

KOMMS Reports Nr. 11 (2020)

Reports zur Mathematischen Modellierung
in MINT-Projekten in der Schule



Mathematische Modellierungswoche Februar 2020 Themenschwerpunkt Gesundheit und Medizin

Jan Boeckmann, Martin Bracke, Patrick Capraro, Stephan Helfrich,
Lena Leiß, Thomas Marx, Moritz Schäfer



1 Die Felix-Klein-Modellierungswoche

Seit 1993 veranstaltet der Fachbereich Mathematik der TU Kaiserslautern jährlich die mathematischen Modellierungswochen. Die Veranstaltung erwuchs parallel zu der steigenden Relevanz angewandter mathematischer Forschungsgebiete, wie der Technomathematik und der Wirtschaftsmathematik. Sie soll dazu dienen, Schülerinnen und Schülern die Bedeutung mathematischer Arbeitsweisen in der heutigen Berufswelt, insbesondere in Industrie und Wirtschaft, begreifbar zu machen. Darüberhinaus bietet die Modellierungswoche den teilnehmenden Lehrkräften einen Einblick in die Projektarbeit mit offenen Fragestellungen im Rahmen der mathematischen Modellierung.

1.1 Partner und Finanzierung

Seit 2014 wird die Modellierungswoche vom Kompetenzzentrum für Mathematische Modellierung in MINT-Projekten in der Schule (KOMMS) organisiert, welches im selben Jahr gegründet wurde. Seit 2015 ist die Veranstaltung ein Teil des Projekts [Schulentwicklung für mathematische Modellierung in MINT-Fächern \(SchuMaMoMINT\)](#) und wird durch den Europäischen Sozialfonds (ESF), das Fraunhoferinstitut für Techno- und Wirtschaftsmathematik (ITWM), die TU Kaiserslautern sowie den Fachbereich Mathematik der TU Kaiserslautern finanziert. In diesem Zusammenhang gab es auch eine inhaltliche Weiterentwicklung, innerhalb dessen der Aspekt einer Lehrkräftefortbildung stärker in den Vordergrund rückte. Bereits zuvor war das Fraunhofer ITWM ein wichtiger Kooperationspartner und war an der Gestaltung der mathematischen Modellierungswoche wesentlich beteiligt. Im Jahr 2008 gründeten der Fachbereich Mathematik der TUK und das ITWM den Verein *Felix-Klein-Zentrum für Mathematik*, um die gemeinsamen Aktivitäten besser steuern zu können. Die Modellierungswoche wurde daraufhin in [Felix-Klein-Modellierungswoche](#) umbenannt.

1.2 Zielgruppe und Intention

Die Veranstaltung richtet sich an Schülerinnen und Schüler der gymnasialen Oberstufe in Rheinland-Pfalz, die ein außerordentliches Interesse an Mathematik und MINT-interdisziplinärem Arbeiten haben. Begleitet werden diese von Lehrkräften oder Referendaren ihrer Schule, welche die Projektarbeit beobachten und die Projektleiter bei der fachlichen Betreuung der Gruppen unterstützen.

Ziel ist es, sowohl bei den Schülerinnen und Schülern, als auch bei den Lehrkräften ein Bewusstsein dafür zu schaffen, wie das Arbeiten mit offenen Fragestellungen gelingen kann. Das KOMMS möchte dabei Wege aufzeigen, wie der Unterricht in den MINT-Fächern durch Konzepte wie *Forschendes Lernen* und *Eigenverantwortliche Projektarbeit* weiterentwickelt und bereichert werden kann.

1.3 Format und Durchführung

Die Modellierungswoche findet in Jugendherbergen in Rheinland-Pfalz statt. Zu Beginn werden am Sonntag Abend die Teilnehmer auf die verschiedenen Projektthemen aufgeteilt. Von Montag Morgen bis Donnerstag Abend wird inhaltlich gearbeitet. Am Freitag endet die Veranstaltung mit der Präsentation der Ergebnisse.

Üblicherweise wird jede Projektgruppe von einer Mitarbeiterin oder einem Mitarbeiter der TU Kaiserslautern sowie einer Lehrkraft betreut. Dabei haben die Schülerinnen und Schüler jedoch viele Freiheiten, sich selbst zu organisieren und auch den Arbeitsrhythmus zu gestalten.

Eine wesentliche Komponente dabei ist die Arbeitsumgebung in der Jugendherberge oder einer vergleichbaren Tagungseinrichtung:

- Jede Projektgruppe arbeitet in ihrem eigenen Seminarraum
- In den Pausen trifft man sich mit den anderen Gruppen, so dass es einen inhaltlichen Austausch gibt
- Es gibt wenige Faktoren, die vom Arbeitsthema ablenken; selbst abends arbeiten viele Gruppen noch an ihren Projekten weiter

2 Themenschwerpunkt *Gesundheit und Medizin*

Die Modellierungswoche im Winter 2020 befasste sich mit dem Themenschwerpunkt *Gesundheit und Medizin*. Von einem mathematischen Standpunkt her gesehen sind dabei aber Fragestellungen denkbar, die aus vielen unterschiedlichen Disziplinen stammen und daher eine große Bandbreite an mathematischen Herangehensweisen abdecken. Die Themen waren im einzelnen:

1. Künstliche Intelligenz – Kann ein Computer Diabetes diagnostizieren oder Hautkrebs erkennen?
2. Feinstaub in der Luft – eine Gefahr für Gesundheit und Klima
3. Einen Schrittzähler konstruieren
4. Dienstplanung der Ärzte in Krankenhäusern
5. Intelligente Produktion von Wundauflagen
6. Notfallversorgung in Kaiserslautern
7. Ausbreitung des Dengue-Fiebers in Sri Lanka

Einige dieser Projekte (Künstliche Intelligenz; Dienstplanung; Produktion von Wundauflagen; Krankheitsausbreitung) waren an Forschungsprojekte angelehnt, die an der TUK oder an kooperierenden Institutionen durchgeführt werden. Das Projekt *Einen Schrittzähler konstruieren* setzte einen starken Akzent auf die Technik und hatte damit einen ausgeprägten interdisziplinären Charakter.

Auf den folgenden Seiten finden Sie Berichte über die Arbeit in den Projektgruppen. Die Aufgabenblätter sind im Anhang des Dokuments abgedruckt.

3 Ergebnisse der Projektgruppen

3.1 Künstliche Intelligenz

3.1.1 Problemstellung

Wenn es in der IT-Industrie ein Buzzword gab, das die 2010er dominiert hat, dann wäre "Künstliche Intelligenz" ein heißer Kandidat dafür. Sei es im autonomen Fahren, oder bei der Verwendung von Suchmaschinen – Neuronale Netze liefern in einer Zeit von Big Data

erschreckend genaue Ergebnisse. Während statistische Analysen früher noch vorwiegend auf konkreten Zahlenwertden oder nominalen Merkmalen durchgeführt wurden, werden heute Bilder als zugrundeliegende Daten einer Analyse immer gängiger. Diese beiden Konzepte von Daten unterscheiden sich wesentlich voneinander und benötigen unterschiedliche mathematische Herangehensweisen und Algorithmen.

Dieses Projekt ist in zwei Teile geteilt. Im ersten Teil des Projektes sollte anhand von Blutwerten vorhergesagt werden ob ein Patient Diabetes hat oder nicht. Hierbei haben die Schülerinnen und Schüler lediglich einen Datensatz zu 750 Patientinnen mit deren Blutwerten und Diagnosen.

Im zweiten Teil des Projektes sollten mithilfe einer künstlichen Intelligenz unterschiedliche Arten von Hautkrebs kategorisiert werden. Als Hilfestellung bekamen die Schüler eine Einführung in die Funktionsweise neuronaler Netze und einen Beispielcode mit dem Bilder von Hunden und Katzen voneinander unterschieden werden können.

3.1.2 Vorüberlegungen

Im ersten Teil des Projektes ist eine Herausforderung ein passendes Mittel zu finden um die Daten effizient analysieren zu können. Die Schüler haben hier freie Wahl und müssen so Vor- und Nachteile abwägen. In diesem Fall führen viele Wege nach Rom.

Als zentrale Aufgabe muss erarbeitet werden woran man die Qualität eines Algorithmus messen kann. Das gängigste hierbei ist die Anzahl der korrekt vorausgesagten Diagnosen. In der Statistik wird das als *Accuracy* bezeichnet und gilt als einer der wichtigsten Faktoren bei einer statistischen Analyse dieser Art. Um eine wirklich aussagekräftige Accuracy berechnen zu können ist es wichtig die Daten in Trainingsdaten und Testdaten aufzuteilen. Weiterhin enthalten die Daten sogenannte *missing values*. Das sind Datensätze, die unzulässige Informationen enthalten wie zum Beispiel einen Blutdruck von *0mmHg*. Nur wenige solcher Datensätze können eine Analyse schon stark beeinflussen und zu einem stark verfälschten Ergebnis führen.

Im zweiten Teil besteht die Herausforderung zunächst den Aufbau eines neuronalen Netzes zu verstehen. Nur so ist es möglich den vorgegebenen Code auf das gegebene Problem abzuwandeln. Auch das Einlesen der Daten muss in diesem Fall abgeändert werden, da die Daten in einer anderen Form vorliegen als im Beispielcode.

Die Accuracy wird bereits im vorgegebenen Code bereits mitberechnet wodurch die Gruppe in diesem Aufgabenteil die Zeit darauf verwenden kann die Parameter möglichst optimal zu wählen.

3.1.3 Ergebnisse der Projektgruppe

Bei der Analyse der Diabetesdaten galt es zunächst die Daten aus der CSV-Datei in den PC einzulesen. Der erste Ansatz mit Excel funktionierte zwar sehr einfach, aber es war auch schnell klar, dass man mit den Möglichkeiten in Excel nur begrenzt weit kommen würde. Trotzdem konnte die Gruppe so erste Plots erstellen um ein Gespür für die Daten zu bekommen. So konnte ein Modell für die Vorhersage der Erkrankungswahrscheinlichkeit erstellt werden. Das Modell war von der Form

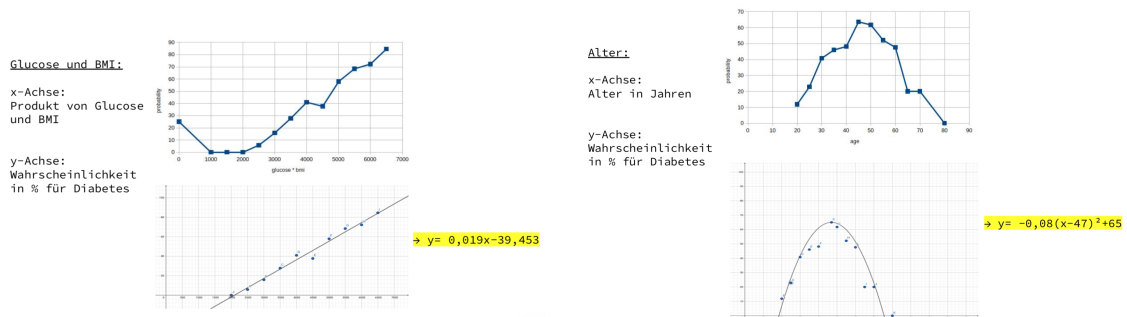


Abbildung 1: Analyse der Patientendaten zur Bestimmung der Diabetes-Wahrscheinlichkeit.

$$p = \beta + \sum_{i=1}^k \alpha_i \cdot x_i$$

wobei p die Erkrankungswahrscheinlichkeit darstellt, β und α_i Koeffizienten, und x_i die Werte der Merkmalsvariablen.

In zweiten Anlauf schrieb die Gruppe ein Programm in Python und entwickelte eigenständig einen Algorithmus, der die Anzahl der korrekt vorhergesagten Diagnosen maximiert. Hierbei wurde eine Vorhersagewahrscheinlichkeit von 83% erreicht.

Bei der Unterscheidung der verschiedenen Krebsarten war die größte Herausforderung das Einlesen der Daten auf das neue Datenformat umzuschreiben. Nun musste lediglich das neuronale Netz noch modifiziert werden und die Gruppe konnte sich darauf konzentrieren passende Parameter zu finden. Teilweise konnten zwei spezifische Krebsarten zu 99% korrekt voneinander unterschieden werden. Bei der Unterscheidung aller Krebsarten voneinander kam die Gruppe auf 76%.

3.2 Feinstaub in der Luft – eine Gefahr für Gesundheit und Klima

3.2.1 Problemstellung

In Großstädten insbesondere in China, aber auch in Deutschland kommt es gelegentlich zu einem "Feinstaubalarm". Bei diesem Feinstaub handelt es sich um sehr kleine Partikel, die als Produkte verschiedener Verbrennungsvorgänge oder beim mechanischen Abrieb in Industrie und Verkehr entstehen. Erhöhtes Krebsrisiko, Asthma, Allergien, Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen werden durch diese Partikel in der Luft verursacht. Feinstaub wirkt bereits in sehr geringer Konzentration gesundheitsschädigend und es gibt keine Wirkungsschwelle, unterhalb derer keine Gesundheitsbelastung besteht. Die Häufigkeit und Intensität der gesundheitlichen Schäden steigt linear mit der Konzentration von Feinstaub in der Atemluft.

Es ist daher von allgemeinem Interesse zuverlässige Prognosen über die Feinstaubkonzentration zu erhalten.

Maßnahmen zur Feinstaubreduktion beinhalten beispielsweise die Ausrüstung von leistungsfähigen Partikelfiltern bei z.B. Autos und Schornsteinen, der Betriebsverbot für z.B. Einzelraumfeuerungsanlagen (Komfort-Kamine), die Einrichtung von Umweltzonen und ggf. die Benutzung von Atemmasken.

Damit man weiß, wie lange der Feinstaubalarm ausgerufen werden soll und wie sinnvoll die verschiedenen Maßnahmen sind, muss man über das Verhalten des Staubes in der Luft Bescheid wissen. Basierend auf der Partikelgröße und verschiedenen physikalischen Effekten existieren einige mathematische Modelle.

- Kann man über eine Faustformel bestimmen, wie lange sich eine Staubkonzentration mit bestimmter Partikelgröße bei gegebener Wettersituation (windig, windstill, Niederschlag, Trockenheit) in der Luft halten kann?
- Lässt sich das Modell mit den Feinstaubdaten aus Projekten wie *Citizen Science Feinstaub Messungen*, *HackAir* oder vom *Umweltbundesamt* in Kombination mit den Wetterdaten bestätigen?

3.2.2 Vorüberlegungen

Für die Bearbeitung des Projekts standen reale Daten zur Verfügung, darunter nicht nur die Messwerte zur Feinstaubbelastung, sondern auch Wetter- und Temperaturdaten des entsprechenden Zeitraums. Diese Daten können mit statistischen Methoden ausgewertet werden, um einen Zusammenhang zwischen den Daten und den entsprechenden Umwelteinflüssen herzustellen. Hier können verschiedene Methoden der Statistik, wie die Berechnung von Korrelationskoeffizienten oder das Erstellen von Regressionsfunktionen zum Einsatz kommen.

In einem zweiten Schritt kann man die gewonnenen Erkenntnisse aus der Datenanalyse nutzen, um ein mathematisches Modell zu entwickeln, das verschiedene Wetter- und Umweltphänomene berücksichtigt und es zulässt, Vorhersagen über den weiteren Verlauf der Feinstaubwerte zu treffen.

Da ein Messgerät zur Verfügung steht, können die Feinstaubmessungen auch selbst erhoben werden. Mit zusätzlichen Messungen können die Wetterdaten erfasst werden, beispielsweise mit einem Raspberry Pi und passenden Sensoren. Eventuell lassen sich Wetterdaten auch online erfassen. Für eine solche Umsetzung ist jedoch ein besonderes Interesse und technisches Verständnis auf Seiten der Schüler wesentlich.

3.2.3 Ergebnisse der Projektgruppe

Die Gruppe untersuchte Daten zu Temperatur, Wind, Niederschlag und Feinstaubkonzentration des Jahres 2019. Sie bestimmten Korrelationen der jeweiligen Größen, um die Abhängigkeiten der Werte untereinander ermitteln zu können. Mit Signifikanztests wurde ermittelt, wie Aussagekräftig die Ergebnisse sind. Mit Streudiagrammen und Regressionskurven wurde der funktionale Zusammenhang zwischen den verschiedenen Umweltbedingungen zur Feinstaubkonzentration ermittelt.

Diese Funktionen konnten dann genutzt werden, um ein räumlich diskretes dynamisches System zu entwickeln, das die Feinstaubbelastung modellierte. Die Gruppe entwickelte dazu einen Algorithmus und programmierte eine Simulation mit grafischer Darstellung. Es illustriert die Entwicklung der Feinstaubkonzentration auf einer zweidimensionalen Landkarte mit Städten verschiedener Größe. Es wurde besonderen Wert auf die Interaktion Feinstaub/Wind gelegt.

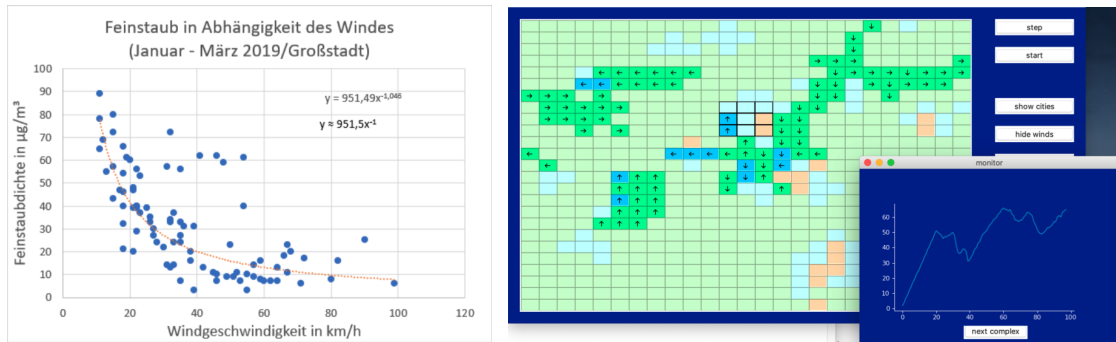


Abbildung 2: Links: Regressionskurve für den Zusammenhang zwischen Windgeschwindigkeit und Feinstaubkonzentration; Rechts: Simulation des Feinstaubmodells.

3.3 Einen Schrittzähler entwickeln

3.3.1 Problemstellung

Ein Schrittzähler kann anhand von bestimmten Bewegungsmustern erkennen, ob der Träger sich bewegt. Dazu sind selbstverständlich Sensoren notwendig, welche die Bewegung des Geräts im dreidimensionalen Raum analysieren können. Doch diese Daten alleine reichen noch nicht aus, um die Schritte zu zählen, schließlich müssen verschiedene Bewegungsarten, wie Laufen und Autofahren, unterschieden werden. Außerdem muss die Fortbewegung auch von kleineren Bewegungen unterschieden werden, wie dem Zittern des Beins oder anderen kleineren Bewegungen.

In dem Projekt soll mit Hilfe eines Arduino-Mikrokontrollers und eines Beschleunigungssensors ein Schrittzähler konstruiert werden. Der Fokus liegt dabei auf der Auswertung der Sensordaten sowie der Frage, welche Bewegungsmuster als Schritt verstanden werden sollen und welche nicht.

3.3.2 Vorüberlegungen

Die Gruppe erhielt das Arbeitsmaterial (mehrere Arduino Nano mit Breadboards und Drahtbrücken, sowie eine Kollektion an Sensoren und weiteren Bauteilen, wie z.B. LEDs) und eine kurze Einführung in das Arbeiten mit dem Arduino (ca. eine Stunde). Fertige Codes zum Auslesen des Beschleunigungssensors (und anderer Sensoren) waren verfügbar, wurden jedoch nicht benötigt, da die Schülerinnen und Schüler durch eigene Recherche im Internet fündig wurden.

Codebeispiele für Arduino (und Raspberry Pi) zum Arbeiten mit Sensordaten gibt es im Internet viele, doch die Interpretation der Daten ist nicht immer offensichtlich. Der verwendete Beschleunigungssensor GY-521 kann Beschleunigungsdaten (3 Richtungen), Winkeldaten (3 Richtungen) und die Temperatur messen. Hier sollte nicht vergessen werden, dass die Beschleunigungsmessung aufgrund der Erdbeschleunigung auch in der Ruhelage Werte misst, die nicht 0 sind.

Schließlich müssen die Daten noch skaliert werden, damit die gemessenen Zahlenwerte in physikalische Einheiten umgerechnet werden können. Hier hilft die Messung in Ruhelage, wobei der Wert $1g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ zur Kalibrierung verwendet werden kann.

Die mathematische Tiefe der Problemstellung ist scheinbar gering, da man viele Aufgaben

mit den Grundrechenarten und Vergleichsoperationen lösen kann. Allerdings kann man Geschwindigkeits- und Entfernungsmessung in das Modell einarbeiten und gelangt damit zum Konzept der numerischen Integration, was viel Spielraum für Verbesserung der Rechenmethoden und auch eine theoretische Vertiefung des Themas zulässt.

Zudem macht das Experimentieren einen großen Teil der Projektarbeit aus, da die Schülerinnen und Schüler damit einen guten Einblick in die Qualität der gemessenen Daten und die Stabilität des mathematischen Modells erhalten.

Anspruchsvoll ist auch der Umgang mit den Datentypen in der Programmiersprache C. Gerade für Schülerinnen und Schüler, die keine Programmierkenntnisse haben, oder die möglicherweise mit Python programmieren gelernt haben, ist der Unterschied zwischen ganzen Zahlen und Kommazahlen sowie der geringe Arbeitsspeicher des Arduino eine Herausforderung (der Wertebereich einer `int`-Variable liegt hier bei -2^{15} bis $2^{15} - 1$).

Das Projekt bietet auch Potential, die Aspekte *Technik* und *Design* zu thematisieren, indem die Schülerinnen und Schüler das Gerät so entwickeln, dass es bequem getragen werden kann und die Komponenten platzsparend und sicher verbaut sind.

3.3.3 Ergebnisse der Projektgruppe

Die Teilnehmer haben die zur Verfügung stehenden Sensoren gesichtet und erste Überlegungen angestellt, welche Art von Daten man zur Lösung des Problems verwenden kann. Die Grundidee war stets, dass der Schrittzähler am Unterschenkel getragen wird. Ein Lösungsvorschlag bestand in einem Paar aus Magnet und Magnetfeldsensor, die jeweils an einem Bein getragen werden. Die Idee wurde verworfen, da kein starker Magnet zur Verfügung stand.

Die Schülerinnen und Schüler konzentrierten sich danach auf den Beschleunigungssensor und verschafften sich durch Experimente eine Vorstellung davon, wie die Daten zu interpretieren waren. Sie nutzten anfangs noch die Winkelmessungen, um damit die Beinposition ermitteln zu können, später nutzten sie ausschließlich die Beschleunigungsdaten.

Ein Schritt wurde immer dann gezählt, wenn ein Wechsel zwischen sehr hohen und sehr niedrigen Beschleunigungswerten erfolgte. Zwischendurch musste an bestimmten Stellen die Messung für einen gewissen Zeitraum gestoppt werden, um ein mehrfaches Zählen des selben Schritts zu verhindern.

Die Beschleunigungsdaten wurden darüberhinaus auch genutzt, um die Durchschnittsgeschwindigkeit und die zurückgelegte Entfernung zu bestimmen. Diese Daten wurden schließlich auf einem LCD-Display angezeigt, das über den Arduino angesteuert wurde.

Zu guter Letzt erarbeiteten die Teilnehmer auch das Design einer Box, in welcher die Bauteile Platz finden. Die Box wurde mit der Software *SketchUp* modelliert, um daraus die nötigen Daten für einen 3D-Drucker zu exportieren.

3.4 Dienstplanung der Ärzte in Krankenhäusern

3.4.1 Problemstellung

Neben den regulären Teambesetzungen von Fachabteilungen (z.B. Chirurgie oder Innere Medizin) müssen jeden Tag in einem Krankenhaus auch weitere Dienste (z.B. Bereitschaftsdienst) besetzt werden. Für die Besetzung der Dienste gibt es jedoch zahlreichen Bedin-

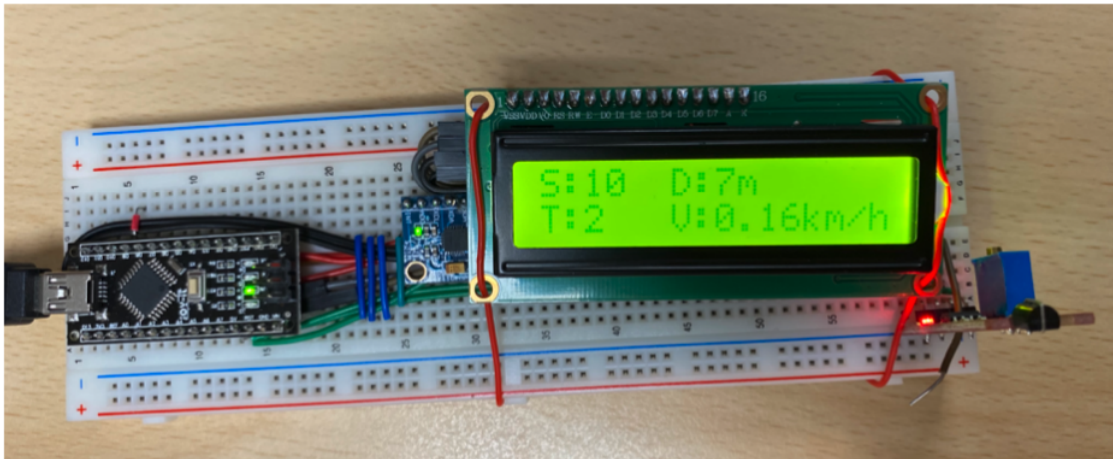


Abbildung 3: Schrittzähler mit LCD-Display.

gungen:

- Jeder Dienst muss besetzt werden,
- ein Arzt kann höchstens einen Dienst an einem Tag ausführen,
- Führt der Arzt einen Bereitschaftsdienst aus, so darf er am nächsten Tag weder im Team noch in einem anderen Dienst eingesetzt werden,
- Die Belegung der Dienste muss so gewählt werden, dass es in den einzelnen Teams an keinen Tag zu einer Unterbesetzung kommt,
- Abwesenheitstage der Ärzte müssen berücksichtigt werden,
-

Ziel ist es, über einen Planungsperiode hinweg einen Dienstplan zu erstellen, der alle Bedingungen erfüllt und vor allem auch möglichst fair die Dienste auf alle Ärzte verteilt.

Dabei können folgende Fragen unterstützen:

- Ist eine zulässige Belegung überhaupt möglich? Wenn nein, welche Bedingungen verhindern das und können vielleicht abgeschwächt werden?
- Was passiert, wenn ein Arzt kurzfristig ausfällt?
- Wie viel Ärzte werden benötigt, um die Dienste gleichmäßig verteilen zu können?
- ...

3.4.2 Vorüberlegungen

Für das Projekt standen anonymisierte Daten zur Verfügung, auf deren Grundlage ein Dienstplan für das Krankenhaus erstellt werden musste. Ziel dieses Projekts war es, unter Berücksichtigung zahlreicher Bedingungen wie Abwesenheiten, mögliche Unterbesetzungen an Tagen und Dienstwünsche einen gerechten Dienstplan für die Nachtschichten zu erstellen. Während einige Kriterien (z.B. dass alle Dienste tatsächlich besetzt sind) strikt eingehalten werden sollen, gibt es andere, die einen gewissen Interpretationsspielraum lassen (z.B. was es bedeutet, dass die Dienste fair verteilt werden). Daher müssen verschiedene Ziele gegeneinander abgewägt und in ein Verhältnis zueinander gesetzt werden. Wir haben es also mit einem Problem aus der multikriteriellen Optimierung zu tun.

Das Problem kann durch ausprobieren gelöst werden, was jedoch aus mathematischer Sicht eher wenig zufriedenstellend ist, da man sich zurecht die Frage stellen kann, wie gut eine auf diese Weise gefundene Lösung im Vergleich zu anderen Lösungen abschneidet. Auf diese Weise könnte man etwa die Einführung eines Gütekriteriums motivieren, beispielsweise einer Kostenfunktion.

3.4.3 Ergebnisse der Projektgruppe

Die Gruppe begann damit, einen Dienstplan händisch zu erstellen, was deren Verständnis für die kombinatorischen Zusammenhänge eines solchen Problems förderte. Hierbei wurden kritische Bedingungen erkannt. Unter Vereinfachung dieser Bedingungen wurde dann eine erste schematische Vorgehensweise formuliert.

Zum einen wurde daraufhin eine Bewertungsgrundlage für Dienstpläne erstellt, die mehrere Kriterien (unter anderem Zulässigkeit, Berücksichtigung der Wünsche, Gerechtigkeit) einzeln bewertet und über eine gewichtete Summe eine Basis liefert, fertige Pläne miteinander vergleichen zu können. Zum anderen wurden nach und nach der erste Algorithmus so erweitert, dass auch zuvor vereinfachte Bedingungen möglichst gut (im Sinne der Kostenfunktion) berücksichtigt werden konnten.

Am Ende der Woche konnte die Gruppe dann einen implementierten Algorithmus vorweisen, der anhand von Wünschen und Abwesenheiten der Ärzte einen zulässigen Dienstplan einer kompletten Planungsperiode berechnen kann.

3.5 Intelligente Produktion von Wundauflagen

3.5.1 Problemstellung

In diesem Projekt geht es um die intelligente Produktion von Wundauflagen, die z.B. bei Brandverletzungen zum Einsatz kommen. Dazu wird als Material ein Kieselgel (Silicagel) verwendet, das vom Körper ohne Rückstände abgebaut werden kann. Als Wundauflage innerhalb eines Pflasters verwendet muss damit das Pflaster nicht gewechselt werden, und die Wunde bleibt steril – was natürlich sehr förderlich für den Heilungsprozess ist.

Um aus Silicagel eine solche Wundauflage herzustellen, wird das Gel erhitzt und durch Düsen gepresst, so dass dünne Fäden entstehen. Diese werden auf einer Unterlage abgelegt und verkleben miteinander, wenn die Fäden nach dem Ablegen noch nicht zu sehr abgekühlt sind. Es treffen 50 mg Gel pro Sekunde auf die Unterlage auf – wenn sie nicht bewegt wird auf einer Kreisfläche von 1 cm^2 . Durch geschicktes Bewegen der Unterlage, die etwa die Größe eines DIN A4 Blattes hat, verbinden sich die einzelnen Fäden zu einem sogenannten Vliesstoff, der aus mehreren Lagen besteht. Die Bewegung wird dabei durch zwei Linearmotoren gesteuert, deren Geschwindigkeit jeweils durch 50 cm/s nach oben begrenzt ist. Ziel des Projekts ist es nun zu untersuchen, was denn ein „möglichst geschicktes Bewegen“ der Unterlage bedeutet: Wie muss die Unterlage bewegt werden, so dass

- zum einen überhaupt ein Vlies entsteht, d.h. Fäden sich verbinden,
- es eine Mindestzahl von Lagen gibt (die Dichte soll 5 mg/cm^2 betragen)),
- das produzierte Vlies homogen ist, d.h. insbesondere keine Löcher oder Verdickungen aufweist.

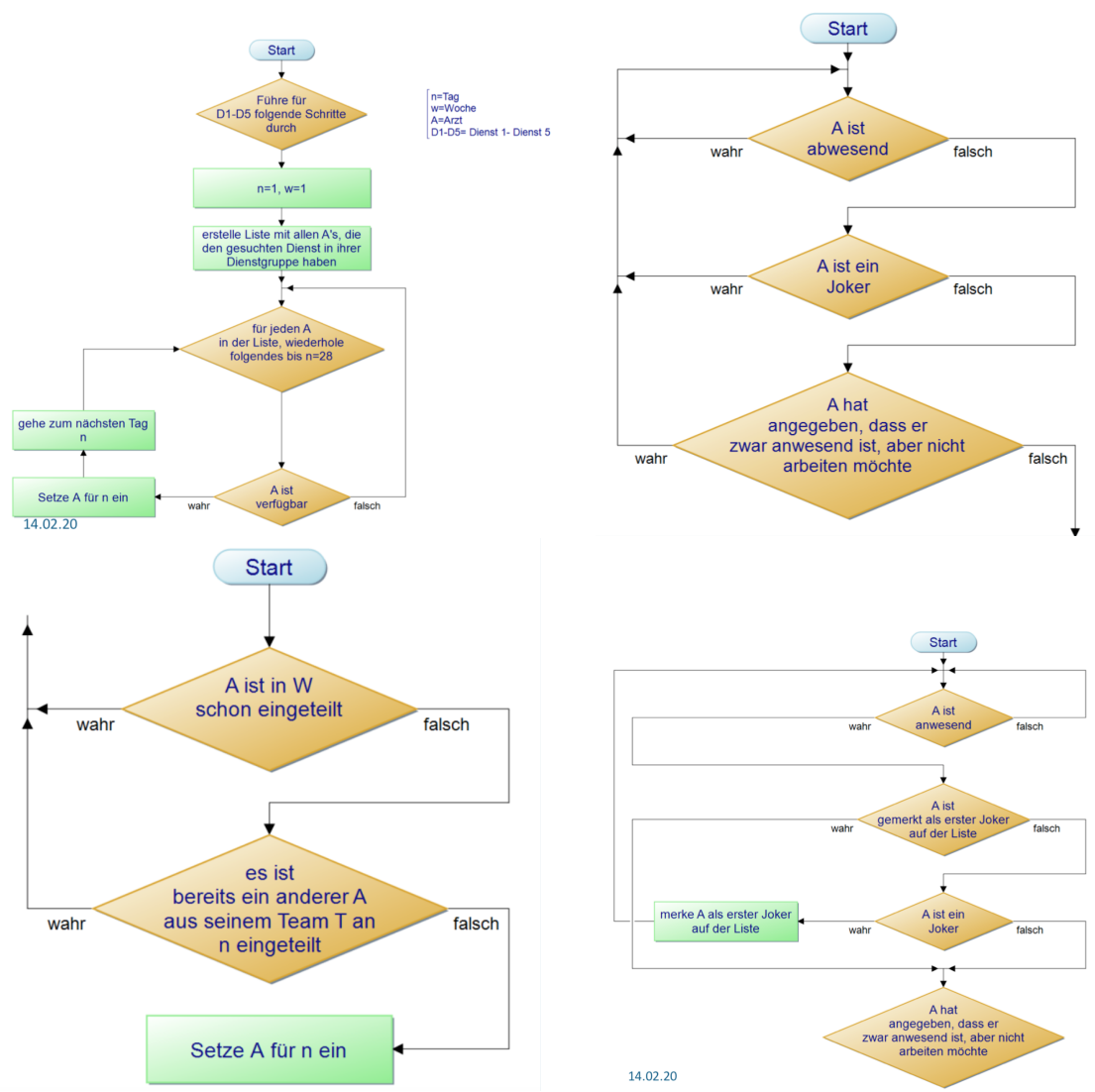


Abbildung 4: Visualisierung des Pseudocodes zur Erstellung des Dienstplanes in Form von Programmablaufplänen.

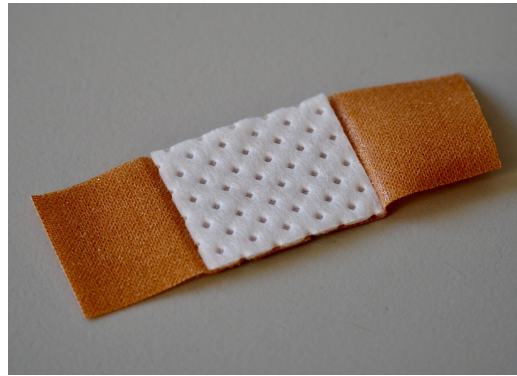
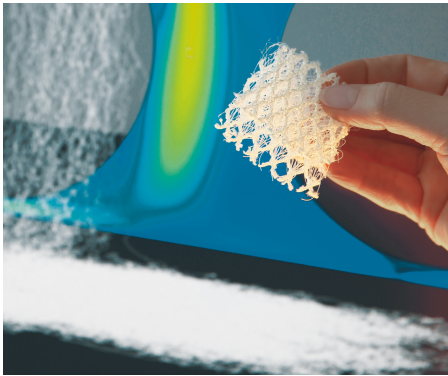


Abbildung 5: (links) Beispiel für ein sog. *nonwoven* Materials, (rechts) Heftpflaster mit klassischer Wundauflage, Fotos: *Fraunhofer ITWM* (links), *Martin Bracke* (rechts)

3.5.2 Vorüberlegungen

Die Aufgabe dieser Gruppe war die Erstellung eines Algorithmus zur Produktion eines Vlieses aus Silicagel, das als Wundauflage mit besonderen Eigenschaften diesen soll: Im Idealfall erhält man als Ergebnis eine Wundauflage, die neben den klassischen Eigenschaften einer Wundauflage (Atmungsaktivität, Robustheit, Saugfähigkeit und Undurchlässigkeit für Wundflüssigkeiten) vom menschlichen Körper rückstandsfrei abgebaut werden kann. Aus der Problemstellung ergeben sich zwei wichtige Hauptfragen, die vor Beginn der eigentlichen Arbeit geklärt werden müssen:

- Wie kann man sich das Produktionsverfahren vorstellen und mit den gegebenen Daten in Verbindung bringen?
- Welche Parameter können zur Lösung des Problems überhaupt beeinflusst werden?
- Wie können die Anforderungen interpretiert werden, insbesondere:
 - Wann verbinden sich Fäden zu einem Vlies?
 - Wie kann die Homogenität des Vlieses gemessen werden, was ist ein *Loch* und was ist eine *Verdickung*?

Neben den in der Problemstellung angegebenen Daten gab es dazu einige technische Informationen: Dünne Fäden von flüssigem Silicagel werden aus einem Kopf mit ca. 15 Düsen auf einer Unterlage abgelegt, wobei sie in einer Kreisfläche von 1 cm^2 auftreffen und mit einer Dichte von 50 mg/s ausgebracht werden. Die Unterlage im Format eines DIN A4 Blattes kann dabei von zwei Linearmotoren mit einer max. Geschwindigkeit von 50 cm/s bewegt werden, wobei eine möglichst hohe, annähernd konstante Geschwindigkeit wünschenswert ist. Auf dieser Grundlage kann man sich die zu steuernde Maschine wie einen 3d-Drucker vorstellen, den viele sicher schon einmal live oder zumindest in einem Video gesehen haben. Wie genau die Steuerung des Düsenkopfes technisch umgesetzt ist, spielt dabei keine entscheidende Rolle. Wichtig ist, dass der Kopf und die Unterlage sich relativ zueinander bewegen, dass diese Bewegung durch die Superposition von zwei unabhängigen Bewegungen entlang der zwei Achsen eines rechtwinkligen Koordinatensystems geschieht und dass sowohl die Geschwindigkeit dieser Bewegung sowie die Beschleunigung (komponentenweise) beschränkt sind. Da in unserem Fall der Düsenkopf feststehend ist, brauchen keine Einflüsse von Bewegung auf die Fäden, die vom Kopf auf die Unterlage abgelassen werden, berücksichtigt zu werden. Außerdem ist es zumindest für den Beginn sinnvoll, die Beschleunigung des Kopfes außer acht zu lassen, was die Projektgrup-

pe auch getan hat. In der Praxis wird zwar bei starken Änderungen der Bewegungsrichtung keine konstante Geschwindigkeit möglich sein, doch die Zeiträume mit nichtkonstanten Geschwindigkeiten werden in der Regel so kurz sein, dass sie ohne großen Effekt vernachlässigt werden können. Bei Bedarf kann später in einem zusätzlichen Durchlauf des Modellierungskreislaufes untersucht werden, ob das Einbeziehen derartiger Effekte einen signifikanten Einfluss auf die Qualität der Simulation hat.

Ein weiterer Parameter, der noch in gewisser Weise variabel ist, ist die Anzahl und Anordnung der Düsen im Kopf: Hier darf für eigene Experimente gerne mit verschiedenen Anzahlen und Anordnungen experimentiert werden. Die Verteilung auf die Fläche von 1 cm^2 sollte dabei nur regelmäßig sein – wenn man keinen Grund für eine Abweichung davon begründen kann. Ob dann letztlich 9, 15 oder 25 Einzeldüsen vorhanden sind, wird bei gleicher Steuerung keinen systematischen Unterschied im Ergebnis ausmachen, wovon man sich in eigenen Simulationen gerne überzeugen kann, sofern die Zeit und Programmierfähigkeiten es zulassen.

Mit Hilfe der in der Problemstellung gegebenen Daten kann die Menge flüssigen Silicagels ermittelt werden, die pro Sekunde und Einfaden den Kopf verlässt. Da dieser Fluss kontinuierlich und konstant ist, wird durch die Bewegung der Unterlage festgelegt, wo zu jeder Zeit Material auf die bewegte Unterlage auftrifft. Wenn dieses technische Verständnis der Maschine erreicht ist, wird auch klar, wo die Stellschraube zum Erreichen eines möglichst guten Produktionsprozesses liegt: Es kann die Bewegung der Unterlage gesteuert werden, deren Begrenzungen aufgrund der Art der Steuerung analog zu einem 3d-Drucker immer parallel zu den Achsen eines festen Koordinatensystems liegen. Für die mathematische Beschreibung bietet es sich an, das Koordinatensystem an der Begrenzung der Unterlage zu fixieren, so dass sich im Modell der Kopf bewegt. Dann wird die relative Beziehung zwischen Düsenkopf und Unterlage durch die Angabe der auf die Unterlage projizierten Kopfposition eindeutig festgelegt, deren zeitlichen Verlauf man über eine Funktion

$$f : t \mapsto f(t) = (x(t), y(t)) \in [x_{min}, x_{max}] \times [y_{min}, y_{max}], \quad t \geq 0$$

beschreiben kann. Dabei sind natürlich die Maße der Unterlage (Format DIN A4) zu berücksichtigen und man muss überlegen, wie nahe an die Ränder man die Mitte des Kopfes bewegen können möchte. Nutzt man die komplette Fläche der Unterlage, so wird an den Rändern Material über die Unterlage hinaus aufgebracht werden, bleibt man mit der ganzen Fläche des Düsenkopfes stets innerhalb der Begrenzungen der Unterlage, so erhält man sehr wahrscheinlich Ungleichmäßigkeiten an den Rändern. In der Praxis ist die letzte Möglichkeit zu empfehlen, wobei man das Wegschneiden nicht nutzbarer Randbereiche am Ende berücksichtigt und auch quantifiziert (im anderen Fall wäre die Menge des außerhalb der Unterlage aufgetragenen Materials ein wichtiges Maß).

Nun ist noch zu klären, wie die Anforderungen an die Qualität des produzierten Vliesstoffes zu interpretieren sind. Zum einen ist die Materialdichte, die erreicht werden soll, als Zielgröße mit 5 mg/cm^2 vorgegeben. Am Ende einer Simulation der Bewegung, die durch die Funktion f eindeutig gegeben ist, kann diese Materialdichte für verschiedene Ausschnitte des Vlieses überprüft werden. Dabei ist zu beachten, dass sinnvolle Mittelwerte berechnet und an unterschiedlichen Positionen ausgewertet werden. Eine weitere Anforderung ist die, dass Fäden mit einem maximalen zeitlichen Abstand aufeinander abgelegt werden dürfen, damit das Silicagel noch flüssig genug ist, um eine dauerhafte Verbindung zu erreichen. Dieser zeitliche Abstand sollte 10s nicht überschreiten, und man kann bei bekannter Funktion f die Kontaktstellen zwischen jeweils 2 Fäden bestimmen und auch die zeitliche

Differenz der Ablage auswerten. Am schwierigsten zu fassen sein dürfte die Anforderung nach einem möglichst homogenen Vlies. Anschaulich kann man sich das so vorstellen, dass die Dichte des Materials über die gesamte Fläche möglichst konstant bleibt. Bei der Berechnung der Dichte über eine feste Fläche, z.B. 1 cm^2 , wird dabei natürlich nicht berücksichtigt, wie große die Löcher zwischen den Fäden sind und wie deren Verteilung ist. Wie man sich vorstellen kann, bestimmen aber gerade diese beiden Parameter die Eigenschaften des Materials, denn sowohl zu große als auch zu kleine Löcher beeinflussen die Funktion: Das Material soll Luft durchlässig sein, gleichzeitig aber Flüssigkeiten aus der Wunde zurückhalten und auch keine Stoffe von außerhalb an die Wunde heranlassen. Hier sind sinnvolle Werte für das Modell anzunehmen, die z.B. aus der Analyse eines Pflasters oder Verbandsmaterials unter dem Mikroskop gewonnen werden können. Man kann auch im Modell an dieser Stelle mit variablen Parametern arbeiten und später vom Anwender vor der Simulation entsprechende Anforderungen eingeben lassen.

3.5.3 Ergebnisse der Projektgruppe

Nach dem die Gruppe wie im vorherigen Abschnitt beschrieben einige Überlegungen zur Funktionsweise der Maschine angestellt und dadurch die Voraussetzung zum Erstellen eines mathematischen Modells geschaffen hatte, wurden erste Experimente durchgeführt. Die geschah zunächst durch das Ausprobieren einfacher Bewegungsmuster mit Hilfe von Skizzen auf einem Flipchart. Der Einfachheit halber wurde dazu der Düsenkopf als Quadratisch mit regelmäßiger Anordnung der Düsen angenommen (s. Abbildung 6). Bei einer geradlinigen Bewegung erhält man leicht die auf die Unterlage Materialstärke und muss sich lediglich bei Richtungsänderungen im Detail überlegen, wie sich in den betroffenen Bereichen die Materialstärke und -anordnung ändert. Die Geschwindigkeit des Kopfes wurde dabei, wie schon angedeutet, als durchgehend konstant angenommen. Es wurde eine Reihe

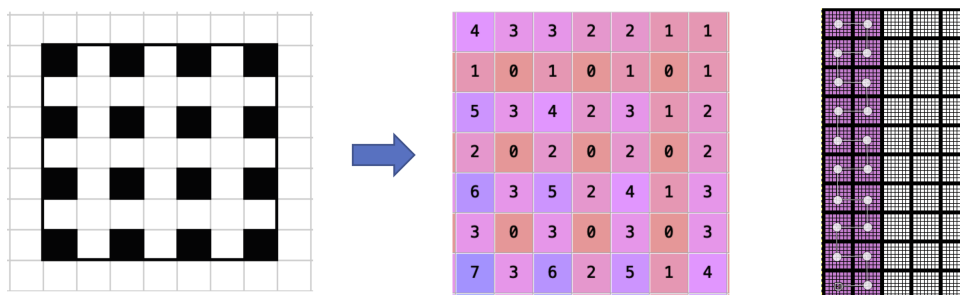


Abbildung 6: (links) Modell des rechteckigen Druckkopfes und ermittelter Materialeintrag eines Ausschnitts des Vlieses, (rechts) Beispiel für eine einfache Bewegung des Kopfes relativ zur Unterlage

unterschiedlicher Bewegungsmuster für die Unterlage auf Papier entwickelt und diskutiert. Dies reichte von Bewegungen, die mehr oder weniger komplex aus achsenparallelen Einzelschritten zusammengesetzt wurden, bis hin zur Idee, die Unterlage entlang von Sinuskurven zu bewegen. Dabei galt zu beachten, dass die geforderten Kriterien Homogenität, geringer zeitlicher Abstand zwischen einzelnen Lagen und gewünschte Dichte des fertigen Vlieses eingehalten werden. Zusätzlich wurde eine möglichst hohe Zahl von (gleichmäßig verteilten) Kreuzungsstellen der unterschiedlichen Lagen als Ziel definiert. Verschiedene so gewonnene Muster, für die oft auch mehrere Parameter wählbar sind, wurden auf die

selbst definierten Kriterien hin verglichen. Als nächster Schritt kam eine Computersimu-

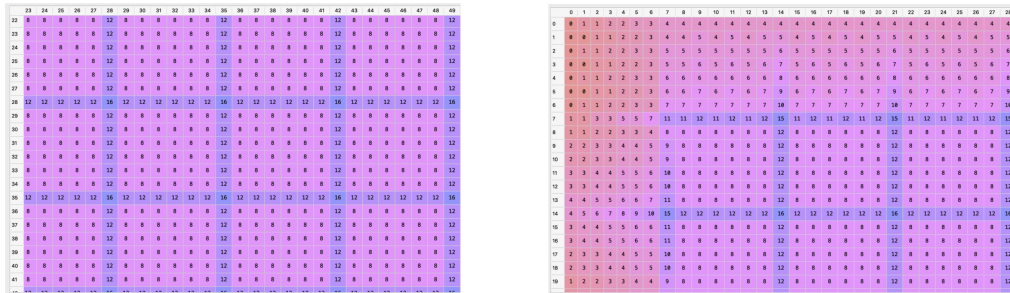


Abbildung 7: (links) Simulierter Materialeintrag im Randbereich des Vlieses, (rechts) Simulierter Materialeintrag im Zentrum des Vlieses

lation des mit verschiedenen Bewegungsmustern erstellten Vlieses hinzu, wobei mit dem Modell eines feinen Gitters und kleinen diskreten Bewegungsschritten gearbeitet wurde. Dabei wurde auch klar, dass abhängig von Bewegungsmuster und Anordnung der Düsen im Kopf sehr komplexe Verteilungen des Materials entstehen – eine Herausforderung für die Vorstellungskraft bei der Optimierung der beteiligten Parameter! Dabei funktionierte die Kommunikation innerhalb der Gruppe, die sich arbeitsteilig mit der Optimierung von Bewegungsmustern und der Simulation des fertigen Vlieses befasste, sehr gut. Am Ende gelang es auf diese Weise, einen Algorithmus anzugeben, der im Rahmen der technischen Bedingungen ein sehr gleichmäßiges Material mit den gewünschten Anforderungen erzeugt. Die Ergebnisse wurden im Vergleich zu anderen Varianten präsentiert (vgl. Abbildung 7), wobei auch unterschiedliche Düsenanordnungen getestet wurden. Bei den Ergebnisdarstellungen ist zu beachten, dass die Zahlen nicht direkt physikalischen Größen entsprechen sondern lediglich angeben, wie viele Fäden in dem entsprechenden Ausschnitt der Gesamtfläche abgelegt wurden. Außerdem ist klar, dass die Fäden in der Praxis die Mikrozellen nicht komplett ausfüllen, die eine Kantenlänge von mehr als 1 mm haben. Die genaue Größe der Löcher kann allerdings einfach ermittelt werden und aus den gezeigten Abbildungen ist der Grad der Homogenität des Materials sehr gut zu überprüfen. Im Ausblick wurden mögliche Modellerweiterungen und -verfeinerungen für weitere Untersuchungen der Fragestellung skizziert, die aus Zeitgründen nicht mehr innerhalb der Modellierungswoche umgesetzt werden konnten.

3.6 Notfallversorgung in Kaiserslautern

3.6.1 Problemstellung

Wenn ein Notfall passiert, muss schnelle Hilfe gewährleistet sein. Das gilt zum Beispiel für die Feuerwehr oder die Polizei, aber auch für die medizinische Erstversorgung. Dazu ist es notwendig, dass die Kliniken, Ambulanzen, und Rettungswachen so positioniert sind, dass sie die potentiellen Gefahrensituationen gut und schnell erreichen können.

Um diese Anforderungen zu erfüllen, muss zunächst geklärt werden, was „gut“ und „schnell“ bedeutet. Die letztendliche Aufgabe lautete, eine allgemeine Strategie zu erarbeiten, mit der die Standorte von Notfallversorgungseinrichtungen in einer Stadt bestimmt werden können. Diese allgemeine Strategie sollte anschließend auf die beispielhafte Stadt Kaiserslautern angewandt werden. Hierdurch sollte die Strategie überprüft werden.

3.6.2 Vorüberlegungen

Die Gruppe hatte mehrere Arbeitslaptops zur Verfügung und hatte außerdem Zugriff zum Internet und auf einen Drucker. Vorbereitete Materialien gab es keine.

Das Problem entstammt aus dem Gebiet der Standortplanung. Hier unterscheidet man zwischen planarer Standortplanung und der Standortplanung auf Netzwerken. Dementsprechend sollte sich die Gruppe zunächst entscheiden, ob sie die Stadt als ebene Fläche oder als einen Graphen mit Knoten und Kanten betrachten will. Außerdem muss eine geeignete Gütefunktion – also die Zielfunktion – gefunden werden. Diese sollte ausdrücken, ob ein Standort gut geeignet ist, um dort eine Notfallversorgungseinrichtung zu platzieren. In diesem Zusammenhang muss, wie oben angesprochen, auch definiert werden, was gut in dem Kontext des Problems bedeutet. Die Gruppe muss sich außerdem damit auseinandersetzen, was mögliche Einsatzorte sind und ob diese nach der Häufigkeit oder potentiellen Schwere des Einsatzes gewichtet werden sollten. Die erste Hürde stellt also da, das mathematische Modell für die Aufgabe – und dementsprechend für die Problemlösung – zu erstellen.

Im zweiten Schritt muss die Gruppe erarbeiten, wie die vorgegebene Problemstellung in dem erarbeiteten mathematischen Modell gelöst werden kann. Hierfür sind im Falle der Betrachtung eines Netzwerks sicherlich für einige Teilnehmenden die Erarbeitung neuer mathematischer Inhalte und Verfahren notwendig.

Der Prozess der Erstellung des mathematischen Modells zusammen mit der entwickelten Lösungsmethode muss letztendlich noch als Algorithmus formuliert werden, der dann auf eine Beispielstadt angewandt werden soll. Dies soll zum einen überprüfen, ob der Algorithmus ausreichend ausformuliert ist und natürlich auch eine Rückmeldung geben, ob die Ansätze sinnvolle Lösungen liefern.

Bei dieser Aufgabenstellung gibt es viele verschiedene Aspekte, die die Gruppe bearbeiten kann. Zu den genannten kommt zum Beispiel auch die Frage, ob verschiedene Notfallversorgungseinrichtungen voneinander abhängen. So könnte es zum Beispiel sein, dass die Rettungswagen von einer Station aus losfahren, dann aber zum Krankenhaus müssen. Diese und weitere Details können nach und nach eingearbeitet werden.

3.6.3 Ergebnisse der Projektgruppe

Die Gruppe hatte zwei Mitglieder*innen, die schon gute bis sehr gute Programmierkenntnisse hatten. Diese beschäftigten sich mit der Beschaffung der Daten von Kaiserslautern. Dafür wurde eine Open-Street-Map-Karte heruntergeladen, die anschließend aufwendig aufbereitet werden musste. Dazu gehörte zum Beispiel, das Straßennetzwerk der Stadt zu vereinfachen, also alle nicht notwendigen Knoten auf Straßen zu löschen und die bestehenden Knoten mit entsprechender Längendistanz neu zu verbinden. Außerdem mussten alle Knoten, die etwa Bäume oder Pfosten repräsentieren, gelöscht werden. Zusätzlich dazu mussten Gebäude, deren Umriss als Menge aus Knoten und Kanten verzeichnet ist, auf einen Punkt reduziert werden und diese an das Netzwerk angebunden werden, sodass ein zusammenhängendes Netzwerk entstanden ist. Ein Beispiel ist in Abbildung 8 zu sehen, wo Möglichkeiten zu sehen sind, wie das Stadion auf einen gegebenen Punkt im Netzwerk reduziert werden kann.

Der Rest der Gruppe erarbeitete ein Modell, welches die Wichtigkeit der Einsatzorte anhand einer Gewichtsfunktion bestimmte. Dafür haben sie sich ein bestehendes Modell zur Kategorisierung von Unfällen angeschaut. Auf Grundlage der Einsatzstatistiken zu Not-

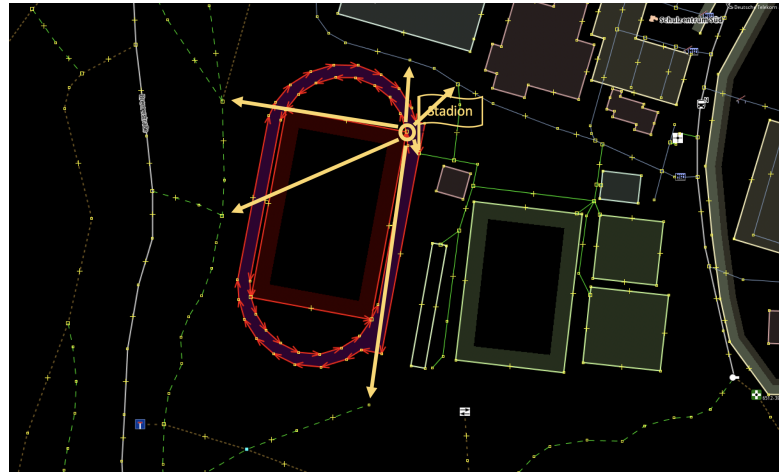


Abbildung 8: Verschiedene Möglichkeiten, das Stadion auf einen Punkt zu reduzieren

fällen in Kaiserslautern haben sie dann die Einsätze auf die verschiedenen Orte in diese Kategorien aufgeteilt. Anschließend haben sie die relativen Häufigkeiten und die jeweilige Schwere der Unfälle für alle Einsatzorte in Kaiserslautern genutzt, um eine Gewichtung der Orte vorzunehmen.

Schlussendlich konnten die Arbeiten beider Gruppen zusammengefügt werden. Als mathematisches Modell haben sie die Betrachtung der Center-Zielfunktion für die Bestimmung eines neuen Standortes auf einem Netzwerk gewählt. Die Lösung dieses Problems wurde auch implementiert, sodass der gesamte Algorithmus allgemeingültig als Python-Programm vorliegt.

3.7 Ausbreitung des Dengue-Fiebers in Sri Lanka

3.7.1 Problemstellung

Die Aufgabenstellung der Teilnehmer bestand zunächst darin, einen vorgegebenen Datensatz aus Infiziertenzahlen eines bestimmten Zeitintervalls (2010-2016) graphisch aufzuarbeiten, d.h. durch geeignete Mittel (Tabelle, Diagramm) den Verlauf der Infektionskrankheit Dengue darzustellen und zu diskutieren. Anschließend sollte auf Basis der monatlich zur Verfügung stehenden Gesamtinfiziertenzahlen ein Modell entwickelt werden, welches den Verlauf der Infiziertenzahlen annähern und darüber hinaus für die Zukunft prognostizieren kann.

Dieses Modell sollte dann noch zunächst getrennt für die neun Provinzen und schließlich für die 25 Distrikte Sri Lankas wiederholt werden. Abschließend sollte ein weiteres, neues Modell entwickelt werden, welches auch den Verlauf der Infiziertendaten zwischen den Provinzen bzw. Distrikten, beispielsweise durch Pendler und Migration, darstellen kann.

3.7.2 Vorüberlegungen

Als Arbeitsmaterial waren lediglich die Datensätze der Infiziertenzahlen für Sri Lanka sowie die Provinzen und Distrikte des Landes in einer Excel-Tabelle, eine Mobilitätsmatrix, die die Migration zwischen den Distrikten darstellt und drei Arbeitslaptops vorgesehen. Auf eine

optische Aufarbeitung der Tabellen wurde bewusst verzichtet, sodass die Teilnehmer rein aus den vorliegenden Datensätzen eigenständig Methoden zur Datenverarbeitung beziehungsweise -aufarbeitung entwickeln konnten. Eine automatische Verarbeitung der Daten war nicht notwendig, aber mithilfe der vorliegenden Programme möglich, sodass lediglich der Einsatz von Tabellenkalkulationsprogrammen nötig war.

Zum Verständnis der Modellentwicklung wurde den Teilnehmern eine kurze Einführung in SI- bzw. SIS-Modelle präsentiert. Die Teilnehmer waren in der Wahl des Modells nicht festgelegt und konnten auch eigene Vorschläge in das Modell einarbeiten. Teamarbeit war vor allem bei der Aufteilung der Daten in Provinzen und Distrikte gefragt, aber auch bei der Diskussion um die Wahl der Modelle sowie dessen kritische Analyse.

Der zeitliche Verlauf der Infiziertendaten zeigt schnell jährlich wiederkehrende Ereignisse wie einen sprunghaften Anstieg der Infiziertenzahlen in gewissen Monaten. Eine gewisse Regelmäßigkeit musste also auch in das Modell eingearbeitet werden. Außerdem sollten die Teilnehmer den Anstieg der Infiziertenzahlen erkennen, das heißt die Spitzen der Ausbrüche steigen im Laufe der Zeit an. Dies sollten die gewählten Modelle ebenfalls abbilden, was aber mit der Wahl der Parameter zusammenhängt.

Die mathematischen Vorkenntnisse hielten sich im Rahmen, da keine höhere Mathematik in den Modellen benötigt wurde. Lediglich einige Formeln, die meist mithilfe der Grundrechenarten gelöst werden konnten, waren vorgesehen. Der Anspruch lag also eher im Erstellen der Modelle sowie in der praktischen Umsetzung. Die Verarbeitung der Mobilitätsmatrix sowie deren Verständnis waren jedoch anspruchsvoller, zumal in der Schule Matrizen noch nicht eingeführt waren bzw. nicht eingeführt werden.

3.7.3 Ergebnisse der Projektgruppe

Nach einer soliden graphischen Darstellung der Datensätze entstand eine lebhafte Diskussion der Teilnehmer über die Wahl der Modelle und deren Zusammensetzung. Relevante und weniger relevante Eigenschaften wurden zusammengestellt und eingefügt beziehungsweise verworfen. Einer der nötigen Parameter des Modells wurde sinnvoll festgesetzt, während der andere durch die Daten errechnet wurde. Auf Basis dessen konnte man die prognostizierten Daten bereits für den angegebenen Zeitraum und auch darüber hinaus berechnen.

Um die Prognosen mit den Realdaten zu vergleichen, mussten die Teilnehmer die Eigenschaften einer 'guten' oder 'zuverlässigen' Prognose zusammenstellen und überlegen, welche wichtig bzw. weniger wichtig sind. Vor- und Nachteile des Modells sowie anderer Modelle wurden ebenfalls gesammelt. Somit fand eine kritische Bewertung der eigenen Arbeit statt. Die Prognosen für die Gesamtzahl der Infizierten, die Provinzen und die meisten Distrikte wurden als meist zutreffend bewertet. Wenige kaum aussagekräftige Prognosen für Distrikte (z.B. mit negativen Infiziertenzahlen) wurden ebenfalls ermittelt und die Gründe für ein 'Scheitern' der Prognose diskutiert.

Zur effizienten Verarbeitung der z.T. großen Datenmengen wurde von einem der Teilnehmer ein sehr gut funktionierendes Java-Programm geschrieben. Ein weiteres Gruppenmitglied entwickelte eigenständig Modell für die Migration, welches jedoch aus zeitlichen Gründen nicht mehr auf die Daten angewendet werden konnte.