecke	00:26:33.8	00:27:26.2	00:00:52.3
Phase 4_14062018_Tablet 2	Handynutzung\für private Zwecke	00:00:25.1	00:00:28.6	00:00:03.4
Phase 4_14062018_Tablet 2	Handynutzung\für private Zwecke	00:01:33.8	00:01:52.9	00:00:19.1
Phase 4_14062018 Tablet 1	Handynutzung\für private Zwecke	00:10:21.4	00:10:27.9	00:00:06.5

14. K1 Codings v0-v4 Code: Usability Hardware\Tablet...

K1 Codings v0-v4; Code: Usability Hardware\Tablet: ...

Dokumentname	Code	Anfang	Ende	Dauer
Phase 2_11012018 Tablet 5	Usability Hardware\Tablet: Kameraqualität	00:08:27.9	00:08:52.1	00:00:24.2
Phase 3_24012018 Tablet 2	Usability Hardware\Tablet: Kameraqualität	00:05:42.5	00:05:53.7	00:00:11.2
Phase 3_25012018_Tablet 2	Usability Hardware\Tablet: Kameraqualität	00:07:22.1	00:07:26.1	00:00:04.0
Phase 4_14062018 Tablet 1	Usability Hardware\Tablet: Kameraqualität	00:07:41.2	00:07:45.0	00:00:03.8
Phase 4_14062018 Tablet 3	Usability Hardware\Tablet: Kameraqualität	00:10:58.2	00:11:10.8	00:00:12.6
Phase 0_02022017_Tablet1	Usability Hardware\Tablet: Ladezeit	00:07:46.3	00:08:00.7	00:00:14.3
Phase 1_08092017 Tablet 4	Usability Hardware\Tablet: Ladezeit	00:11:35.5	00:11:40.5	00:00:04.9
Phase 1_21062017_Tablet 4	Usability Hardware\Tablet: Ladezeit	00:05:10.6	00:05:26.6	00:00:16.0
Phase 4_13062018_Tablet 4	Usability Hardware\Tablet: Ladezeit	00:09:31.6	00:09:48.4	00:00:16.8
Phase 2_11012018 Tablet 3	Usability Hardware\Tablet: Lichteinfall	00:00:24.2	00:00:25.6	00:00:01.4
Phase 3_24012018 Tablet 3	Usability Hardware\Tablet: Lichteinfall	00:01:21.7	00:01:24.7	00:00:03.0
Phase 4_14062018 Tablet 1	Usability Hardware\Tablet: Lichteinfall	00:01:57.8	00:02:03.8	00:00:05.9
Phase 4_14062018 Tablet 4	Usability Hardware\Tablet: Lichteinfall	00:00:25.5	00:00:27.7	00:00:02.2
Phase 4_14062018 Tablet 4	Usability Hardware\Tablet: Lichteinfall	00:03:16.4	00:03:40.2	00:00:23.8
Phase 0_26012017_Tablet 3	Usability Hardware\Tablet: Sensitivitätsproblem	00:09:52.3	00:10:14.6	00:00:22.2
Phase 2_10112017_Tablet 1	Usability Hardware\Tablet: Sensitivitätsproblem	00:05:51.8	00:05:59.3	00:00:07.4
Phase 3_22012018 Tablet 4	Usability Hardware\Tablet: Sensitivitätsproblem	00:09:04.2	00:09:08.9	00:00:04.6
Phase 3_23012018 Tablet 4	Usability Hardware\Tablet: Sensitivitätsproblem	00:00:13.7	00:00:25.9	00:00:12.1
Phase 3_23012018 Tablet 4	Usability Hardware\Tablet: Sensitivitätsproblem	00:07:54.1	00:07:59.0	00:00:04.9

Phase 3_24012018_Tablet 2	Usability Hardware\Tablet: Sensitivitätsproblem	00:06:12.8	00:06:28.1	00:00:15.2
Phase 3_24012018_Tablet 2	Usability Hardware\Tablet: Sensitivitätsproblem	00:07:32.4	00:07:37.5	00:00:05.1
Phase 3_24012018_Tablet 3	Usability Hardware\Tablet: Sensitivitätsproblem	00:05:56.8	00:05:59.6	00:00:02.8
Phase 3_25012018_Tablet 2	Usability Hardware\Tablet: Sensitivitätsproblem	00:08:16.4	00:08:34.2	00:00:17.7
Phase 4_13062018_Tablet 4	Usability Hardware\Tablet: Sensitivitätsproblem	00:11:01.7	00:11:05.4	00:00:03.6

15. K1 Codings v0-v4 Code: Usability Hardware\Arbeitsmaterial real

K1 Codings v0-v4; Code: Usability Hardware\Arbeitsmaterial real

Dokumentname	Segment	Anfang	Ende	Dauer	Kontext
Phase 0_26012017_Tablet 3	#00:01:36.7# Beim Abgleich der Informationen in der App mit den Realgegenständen liest S1 auch die an den Pflanzen befestigten Schilder des Botanischen Gartens: "Da steht '80 min'".	00:01:36.7	00:01:40.6	00:00:03.8	sachfremde Schilder
Phase 0_26012017_Tablet 3	#00:01:47.8# S1 schaut sich die Gattungs- und Pflegebeschreibung der Pflanzen an.	00:01:47.8	00:01:56.6	00:00:08.7	sachfremde Schilder
Phase 1_21062017_Tablet 4	#00:03:30.0# S2: "Dann wäre die Sonnenblume (...) (liest Einsteckschild vor) " Wir machen Winterpause", steht da drauf, "aus diesem Samen treiben im nächsten Frühjahr wieder Sonnenblumen aus."	00:03:30.0	00:03:39.1	00:00:09.1	sachfremde Schilder
Phase 2_27102017 Table 7	Beim Sortieren der Kältetoleranzen an den Originalen, genauer beim Hochheben des Baumes: S2: "(Wow)" S1: "Schwer?" S2: "Nein, aber es hat so einen komischen Drall."	00:24:47.7	00:24:53.9	00:00:06.1	Phanerophyt zu schwer
Phase 2_10112017_Tablet 1	S1 beugt sich über die Pflanzen und liest die Einsteckschilder mit den taxonomischen Bezeichnungen des botanischen Gartens. Diese enthalten jedoch nur die Artnamen, d.h. sie sind für die Station irrelevant.	00:03:30.0	00:03:31.1	00:00:01.0	sachfremde Schilder
Phase 2_10112017_Tablet 1	#00:06:29.6# S2: „Ich glaub, das sind die komischen Chamaephyten, oder so. S1: beugt sich über den Topf der Heidelbeere dieser enthält ein Einsteckschild des botanischen Garten: "Was steht denn da drauf?" S1: lies die Angabe stumm. S2: "Vaccinium ericaceae" (liest den lateinischen Namen vor) S1 dreht die Einsteckschilder auf der Suche nach den Fachbegriffen. (Unverständlich)	00:06:29.6	00:06:39.1	00:00:09.5	sachfremde Schilder

Phase 3_23012018 Tablet 4	#00:03:06.6# Die beiden gleichen zunächst die Silhouetten auf den Einsteckschildern mit den Originalen ab. Bei den Geophyten stützt S2: "Sollten wird die rausnehmen als Test, oder wie? (...) Ich würde die nicht rausnehmen. Ich weiß nicht, ob das irgendwie (...)" zieht leicht an Geophyt "Nein, mach ich nicht. (...) wir sollen uns ja die Anhänge (!) Gib mir mal das Tablet."	00:03:06.6	00:03:24.3	00:00:17.6	Geophyt/Zwiebel nicht sichtbar
Phase 3_23012018 Tablet 4	#00:04:20.7# S2 fragt flüsternd: "Und wie soll ich das zuordnen?" (zeigt auf Holzpodeste) S1: "Ähm, warte mal. (konsultiert die App) nach aufsteigender Frostresistenz. Also muss das eigentlich (klopft auf höchsten Holzpodest) nee, warte mal, aufsteigend //" S2: "Aufsteigend." S1: "Also die schlechtesten, die nicht so gut überwintern können, kommen an den Anfang." (zeigt auf höchsten Podest) S2: "Also kommt das dahin." (Hält Therophyt über das kleinste Podest, stellt aber noch nicht ab) S1: "Mach's, stell das erst mal dahin, ja."	00:04:20.7	00:04:42.0	00:00:21.3	Podest/Bedeutung hohe Podeste = Sieger nicht intuitiv
Phase 3_19022018 Tablet 3	#00:06:23.2# Aufbaufehler: 2x Preiselbeere, Gras fehlt. SuS versuchen dennoch anhand der Pflegeschilder des Gartens einen Hinweis für die Zuordnung zu gewinnen. S2 liest Taxonomieschild: "Preiselbeere."	00:06:23.2	00:06:29.2	00:00:06.0	sachfremde Schilder
Phase 3_19022018 Tablet 3	#00:06:49.7# SuS sind immer noch irritiert über das doppelte Vorhandensein der Preiselbeere und versuchen nun einen Unterschied zwischen den Individuen zu finden S1: "Ja, aber die sind doch dichter." S2 nimmt erneut das Pflegeschild aus der Preiselbeere und liest auf beiden Seiten die Symbole: "Preiselbeere"	00:06:49.7	00:07:02.4	00:00:12.7	sachfremde Schilder

Phase 3_19022018 Tablet 3	#00:07:10.3# SuS versuchen schließlich die in der App genannten Fachbegriffe auf den Pflegeschilden wiederzufinden und schauen sich die Pflegeschilder beider Preiselbeeren genau an. #00:07:25.3# SuS sind langsam genervt. Zudem ist die Zwiebelpflanze sehr stark zurückgeschnitten, so dass ihnen die Identifikation schwer fällt. S2: "Und bei denen steht überhaupt nichts, Alter!"	00:07:10.4	00:07:28.2	00:00:17.8	Geophyt/Zwiebel nicht sichtbar
Phase 3_19022018 Tablet 3	#00:07:56.5# S2 vergleicht erneut die beiden Preiselbeeren und liest noch einmal die Pflegeschilder. S2: "Das hier ist (.) Preiselbeere (...) und das hier ist (.) auch Preiselbeere." #00:08:04.1# S2: "Das sind beides Preiselbeere! What the fuck?" Sie sind irritiert und genervt. S1 zieht schließlich das bereits eingesteckte Schild wieder heraus: "Okay, die warten jetzt." Sie setzen die Zurodnung der Schilder mit den anderen Wuchsformen fort.	00:07:56.5	00:08:14.7	00:00:18.1	sachfremde Schilder
Phase 3_19022018 Tablet 3	#00:08:52.1# S1 nimmt Einsteckschild und reicht es an seinen Partner weiter: "So, jetzt haben wir die Zwiebel. (...)" Beide schauen sich die Originale genau an. S1: "Denkst du, die da?" S2: "Keine Ahnung. Und das auszubuddeln wird ja nichts helfen."	00:08:52.1	00:09:12.6	00:00:20.5	Geophyt/Zwiebel nicht sichtbar
Phase 3_19022018 Tablet 3	#00:09:49.5# Entnervt steckt S2 zeitgleich die übriggebliebenen Schilder energisch in die beiden Preiselbeeren. S2: "Ich hab keine Ahnung. (...) Vor allem bei der (zeigt auf Zwiebelpflanze) steht ja noch nicht einmal, was das überhaupt ist."	00:10:01.9	00:10:05.7	00:00:03.7	Geophyt/Zwiebel nicht sichtbar
Phase 3_24012018 Tablet 3	S1: „Ach so. Warte, das steht hier auch.“ Er orientiert sich an dem Pflegeschild des Gartens	00:04:24.2	00:04:26.0	00:00:01.8	sachfremde Schilder
Phase 3_24012018 Tablet 3	S3 packt den Baum und positioniert ihn auf Rang 1. S1: „Packst du den?“ S3: „Ja. Der hat ein leichtes Übergewicht auf der einen Seite, aber das schaffe ich schon.“	00:04:47.9	00:04:58.4	00:00:10.4	Phanerophyt zu schwer

**16. K1 Codings v0-v4 Subcodes: Dokumentation der Antworten/
Untersuchungsergebnisse**

K1 Codings v0-v4; Subcodes: Dokumentation der Antworten/Untersuchungsergebnisse/...

Dokumentname	Code	Anfang	Ende	Kontext	Dauer
Phase 0_25012017_Tablet 6	Eingabe auf Diktat des Partners	00:06:52.0	00:07:17.4	QID 38 v0-v1 ABC	00:00:25.4
Phase 0_25012017_Tablet 6	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:10:07.3	00:12:24.8	QID 39 Texteingabe	00:02:17.5
Phase 0_26012017_Tablet 3	Eingabe auf Diktat des Partners	00:04:28.8	00:05:21.3	QID 38 v0-v1 ABC	00:00:52.5
Phase 0_26012017_Tablet 3	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:07:25.9	00:09:30.9	QID 39 Texteingabe	00:02:04.9
Phase 0_02022017_Tablet1	Eingabe auf Diktat des Partners	00:07:32.0	00:07:46.3	QID 38 v0-v1 ABC	00:00:14.2
Phase 0_02022017_Tablet1	Eingabe auf Diktat des Partners	00:09:55.0	00:10:50.6	QID 39 Texteingabe	00:00:55.5
Phase 1_21062017_Tablet 4	Eingabe auf Diktat des Partners	00:05:02.1	00:05:10.6	QID 38 v0-v1 ABC	00:00:08.4
Phase 1_07092017_Tablet 2	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:02:05.1	00:02:18.9	QID 37 MC Eingabe	00:00:13.8
Phase 1_07092017_Tablet 2	Antworteingabe erfolgt eigenmächtig	00:07:05.1	00:07:42.1	QID 38 v0-v1 ABC	00:00:37.0
Phase 1_07092017_Tablet 2	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:08:35.1	00:09:31.3	QID 39 Texteingabe	00:00:56.2
Phase 1_08092017_Tablet 4	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:01:35.0	00:01:43.5	QID 37 MC Eingabe	00:00:08.4
Phase 1_08092017_Tablet 4	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:11:00.9	00:11:35.5	QID 38 v0-v1 ABC	00:00:34.6
Phase 1_08092017_Tablet 4	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:11:40.5	00:11:53.7	QID 38 v0-v1 ABC	00:00:13.1
Phase 1_08092017_Tablet 5	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:07:48.2	00:09:25.1	QID 38 v0-v1 ABC	00:01:36.8
Phase 1_08092017_Tablet 5	Antworteingabe erfolgt eigenmächtig	00:09:49.1	00:10:34.8	QID 39 Texteingabe	00:00:45.6
Phase 2_27102017_Tablet 7	Fotodokumentation	00:24:14.8	00:24:38.0	QID 38 Foto	00:00:23.2
Phase 2_27102017_Tablet 7	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:25:07.0	00:25:21.7	QID 103 MC Eingabe	00:00:14.7
Phase 2_27102017_Tablet 7	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:26:33.3	00:27:39.8	QID 39 Texteingabe	00:01:06.5
Phase 2_10112017_Tablet 1	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:01:56.2	00:02:03.9	QID 37 MC Eingabe	00:00:07.7
Phase 2_10112017_Tablet 1	Fotodokumentation	00:05:59.3	00:06:18.7	QID 38 Foto	00:00:19.4
Phase 2_10112017_Tablet 1	Antworteingabe erfolgt eigenmächtig	00:06:48.3	00:06:53.7	QID 103 MC Eingabe	00:00:05.3
Phase 2_10112017_Tablet 1	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:07:53.6	00:12:15.6	QID 39 Texteingabe	00:04:22.0
Phase 2_10112017_Tablet 3	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:00:34.1	00:00:46.8	QID 37 MC Eingabe	00:00:12.6

Phase 2_10112017 Tablet 3	Fotodokumentation	00:04:19.4	00:04:42.3	QID 38 Foto	00:00:22.8
Phase 2_10112017 Tablet 3	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:05:15.1	00:05:19.7	QID 103 MC Eingabe	00:00:04.6
Phase 2_10112017 Tablet 3	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:06:07.1	00:07:22.2	QID 39 Texteingabe	00:01:15.0
Phase 2_11012018 Tablet 3	Fotodokumentation	00:05:31.3	00:06:09.2	QID 38 Foto	00:00:37.9
Phase 2_11012018 Tablet 3	Antworteingabe erfolgt eigenmächtig	00:06:14.6	00:06:23.2	QID 103 MC Eingabe	00:00:08.6
Phase 2_11012018 Tablet 3	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:08:13.6	00:10:25.8	QID 39 Texteingabe	00:02:12.1
Phase 2_11012018 Tablet 5	Fotodokumentation	00:08:03.3	00:09:28.7	QID 38 Foto	00:01:25.4
Phase 2_11012018 Tablet 5	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:09:40.6	00:09:48.1	QID 103 MC Eingabe	00:00:07.5
Phase 2_11012018 Tablet 5	Eingabe auf Diktat des Partners	00:10:42.6	00:13:39.1	QID 39 Texteingabe	00:02:56.4
Phase 3_22012018 Tablet 4	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:07:55.8	00:08:15.9	QID 37 MC Eingabe	00:00:20.1
Phase 3_22012018 Tablet 4	Fotodokumentation	00:12:24.9	00:13:39.1	QID 38 Foto	00:01:14.2
Phase 3_22012018 Tablet 4	Antworteingabe erfolgt eigenmächtig	00:13:44.8	00:13:55.6	QID 103 MC Eingabe	00:00:10.8
Phase 3_22012018 Tablet 4	Antworteingabe erfolgt eigenmächtig	00:15:55.3	00:23:10.1	QID 39 Texteingabe	00:07:14.7
Phase 3_23012018 Tablet 4	Antworteingabe erfolgt eigenmächtig	00:00:09.5	00:00:12.8	QID 37 MC Eingabe	00:00:03.3
Phase 3_23012018 Tablet 4	Fotodokumentation	00:06:11.9	00:07:35.9	QID 38 Foto	00:01:24.0
Phase 3_23012018 Tablet 4	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:07:46.6	00:08:05.1	QID 103 MC Eingabe	00:00:18.4
Phase 3_23012018 Tablet 4	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:09:34.7	00:12:12.7	QID 39 Texteingabe	00:02:37.9
Phase 3_23012018 Tablet 3	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:00:52.1	00:01:10.6	QID 37 MC Eingabe	00:00:18.4
Phase 3_23012018 Tablet 3	Fotodokumentation	00:06:25.7	00:06:52.6	QID 38 Foto	00:00:26.9
Phase 3_23012018 Tablet 3	Antworteingabe erfolgt eigenmächtig	00:06:56.5	00:07:04.8	QID 103 MC Eingabe	00:00:08.2
Phase 3_23012018 Tablet 3	Antworteingabe erfolgt eigenmächtig	00:09:15.4	00:10:29.4	QID 39 Texteingabe	00:01:14.0
Phase 3_24012018 Tablet 2	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:01:03.4	00:01:14.2	QID 37 MC Eingabe	00:00:10.7
Phase 3_24012018 Tablet 2	Fotodokumentation	00:05:29.2	00:05:57.3	QID 38 Foto	00:00:28.1
Phase 3_24012018 Tablet 2	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:06:06.6	00:06:27.9	QID 103 MC Eingabe	00:00:21.3
Phase 3_24012018 Tablet 2	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:07:41.6	00:09:00.5	QID 39 Texteingabe	00:01:18.9

Phase 3_19022018_Tablet 3	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:00:49.7	00:01:01.2	QID 37 MC Eingabe	00:00:11.4
Phase 3_19022018_Tablet 3	Fotodokumentation	00:11:46.7	00:12:15.0	QID 38 Foto	00:00:28.3
Phase 3_19022018_Tablet 3	Eingabe auf Diktat des Partners	00:12:35.3	00:12:41.3	QID 103 MC Eingabe	00:00:06.0
Phase 3_19022018_Tablet 3	Eingabe auf Diktat des Partners	00:13:22.9	00:15:00.2	QID 39 Texteingabe	00:01:37.3
Phase 3_24012018_Tablet 3	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:00:41.4	00:00:47.2	QID 37 MC Eingabe	00:00:05.8
Phase 3_24012018_Tablet 3	Fotodokumentation	00:05:04.6	00:05:28.0	QID 38 Foto	00:00:23.3
Phase 3_24012018_Tablet 3	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:05:33.4	00:06:01.4	QID 103 MC Eingabe	00:00:28.0
Phase 3_24012018_Tablet 3	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:09:10.7	00:13:15.8	QID 39 Texteingabe	00:04:05.1
Phase 3_25012018_Tablet 2	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:00:47.6	00:00:53.7	QID 37 MC Eingabe	00:00:06.0
Phase 3_25012018_Tablet 2	Fotodokumentation	00:07:29.4	00:07:47.9	QID 38 Foto	00:00:18.4
Phase 3_25012018_Tablet 2	Antworteingabe erfolgt eigenmächtig	00:08:16.3	00:08:43.3	QID 103 MC Eingabe	00:00:27.0
Phase 3_25012018_Tablet 2	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:09:53.5	00:10:30.0	QID 39 Texteingabe	00:00:36.4
Phase 4_13062018_Tablet 4	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:01:16.9	00:01:21.7	QID 37 MC Eingabe	00:00:04.7
Phase 4_13062018_Tablet 4	Fotodokumentation	00:10:12.0	00:10:47.8	QID 38 Foto	00:00:35.7
Phase 4_13062018_Tablet 4	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:10:53.2	00:11:09.4	QID 103 MC Eingabe	00:00:12.5
Phase 4_13062018_Tablet 4	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:12:13.2	00:15:32.5	QID 39 Texteingabe	00:03:19.2
Phase 4_13062018_Tablet 3	Antworteingabe erfolgt eigenmächtig	00:01:09.3	00:01:15.3	QID 37 MC Eingabe	00:00:06.0
Phase 4_13062018_Tablet 3	Fotodokumentation	00:07:01.4	00:07:34.7	QID 38 Foto	00:00:33.3
Phase 4_13062018_Tablet 3	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:07:45.5	00:07:47.4	QID 103 MC Eingabe	00:00:01.9
Phase 4_13062018_Tablet 3	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:08:19.7	00:09:32.7	QID 39 Texteingabe	00:01:13.0
Phase 4_14062018_Tablet 2	Antworteingabe erfolgt eigenmächtig	00:01:02.0	00:01:04.7	QID 37 MC Eingabe	00:00:02.7
Phase 4_14062018_Tablet 2	Fotodokumentation	00:06:40.3	00:07:28.8	QID 38 Foto	00:00:48.4
Phase 4_14062018_Tablet 2	Antworteingabe erfolgt eigenmächtig	00:07:59.5	00:08:03.2	QID 103 MC Eingabe	00:00:03.6
Phase 4_14062018_Tablet 2	Eingabe auf Diktat des Partners	00:09:13.1	00:10:31.8	QID 39 Texteingabe	00:01:18.6
Phase 4_14062018_Tablet 4	Fotodokumentation	00:09:27.7	00:10:27.4	QID 38 Foto	00:00:59.7

Phase 4_14062018 Tablet 4	Eingabe auf Diktat des Partners	00:12:35.6	00:14:33.0	QID 39 Texteingabe	00:01:57.4
Phase 4_14062018 Tablet 3	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:03:41.4	00:03:47.8	QID 37 MC Eingabe	00:00:06.4
Phase 4_14062018 Tablet 3	Fotodokumentation	00:10:45.9	00:11:15.3	QID 38 Foto	00:00:29.4
Phase 4_14062018 Tablet 3	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:11:29.5	00:11:34.9	QID 103 MC Eingabe	00:00:05.3
Phase 4_14062018 Tablet 3	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:12:21.4	00:13:34.5	QID 39 Texteingabe	00:01:13.1
Phase 4_14062018 Tablet 1	Antworteingabe nach/mit Konsensbildung	00:00:59.5	00:01:04.0	QID 37 MC Eingabe	00:00:04.4
Phase 4_14062018 Tablet 1	Fotodokumentation	00:07:21.2	00:07:49.1	QID 38 Foto	00:00:27.8
Phase 4_14062018 Tablet 1	Antworteingabe erfolgt eigenmächtig	00:07:53.3	00:08:05.8	QID 103 MC Eingabe	00:00:12.5
Phase 4_14062018 Tablet 1	Antworteingabe erfolgt eigenmächtig	00:09:35.3	00:10:45.3	QID 39 Texteingabe	00:01:09.9

	Mittelwert	Min	Max	Anzahl Codings (n)	Summe
QID 37 MC (n=16)	00:00:09	00:00:03	00:00:20	16	00:02:22
QID 38 v0-v1 ABC (n=8)	00:00:35	00:00:08	00:01:37	8	00:04:41
QID 38 v2-v4 (n=18)	00:00:39	00:00:18	00:01:25	18	00:11:44
QID 103 MC (n=17)	00:00:12	00:00:02	00:00:28	17	00:03:16
QID 39 Text (n=23)	00:02:05	00:00:37	00:07:15	23	00:47:47
Boxplot	QID 37 MC (n=16)	QID 38 v0-v1 (n=8)	QID 38 v2-v4 (n=18)	QID 103 MC (n=17)	QID 39 Text (n=23)
MIN	00:00:03	00:00:08	00:00:18	00:00:02	00:00:37
Q1	00:00:06	00:00:14	00:00:24	00:00:05	00:01:11
Median	00:00:07	00:00:30	00:00:29	00:00:09	00:01:19
Q3	00:00:11	00:00:41	00:00:46	00:00:15	00:02:27
MAX	00:00:20	00:01:37	00:01:25	00:00:28	00:07:15

17. K1 Codings v0-v1; Code: Usability Software\Verständnisschwierigkeiten User

K1 Codings v0-v4; Codes: Usability Software\Verständnisschwierigkeiten User

Dokumentname	Segment	Anfang	Ende	Kontext	Dauer
Phase 0_02022017_Tablet1	#00:08:43.4# S1 stockt beim Vorlesen: "Polar (.) Polarkreis, was heißt eigentlich Polarkreis?"	00:08:43.4	00:08:47.4	Deutsch als Zweitsprache	00:00:03.9
Phase 0_02022017_Tablet1	#00:08:53.9# S1 stockt erneut beim Vorlesen: "Wie ist das, was? V A?" S2: "Vor allem."	00:08:53.9	00:08:57.8	Deutsch als Zweitsprache	00:00:03.8
Phase 1_07092017_Tablet 2	#00:04:18.5# S1 liest Anhang zu Samenpflanzen vor, dabei verliest sie sich mit der Temperaturangabe: "Kältetolerant bis minus, oha, minus 690 (.) °C."	00:04:18.5	00:04:23.7	Vorlesefehler	00:00:05.1
Phase 1_07092017_Tablet 2	#00:06:24.9# S2 fasst Samenpflanze an und wirft ein: "Das können wir uns merken, dass die so 600° hebt, dann können wir so die Frage stellen (.)" S1 (lacht): "Bis zu 600°?" S2: "Ja. Was denn?" S1: "-169°!" Beide lachen. S1: "Wieviel war die nochmal?" (zeigt auf Hemikryptophyt) S2: "(unv.) ich hab einfach 600 (unv.)" (lacht)	00:06:24.9	00:06:43.5	Konsequenz Vorlesefehler	00:00:18.5
Phase 2_10112017_Tablet 3	#00:04:50.3# Nach dem Vorlesen der Instruktion zum Auswählen der Sieger gesteht S2, dass sie den Begriff "Wuchsformen" nicht ganz verstanden hat. S2: "Ich hab das (unverständlich) da stand irgendwas mit Wuchsformen." S1 schaut sich die Töpfe auf den Podesten noch mal genauer an. S2 lacht beschämt. S2: "Da war nämlich ein kleiner, ähm, kleiner Text und ein Bild mit Wuchsformen. "Beide schauen nun wieder auf den Tablet-PC. S2: "Was ist denn was?" S1 lacht: "Das steht doch dran!" Nun können sie die Sieger wählen.	00:04:50.3	00:05:15.2	Lesefehler	00:00:24.9

Phase 3_22012018 Tablet 4	#00:10:21.7# Beide beugen sich über die Einsteckschilder und drehen sie um. S1 nimmt das Schild des Phanerophyten und sagt: "Baum". S2: "Ja, der Tannenbaum, ja." S1 steckt das Einsteckschild in den Holzpodest Rang 1. Das Schild fällt um. S1 kommentiert mit einem Fluch und legt das Schild wieder zurück zu den anderen. S1: "Ja, aber der der ziemlich (unverständlich) ausgebildet ist (unverständlich aufgrund der Unterhaltung einer anderen Gruppe an K3)." S2 schaut sich ebenfalls die Einsteckschilder an: "Zwiebelblumen (unverständlich)." S1: "Weißt du, was Hemokryptophyt ist?" Die Pflanzen daneben haben sie immer noch nicht als Arbeitsmaterial ihrer Station wahrgenommen. Auch die App wurde nicht konsultiert. Nach welchen Kriterien die beiden das Ranking der Fachbegriffe festlegen ist unklar.	00:10:21.7	00:12:24.9	Anhänge und Originale nicht beachtet	00:02:03.2
Phase 3_23012018 Tablet 4	S1: "Ja warum? Da steht's doch. (.) Was machst du denn? (übernimmt den Tablet-PC)" S2: "Was sollen wir jetzt noch machen?" S1: "Ja, ordnen." S2: (unverständlich) S1: "Da drauf (zeigt auf die Podeste)." S2: "Ahh, achso." S1 lacht: "du bist/" (schüttelt lachend den Kopf)	00:03:39.9	00:03:49.4	Partner hört nicht zu	00:00:09.4
Phase 3_24012018 Tablet 2	S1: "Ist das das, was am meisten aushält?" S3: "Weiß ich nicht." S2: "Nein, am wenigsten." S3: "Das ist nur (.) das ist nur jetzt ein Beispiel wie die alle aushalten und danach können wir die erst sortieren." S2: "Okay." S1: "Achso." S3: "Ich les euch das erst mal alles vor."	00:02:59.8	00:03:11.4	Partner hört nicht zu	00:00:11.6

18. K1 Codings v0-v1; Code: Kamera

K1 Codings v0-v4; Code: Kamera

Dokumentname	Anfang	Ende	Dauer	Art
Phase 0_25012017_Tablet 6	00:04:02.1	00:04:07.5	00:00:05.4	1 Winken in Kamera
Phase 0_25012017_Tablet 6	00:06:03.7	00:06:06.8	00:00:03.0	2 Blickt in Kamera beim Arbeiten
Phase 1_07092017_Tablet 2	00:01:00.6	00:01:02.9	00:00:02.2	2 Kamera entdeckt beim Annähern an Station
Phase 1_08092017_Tablet 4	00:02:46.8	00:02:51.1	00:00:04.3	2 Kurzer Blick in Kamera beim Arbeiten
Phase 1_08092017_Tablet 5	00:02:40.8	00:02:50.3	00:00:09.4	3 Lachen über Aufzeichnung von Fehlleistung
Phase 1_08092017_Tablet 5	00:02:58.6	00:03:05.5	00:00:06.8	3 Schauen sich Kameraposition in Kalthaus III an
Phase 1_08092017_Tablet 5	00:09:30.4	00:09:37.1	00:00:06.6	2 Kamera verhindert Unfug machen
Phase 2_27102017_Tablet 7	00:00:15.4	00:00:18.4	00:00:03.0	2 Kamera entdeckt beim Annähern an Station
Phase 2_11012018_Tablet 3	00:02:29.6	00:02:48.9	00:00:19.3	1 Schauen sich an, ob sie Mikro mitnehmen können
Phase 2_11012018_Tablet 3	00:02:54.2	00:02:56.3	00:00:02.1	1 Blickt lachend in Kamera beim Arbeiten
Phase 2_11012018_Tablet 3	00:06:55.4	00:07:10.8	00:00:15.3	1 "schalten Kamera mit Tablet an" nach Unterbrechung der Arbeit um mit Kameraden zu reden
Phase 2_11012018_Tablet 3	00:09:17.1	00:09:43.3	00:00:26.2	1 S1 geht hinter Kamera und schaut sich Aufzeichnungsausschnitt an, S2 macht Eingabe und posiert für Kamera
Phase 2_11012018_Tablet 5	00:00:59.3	00:01:51.9	00:00:52.5	4 Verlassen Kamerablickfeld zum Lösen von QID 37
Phase 2_11012018_Tablet 5	00:02:19.0	00:02:21.4	00:00:02.4	2 Kamera entdeckt beim Annähern an Station
Phase 2_11012018_Tablet 5	00:13:18.5	00:13:20.7	00:00:02.1	1 posieren für Kamera
Phase 3_23012018_Tablet 4	00:00:44.6	00:00:54.0	00:00:09.4	3 Flüstern über Irritation zu Frost in allen Klimazonen, damit Kamera es nicht "hört"

Phase 3_23012018 Tablet 4	00:06:39.7	00:06:46.6	00:00:06.9	1 SuS werden von teamfremden Kameraden auf Kamera angesprochen, finden es nicht schlimm
Phase 3_24012018 Tablet 2	00:05:32.7	00:05:39.9	00:00:07.2	3 Unwohlsein durch viele Kameras in Kalthaus III und frontale Perspektive
Phase 3_19022018 Tablet 3	00:13:57.1	00:14:22.9	00:00:25.8	1 S1 geht hinter Kamera und schaut sich Aufzeichnungsausschnitt an
Phase 3_19022018 Tablet 3	00:15:37.8	00:15:55.2	00:00:17.4	1 S2 geht hinter Kamera und schaut sich Aufzeichnungsausschnitt an, S2 macht Eingabe und posiert für Kamera
Phase 3_24012018 Tablet 3	00:02:25.0	00:02:35.2	00:00:10.2	1 SuS werden von teamfremden Kameraden auf Kamera angesprochen
Phase 4_14062018 Tablet 4	00:00:00.0	00:00:05.4	00:00:05.4	4 Kamera entdeckt beim Annähern an Station, Verlassen Blickfeld zum Lösen von QID 37
Phase 4_14062018 Tablet 4	00:02:44.7	00:02:47.4	00:00:02.7	3 Verlegenheit
Phase 4_14062018 Tablet 4	00:07:35.9	00:07:38.7	00:00:02.8	2 Blickt in Kamera beim Arbeiten
Phase 4_14062018 Tablet 4	00:13:55.6	00:14:02.2	00:00:06.5	2 S1 fragt sich, wie Kamera so weit weg den Ton aufzeichnen kann
Phase 4_14062018 Tablet 3	00:05:08.4	00:05:14.3	00:00:05.9	3 S1 findet Frontale unangenehm
Phase 4_14062018 Tablet 1	00:00:40.2	00:00:44.7	00:00:04.5	3 Flüüstern

1	völlig unbeeindruckt, posieren für Kamera
2	kurze Schrecksekunde, Beobachtet werden bewusst
3	Beobachtet werden unangenehm, Verlegenheit
4	entziehen sich dem Kamerablick

Anhang XI: Ergebnisse der SPSS-Auswertung zur Medienverfügbarkeit

Besitzt du ein PC/Notebook?					
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	ja	235	83,3	91,8	91,8
	nein	21	7,4	8,2	100,0
	Gesamt	256	90,8	100,0	
Fehlend	keine Angabe	26	9,2		
Gesamt		282	100,0		

Besitzt du ein Smartphone?					
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	ja	275	97,5	99,6	99,6
	nein	1	0,4	0,4	100,0
	Gesamt	276	97,9	100,0	
Fehlend	keine Angabe	6	2,1		
Gesamt		282	100,0		

Besitzt du ein Tablet?					
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	ja	131	46,5	56,2	56,2
	nein	102	36,2	43,8	100,0
	Gesamt	233	82,6	100,0	
Fehlend	keine Angabe	49	17,4		
Gesamt		282	100,0		

Anhang XII: Schülerantworten an Station K1

Schülerantworten auf Frage QID 38

Version v0 und Version v1

Bewertung Sortierrichtung: 1=korrekt, 2=falsch

Bewertung Reihenfolge: 1=völlig richtig, 2=ein Paar vertauscht, 3=falsch

session.pw	date	answerPlayer.antwortertext	Sortierrichtung	Reihenfolge
hpesdagcob	25.01.2017	EBDCA	2	2
kxrgtsamnw	25.01.2017	Tttr	2	3
ytluwknzai	25.01.2017	acdeb	1	3
aqdpywrlfs	25.01.2017	DBCEA	1	2
ivluqgjorp	25.01.2017	Die Pflanzen sind in folgender Reihenfolge mit aufsteigender Frostresistenz geordnet; E, B, C, D, A.	2	3
rektijnfuh	25.01.2017	Acdbce	1	2
zfqpwutlah	26.01.2017	Acdbce	1	2
mvyxlrjtjko	26.01.2017	Warm nach kalt : e, b, c	2	3
cernymtxjw	26.01.2017	EBCDA	2	2
rihopzclmk	26.01.2017	Acdbce	1	2
qdzvjrpfum	02.02.2017	AEBDC	2	3
vlfiphmsx	02.02.2017	Ebdca	2	1
jzclkwperb	02.02.2017	ebcda	2	2
iwszyqcmdk	02.02.2017	Cdbae	2	3
yfpmesvuba	19.06.2017	Cdbea	1	2
ifhctoraub	19.06.2017	EBCDA	2	2
lcfroaxmkh	19.06.2017	Cdbea	1	2
kixogdeypn	19.06.2017	EBCDA	2	2
objqdeinrp	21.06.2017	Ebcda	2	2
qojxlhvnt	21.06.2017	EBCDA	2	2
bjnxpvzufi	21.06.2017	Ebcda	2	2
cupfkjebdt	22.06.2017	Cebda	2	3
jsmahyekpt	22.06.2017	EBDCA	2	2
nvrldqmgmb	22.06.2017	EBCDA zunehmende Frostresistenz	2	2
lducvxzyeh	26.06.2017	EBDCA	2	2
wbpearvcdk	26.06.2017	Bhjkk	2	3
kmqnpxieag	26.06.2017	Von niedrig zu hoch:ACDBE C und D besitzen jedoch die selbe Grenztemperatur.	1	2
mesitohxnw	26.06.2017	Ebcda	2	2
uhsblycxvd	26.06.2017	Ab d	1	3
bvuhckodil	07.09.2017	BOLBA	2	3
kidymzvrnh	07.09.2017	Ebdca	2	2
ytkpdsflzv	08.09.2017	Ebc/da	2	2
ilszqfjamo	08.09.2017	ACDBE	1	2
grklqvxefo	08.09.2017	ACDBE	1	2
mksiofgyzc	26.09.2017	EBD=CA	2	2

lefauncqjk	26.09.2017	EBCDA	2	2
vptmlujsyw	26.09.2017	Ebcda	2	2
yknzafhoje	26.09.2017	Ebdca	2	2
ylnahzukog	18.10.2017	Edcba	2	2
gqopsrhkvu	18.10.2017	ac=dbe	1	2

Version v2 und Version v3

Bewertung Zuordnung Schild-Wuchsform: 1=völlig richtig, 2=ein Paar vertauscht, 3=falsch, 6=Foto nicht verfügbar

Bewertung Sortierrichtung: 1=korrekt, 2=falsch, 6= Foto nicht verfügbar

Bewertung Reihenfolge: 1=völlig richtig, 2=ein Paar vertauscht, 3=falsch, 6= Foto nicht verfügbar

session.pw	date	Zuordnung Schild-Wuchsform	Sortierrichtung	Reihenfolge
kxdonelzrt	27.10.2017	6	6	6
pmzhfaqvcn	27.10.2017	1	1	1
anujlogyei	10.11.2017	1	1	1
lqhnfwoped	10.11.2017	1	1	1
ptsqhfkcwo	10.11.2017	1	1	1
vnwsjgmxrk	10.01.2018	1	1	1
yadcnbxusf	10.01.2018	1	1	1
spfkixbnmo	10.01.2018	1	1	1
gswfoanjev	11.01.2018	1	1	2
lwtvyqocjd	11.01.2018	1	1	1
wocnmrkfju	11.01.2018	1	1	2
xlzqfgjsyt	11.01.2018	1	1	1
cxbnuahltm	22.01.2018	1	1	1
knmotvbedr	22.01.2018	3	2	3
ncwvpdaxgl	23.01.2018	3	1	1
mfiobgsqcx	23.01.2018	3	1	1
gnhlbofrwe	23.01.2018	2	2	2
ubmvtsyzjh	23.01.2018	1	1	2
vgztskuaei	24.01.2018	1	1	2
wctfmhpbvby	24.01.2018	1	1	1
gcskvyjwnm	24.01.2018			
mgfkynotqe	25.01.2018	2	1	1
sdkyfajegn	25.01.2018	1	1	3
dpmqxwfhou	25.01.2018	1	1	1
iurftsycg	25.01.2018	1	1	1
tqgwhoynip	25.01.2018	1	1	1
tndaqrmclj	25.01.2018	1	1	1
oymljnwbke	25.01.2018	1	1	1
eizqsntruh	25.01.2018	1	1	1
mdzxebqyfi	19.02.2018	2	2	3
lxashdzguy	19.02.2018	1	1	1
ibagnkyflc	19.02.2018	1	1	1

Version v4

Bewertung Zuordnung Schild-Wuchsform: 1=völlig richtig, 2=ein Paar vertauscht, 3=falsch, 6=Foto nicht verfügbar

Bewertung Sortierrichtung: 1=korrekt, 2=falsch, 6= Foto nicht verfügbar

Bewertung Reihenfolge: 1=völlig richtig, 2=ein Paar vertauscht, 3=falsch, 6= Foto nicht verfügbar

session.pw	date	Zuordnung Schild-Wuchsform	Sortierrichtung	Reihenfolge
tivfqlpcwb	13.06.2018	1	1	2
tmlxiavysh	13.06.2018	1	1	2
dhptscxfj	13.06.2018	1	1	1
louhmabzep	13.06.2018	1	1	1
kltvordyns	14.06.2018	1	1	1
dfhmezywp	14.06.2018	1	1	1
uvflqbhcsy	14.06.2018	1	1	2
rzjqvacdtu	14.06.2018	1	1	2
hxlukoqsyf	06.09.2018	2	1	2
dogzpyljxc	06.09.2018	1	1	2
hkrqipcmæ	06.09.2018	1	1	2

Schülerantworten auf Frage QID 39

Version v0 und Version v1

Bewertung Tabellenauswertung: 1=korrekt & vollständig, 2= korrekt, unvollständig, 3=falsch/nicht gegeben, 4= Buchstabenreihenfolge, korrekt, 5=Buchstabenreihenfolge, falsch, 6=keine/irrelevante Angabe

Bewertung Interpretation 1=Widerspruch genannt, 2=Widerspruch nicht genannt, 6=keine/irrelevante Angabe

session.pw	date	answerPlayer.answerstext	Tabellenauswertung	Interpretation
hpesdagcob	25.01.2017	Die Pflanze, die sehr kältebeständig sind kommen in den kalten zonen nur sehr selten vor anders wie zum beispiel die oberflächenpflanze die trotz ihrer kleinen kältebeständigkeit oft vorhanden ist	1	1
kxrgtsamnw	25.01.2017	5otptpt	6	6
ytluwkznai	25.01.2017	Das alle Pflanzen sehr grün sind und auf Wasser angewiesen sind xDDDDDD ROFL	6	6
aqdpywrlfs	25.01.2017	Luftpflanze sehr frostresistentDennoch geringere verbreitung als OberflÄchenpflanze 1 luftpflanze60 oberflÄchenpflanze	1	1
ivluqgjorp	25.01.2017	0	6	6
rektijnfuh	25.01.2017		6	6
zfqpwutlah	26.01.2017	Luftpflanzen kommen sehr selten vor wohingegen bodenpflanzen sehr hÄufig/am hÄufigsten an zu treffen sind.	2	2
mvyxlrjtjko	26.01.2017	Be einem jahresminimum von -40 wachsen hauptsÄchlich oberfl. Pflanzen [60%] und kaum luftpflanzen [1%]	2	2
cernymtxjw	26.01.2017	Pflanzen haben auch andere UmwelteinflÄsse Boden ist zum Beispiel wichtig Oder auch bei zunehmender Resistenz steigt auch das Verlangen Licht Wurzeln sind ausgeprÄgter. Das hilft bei der Wasseraufnahme	6	6
rihopzclmk	26.01.2017	Das OberflÄchenpflanzen am hÄufigsten vorkommen und die Luftpflanzen am wenigsten	2	2
qdzvrpfum	02.02.2017	Die Zwergpflanzen treten hÄufiger auf als luftpflanzen	2	2
vlfiphmsx	02.02.2017	Kurzlebigste planzen sind am meisten kÄlteresistent	3	2
jzclkwperb	02.02.2017	Pflanzenarten mit weniger Frostresistenz sind in diesen Gebieten mehr verbreitet als die mit hÄherer Frostresistenz	2	1
iwszyqcmdk	02.02.2017	zwar hat die Sonneblume eine hohe KÄlteresistenz, sind jedoch in den KÄltezone nur gering vorhanden. Pflanzen die allerdings eine geringere KÄlteresistenz besitzen sind weitaus mehr vorhanden	2	1
yfpmesvuba	19.06.2017	0	6	6

ifhctoraub	19.06.2017	EBCDA	5	2
lcfroaxmkh	19.06.2017	Oberflächpflanzen am meisten , bäume gar nicht	2	2
kixogdeypn	19.06.2017	EBCDA	5	2
objqdeinrp	21.06.2017	Ebcda	5	2
qojexlhvnt	21.06.2017	Sie kommen sehr selten vor	3	1
bjnxpvzufi	21.06.2017	Ebcda	5	2
cupfkjebdt	22.06.2017	Oberflächpflanzen sind in Frostgebieten am häufigsten Luft- und einjährige Pflanzen sehr selten in den Regionen	2	1
jsmahyekpt	22.06.2017	Luftpflanzen und einjährige Samenpflanzen machen nur 1% und 2% der Population aus	2	2
nvrldqmgmb	22.06.2017	Die am besten angepassten sind am wenigsten vorhanden. Die Oberflächpflanze kommt am häufigsten vor. Die luftpflanze am seltensten.	1	1
lducvzyeh	26.06.2017	Ebdca	5	2
wbpearvcdk	26.06.2017	Nhuikklo	6	6
kmqnxieag	26.06.2017	A c d b e	5	2
mesitohxw	26.06.2017	E B C D A	5	2
uhsblycxvd	26.06.2017	Gugygct	6	6
bvuhckodil	07.09.2017	Die Oberflächpflanze ist in der Kaltenzone am meisten vertreten ,weil sie besondere Eigenschaften aufweist, die dazu führen dass die Pflanze im Winter nicht stirbt.	2	2
kidymzvrnh	07.09.2017	Oberfläch und Zwergpflanzen kommen am häufigsten in der polaren Zone vor	2	2
ytkpdsflzv	08.09.2017	Ebc/da	5	2
ilszqfjamo	08.09.2017	ACDBE	5	2
grklqvxefo	08.09.2017	Pflanze B kommt in polaren regionen am häufigsten vor. Im vergleich zur pflanze A die an höhere temperaturtoleranz angepasst ist	1	1
mksiofgyzc	26.09.2017	EBD=CA	5	2
lefauncqjk	26.09.2017	Oberflächpflanzen werden am häufigsten vertreten. Einjährige Pflanzen sind trotz der höchsten Frostresistenz am zweitwenigsten vertreten.	1	1
vptmlujsyw	26.09.2017	-40 bis 0 grad vorallem Pflanzen die frostresistent bis zu -40 Grad sind	3	2
yknzafhoje	26.09.2017	0	6	6
ylnahzukog	18.10.2017	Was sind raunkiaer???	6	6
ggopsrhkvu	18.10.2017	Luftpflanzen und einjährige pflanzen sind kaum vorhanden obwohl sie sehr frostresistent sind.	2	1

Version v2 und Version v3

Bewertung Tabellenauswertung: 1=korrekt & vollständig, 2= korrekt, unvollständig, 3=falsch/nicht gegeben, falsch, 6=keine/irrelevante Angabe

Bewertung Interpretation 1=Widerspruch genannt, 2=Widerspruch nicht genannt, 6=keine/irrelevante Angabe

session.pw	date	answerPlayer.answertext	Tabellen- auswertung	Inter- pretation
kxdonelzrt	27.10.2017	. die am ¼berlebensfähigsten Pflanzen kommen am seltensten vor	2	1
pmzhfaqvcn	27.10.2017	Die beiden pflanzen mit der größten frostresistenz kommen am seltensten vor.	2	1
anujlogyei	10.11.2017	geringes vorkommen von phanero- und therophyten obwohl eine große kältteresistenz besteht- häufigstes vorkommen von hemikryptophyten - Chamaephyten und geophyten existieren obwohl das jahresminimum wesentlich unter der kältetoleranz der pflanzen liegt	1	1
lqhnfwoped	10.11.2017	Trotz der besseren Anpassung an die Kälte, kommen sie am wenigsten vor	2	1
ptsqhfkcwo	10.11.2017	Pflanzen mit großer Frostresistenz kommen in kalten Zonen nicht so oft vor	2	2
vnwsjgmxrk	10.01.2018	Kälte sorgt fuer langsamen wachstum	6	6
yadcnbxusf	10.01.2018	Die Hemikryptophyt kommt bei kommt bei einer Durchschnittstemperatur bei -40 grad am häufigsten vkr.	2	2
spfkixbnmo	10.01.2018	Resistente müssen sich nicht verbreiten um zu überleben	6	6
gswfoanjev	11.01.2018	1.Hemikryptyo2.Chamae3.Geo4.Thero5.Phanero	1	2
lwtyvqocjd	11.01.2018	Die die a meisten ausgewählten kommen am wenigsten vor	2	1
wocnrmkfju	11.01.2018	Die Wuchsformen, die am besten ausgebildet sind, sind am wenigsten vorhanden. Die am schlechtesten dafür ausgebildeten, wie zum Beispiel die Hemikryptophyt, kommen dafür am häufigsten vor.	1	1
xlzqfgjsyt	11.01.2018	Die Pflanzen, die am meisten Frost aushalten können, kommen am seltensten vor	2	1
cxbnuahltm	22.01.2018	- phanerophyte und therophyte Pflanzenarten haben zwar eine starke Frostresistenz, aber sind so gut wie gar nicht verbreitet.	2	1
knmotvbedr	22.01.2018	Aus der Tabelle lässt sich schlussfolger, dass in kalten Gebieten am häufigsten Hemokryptophyten vorkommen. Auf Platz zwei liegen die Chamaephyten. Auf Platz drei liegen die Geophyten, auf Platz 4 die Therophyten und am wenigsten kommen die Phanerophyten vor.	1	2
ncwvpdaxgl	23.01.2018	Trotz seiner hohen Frostresistenz kommt der Phanerophyt extrem selten vor (1%)	2	1
mfiobgsqcx	23.01.2018	Am meisten kommen die Hemikryptophyten vor	2	2
gnhlbofrwe	23.01.2018	Hemikryptophyten kommen in kalten Zonen am häufigsten vor, obwohl sie nicht so frostresistent wie zum Beispiel die Phanerophyten sind.	2	1
ubmvtsyjzh	23.01.2018	Der hemikryptophyt kommt am meisten vor obwohl er nicht so frostresistent ist Therophyten und	1	1

		phanerphyten kommen dgegen seht sekten vor obwohl sie sehr frostresistent sind		
vgztskuaei	24.01.2018	Die pflanzen die weniger frost aushalten kommen Äñfter vor als die pflanze die am meisten frost aushalten	2	1
wctfmhpbvy	24.01.2018	Die resistentesten pflanzen, kommen in Permafrostgebieten am meisten vor. Es gibt aber nur wenige, da die Nährstoffe nur f¼r wenige Pflanzen reichen.	3	6
mgfkynotqe	25.01.2018	Die pflanzen die weniger kälte aushalten kommen Äñfters vor, vermutlich da so die art nicht aussterben kann, falls viele sterben	2	1
sdkyfajegn	25.01.2018	Die frostresistentesten Pflanzen kommen am seltensten vor.	2	1
dpmqxwfhou	25.01.2018	Therophyt und Phanerophyt	6	6
iurftsycg	25.01.2018	Kälteresistenz hat nichts mit Häufigkeit zu tun	3	2
tqgwhoynip	25.01.2018	Die kälteresistentesten pflanzen wachsen am wenigsten in den kalten zonen	3	2
tndaqrmclj	25.01.2018	Die Pflanzen die die höchste Frosttoleranz haben, kommen in der kalten Zone kaum vor. Die Pflanze die eine relativ niedrige Frostresistenz hat, kommt in der kalten Zone am häufigsten vor.	1	1
oymljnbke	25.01.2018	Die Pflanzen mit den größten Kälteresistenzen kommen am wenigsten in solchen Gebieten vorDie Hemikryptophyt kommen am häufigsten vor,trotz das sie eine der geringsten Kälteresistenzen hat	1	1
eizqsntruh	25.01.2018	Am häufigsten kommen die Gräser vor	2	2
mdzxebqyfi	19.02.2018	Kälteresistenz ist antiproportioonal zur Quantität.	2	1
lxashdzguj	19.02.2018	Die pflanzen mit der höchsten frostresistenz kommen ganz wenig vor und die anderen sehr viel	2	1
ibagnkyflc	19.02.2018	Trotz der besten Frostresistenz kommen am häufigsten Hemikryptophyten vor.	2	2

Version v4

Bewertung Tabellenauswertung: 1=korrekt & vollständig, 2= korrekt, unvollständig, 3=falsch/nicht gegeben, 6=keine/irrelevante Angabe

Bewertung Interpretation 1=Widerspruch genannt, 2=Widerspruch nicht genannt, 6=keine/irrelevante Angabe

Details: Paar vertauscht: x= Phanerophyt/Therophyt im Ranking vertauscht

session.pw	date	answerPlayer.answertext	Tabellenauswertung	Interpretation	Details
tivfqipcwb	13.06.2018	Die, die der Kälte am besten angepasst sind, kommen am wenigsten vor Die Hemikryptophyten kommen am meisten vor, obwohl sie ungeeignet sind	1	1	x
tmlxaviysh	13.06.2018	Hemikryptophyten kommen am häufigsten vor	2	2	x
dhptscnxfj	13.06.2018	Hemikryptophyt kommt am Älftesten vor obwohl sie nur auf platz 4 der Kälteresistenz liegt.	2	1	
louhmabzep	13.06.2018	Die besonders Kälteresistenten pflanzen kommen trotz ihrer Kälteresistenz im winter am seltensten vor	2	1	
kltvordyns	14.06.2018	Es fällt auf, dass je kleiner die Pflanze ist, desto häufiger kommt sie in der kalten Zone vor.	3	2	
dfhmezgywp	14.06.2018	Die frostresistentesten Pflanzen kommen am seltensten vor	2	1	
uvflqbhcsy	14.06.2018	hemikryptophyten kommen am meisten in kalten Regionen vor-die frostresistenten am wenigsten	1	1	x
rzjqvacdtu	14.06.2018	Die Pflanzen mit dem höchsten Permaschutzfrost wachsen nicht in Permafrostgebieten.	2	1	x
hxlukoqsyf	06.09.2018	Pflanzen mkt grosser Frostresistenz sind gering vorhanden. Die Mittleren -meiste verbreitung	1	1	x
dogzpyljxc	06.09.2018	Pflanzen mit der höchsten Frostresistenz kommen am wenigsten in den kalten Regionen vor Pflanzen mit niedriger Frostresistenz kommen am häufigsten in den kalten Regionen vor	1	1	x
hkrqipcmæ	06.09.2018	Hemikryptophyten und Chamaephyten kommen in Frostgebieten am häufigsten vor	2	2	x

Anhang XIII: Stationsübersicht



Winkel
Sonneneinstrahlung
T1



Zuckerrohr vs.
Zuckerrübe
T2



Licht & Epiphyten
T3



Würfelgeige
T4



„In 80 Minuten um die Welt“ - Stationsübersicht -

Legende

- Tropische Zone
- Subtropische Zone
- Gemäßigte Zone
- Kalte Zone
- verknüpfte Stationen



Klimawandel &
Permafrostboden
K4



Fotosynthese &
Temperatur
K3



Ausschluss
Phanerophyten und
Therophyten
K2



Frost &
Wuchsformen
K1



Olive vs. Basilikum
S1



Transpirationsschutz
Wachsschicht
S2



Sukkulenz
S3



Sternform Kaktus
S4



Klimawandel und
Weinbau
G4



Frostschutz Kartoffel
G3



Nitratmessung Boden
Karnivoren
G2



Fangmethoden
Karnivoren
G1





Klimawandel und
Weinbau
G4



Frostschutz Kartoffel
G3



Nitratmessung Boden
Karnivoren
G2



Fangmethoden
Karnivoren
G1