


ACHEMA 2022 – Digital Twins

Lena Geuer*

DOI: 10.1002/cite.202200219

 This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Prozessentwicklung und Qualitätssicherung durch Vernetzungsstrukturen zwischen digitaler und realer Welt bilden sich häufig in sog. Digital Twins (digitaler Zwilling) ab. Der Kurzbericht stellt aktuelle Trends und Entwicklungen, deren Besonderheiten aber auch Herausforderungen zu Digital Twins vor. Die Zusammenfassung beinhaltet eine Auswahl unterschiedlicher Neu- und Weiterentwicklungen, Einsatzmöglichkeiten und Forschungsvorhaben, die auf der ACHEMA 2022 ausgestellt waren.

Schlagerwörter: Digitaler Zwilling, Industrie 4.0, 3D-Modelle, Virtual Reality

Eingegangen: 09. Dezember 2022; *akzeptiert:* 18. Januar 2023

ACHEMA 2022 – Digital Twins

Process development and quality assurance through interconnected structures between the digital and real worlds are often reflected in digital twins. This article summarizes current trends and developments, their special features, but also the challenges of digital twins. The report includes a selection of different new and further developments, possible applications and research projects that were exhibited at ACHEMA 2022.

Keywords: Digital twin, 3D Models, Industry 4.0, Virtual reality

1 Einleitung

Digital Twins stehen in Entwicklungsprozessen der Industrie 4.0 und dem Internet of Things (IoT) im Fokus der Bioprozesstechnik beispielsweise hinsichtlich Data Engineering, Prozessoptimierung, Inbetriebnahme und Anlagenplanungen. Das Konzept des Digital Twins beinhaltet die Replikation eines physischen Systems in die digitale Welt [1–3]. Digital Twins sind mehr als nur reine Daten, denn sie enthalten Algorithmen, die ihre realen Gegenstände beschreiben und auf Basis der Verarbeitung dieser Daten über Aktionen im Produktionssystem entscheiden können [4]. Die Existenz des physischen Systems ist für die Entwicklung eines Digital Twins nicht unbedingt notwendig, wenn sich beispielsweise die Produktionsanlage erst in der Planungsphase befindet. Das unbegrenzte Potenzial der Daten und deren Verarbeitung spiegelt sich in der Integration aller erforderlicher Komponenten, um verschiedene Informationen und Abläufe in einem umfassenden Digital Twin realitätsnah zu repräsentieren. Demnach ist die Wertschöpfungskette vollständig vom Design bis zur Realisierung abbildbar und ständige Interventionen zur Optimierung durch den kontinuierlichen Datenfluss möglich. Mit dem Digital Twin können wertvolle Erkenntnisse gewonnen werden, um schnelle, sichere Entscheidungen hin zu effizienten Herstellungsprozessen zu treffen. Durch die ständi-

ge Datenübertragung vom physischen System zum digitalen Gegenstück und umgekehrt wird ein offener Optimierungskreislauf ermöglicht. Die Verwendung eines Digital Twins ohne die physische Einheit schafft eine virtuelle Umgebung zum Testen, Evaluieren und Schulen von Prozessen, wodurch notwendige physische Investitionen eingespart werden können.

Nicht nur in der Prozesstechnik gelten Digital Twins als „Gamechanger“, auch neben der Industrie 4.0 gibt es eine Vielzahl von Anwendungen, die im engen Zusammenhang zu den Schlagwörtern und Technologien, wie das IoT, künstliche Intelligenz (KI), maschinelles Lernen und Datenanalyse stehen. Die Einbindung von Digital Twins in Virtual- oder Augmented-Reality-Anwendung öffnet die Möglichkeit beispielsweise Inbetriebnahmen oder Anlagenplanungen mit Fernbesichtigungen und Kundenbetreuung anzubieten. Digital Twins können darüber hinaus, zum Beispiel im Finanzmanagement, beim E-Learning und beim Remote-Learning, im Alltag beim Einkaufen oder bei sozialen Interaktionen im Internet Anwendung finden [3]. Die

*Lena Geuer  <https://orcid.org/0000-0002-8396-5881>
(geuer@mv.uni-kl.de)

¹TU Kaiserslautern, Bioverfahrenstechnik, Gottlieb-Daimler-Straße 49, 67663 Kaiserslautern, Deutschland.

zunehmende Integration von Digital Twins in den industriellen Sektor und der Alltagswelt erfordert die Formulierung von entsprechenden Bildungszielen, um entsprechend einer qualitativ hochwertigen und zukunftsweisenden Bildung (SDG 4 [5]) gerecht zu werden. Daher müssen die zukünftigen Generationen bereits im Bildungssektor mit Technologien aus dem industriellen Sektor konfrontiert und entsprechend ausgebildet werden.

Aufgrund der vielfältigen Anwendungen und Konzepten zu einem Digital Twin gibt es ein unterschiedliches und unvollständiges Verständnis seiner Definition, wobei der Hauptunterschied im Grad der Datenintegration zwischen dem physischen System und dem Digital Twin liegt [4, 6]. Diese kann von der manuellen Modellierung bis hin zur vollständigen Integration in den Echtzeit-Datenaustausch reichen.

Präsentierte Neuentwicklungen auf der ACHEMA 2022 zeigen Entwicklungsschritte zu der Konstruktion eines Digital Twin von Prozessanlagen als die treibende Kraft hinter der digitalen Transformation. Im Zusammenspiel zwischen Industrie und Forschung werden schrittweise Daten realer Systeme aufgearbeitet und in digitale Modelle implementiert, strukturiert, analysiert und entsprechend in einem Digital Twin visualisiert. Darum fokussieren sich viele Entwicklungen in einem ersten Schritt darauf, riesige Mengen an erzeugten Daten im Industrial Internet of Things (IIoT) zu sammeln, zu verstehen und effizient in Digital Twins einzusetzen. Um die Vielfalt an Digital Twins zu präsentieren, werden nur ausgewählte Neuentwicklungen im vorliegenden Bericht zur ACHEMA 2022 thematisiert.

2 Neuentwicklungen

2.1 Aufbau eines Digital Twins – Bestandsanlagen digitalisieren

Die Digitalisierung von Bestandsanlagen werden durch den schlecht dokumentierten Bauzustand, Abweichungen von Planungszustand und der fehlenden technischen Lösung zur automatisierten Verknüpfung des R&I-Fließbildes mit den räumlichen Informationen des aktuellen Bauzustandes der Anlage erschwert [7]. Gründe für die Abbildung einer Anlage in einem Digital Twin werden gekennzeichnet vor allem durch die Reduktion der Komplexität verfahrenstechnischer Anlagen, durch digitale Visualisierung und die Erleichterung von Betriebs-, Wartungs- und Prozessoptimierungsarbeiten [7].

Für die nachträgliche Entwicklung eines Digital Twins von Bestandsanlagen zeigt PROSTEP in Kooperation mit Experten von Schuller & Company ein innovatives, zeitliches und wirtschaftlich vertretbares Lösungskonzept 3DigitalTwin [7]. Die Neuentwicklung bezieht sich auf ein mehrstufiges automatisches Verfahren, um die Punktewolke der Oberfläche aus einem 3D-Scan der Bestandsanlage in ein intelligentes, mit Anlagenlogik verknüpftes 3D-Punk-

tenmodell umzuwandeln. Mit Hilfe einer KI und den Informationen aus dem R&I-Fließbild lassen sich Komponenten der Anlage definieren und bieten die Grundlage für die Erstellung von entsprechenden CAD-Modellen. Diese können in CAD-Engineering-Softwarelösungen zum Anlagenbau eingesetzt werden, welche auch ihre vielfältigen Potenziale und Neuentwicklungen auf der ACHEMA 2022 zeigten.

2.2 Effizienz im Aufbau des Digital Twins – Kooperierende Plattformlösungen im Anlagenbau

Anbieter und Entwickler von Engineering-Softwarelösungen setzen in der Umsetzung eines Digital Twins während bzw. bereits vor der Anlagenplanung auf neue kooperative Plattform-Lösungen, die durch Datenzentrierung ein Bindeglied zwischen Planung, Bau und Betriebsabläufen schaffen.

Die eShare-Plattform von CADMATIC integriert, visualisiert und teilt Konstruktions-, Planungs-, Bau- und Betriebsdaten und dient zur Darstellung von Designinformationen als Modell und als Kommunikationsschnittstelle zwischen Beschaffung und Bau und später zwischen Management und Betriebspersonal. Auf Basis dieser Projektdaten wächst der Informationsgehalt des Digital Twins, wodurch fundierte und korrekte Entscheidungen von den Beteiligten getroffen werden können. Durch die datenbasierten Kommunikationsschnittstellen, Integration und Visualisierung können wichtige Projektmetriken in Echtzeit nachverfolgt werden.

Die Aucotec AG, Entwickler von Engineering-Software seit 1985, definiert das Ziel ihrer Plattform „Engineering Base“ den Digital Twin mit mehr Wissen und Intelligenz auszustatten, um eine effizientere Nutzung zu erreichen und durch das datenzentrierte Engineering die Arbeit von Betreibern und Kontraktoren zu erleichtern. Durch die disziplinübergreifende Datenzentrierung in einem einheitlichen System gewinnt der Digital Twin an Umfang, Wissen und Intelligenz, wodurch das komplette Beziehungswissen über die Objekte einer komplexen Anlage modellierbar ist. Dies zeigt seine Effizienz in der Beschleunigung und Prozessoptimierung von Wartungsarbeiten, Umbauten und Modernisierungen. Der Zyklus mit dem Digital Twin als zentrales Element ist in Abb. 1 dargestellt.

2.3 Umsetzungsbeispiele

Die Vielfalt an Digital Twins spiegelt sich in dem Ausstellerangebot auf der ACHEMA 2022 wider. Beispielsweise setzt Industrial Analytics auf das Angebot von Digital Twins, um in den entwickelten thermodynamischen Prozessmodellen basierend auf gemessenen Daten aus dem Prozess, das dynamische Verhalten und Zusammenhänge innerhalb der Anlage zu simulieren, zu erkennen und zu analysieren. In

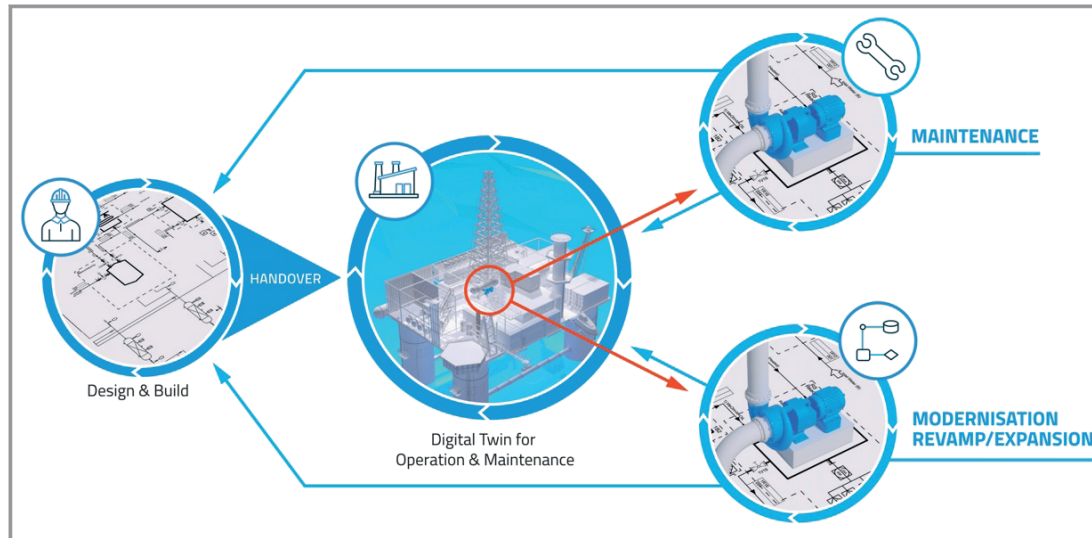


Abbildung 1. Mit EB Alliance durchs Anlagenleben: vom Digital Original zum stets aktuellen Digital Twin mit einfachen Datenübergaben und konsistenter Datenintegration nach Instandhaltungs- und Umbaumaßnahmen (Bild: AUCOTEC AG [8]).

einem dazu konstruierten KI-basierten Eventmanagement werden Maschinen- und Nutzerfeedback kombiniert und Nutzungsempfehlungen ausgesprochen.

LESER bietet zusätzliche QR-Codes oder RFID-Chips auf Edelstahlanhänger zu ihren Ventilen an (Abb. 2), welche eindeutige Informationen des Ventils enthalten und eine maschinenlesbare Identifizierung erlauben. Diese eindeutige ID stellt das Schlüsselement zum Datenmodell des Digital Twins dar.

PipePredict realisiert KI-basierte digitale Lecklokalisierung und Rohrbruchvorhersage indem Sensordaten aus bestehender Hardware analysiert und in dem Digital Twin integriert und visualisiert werden. Dabei werden bestehende

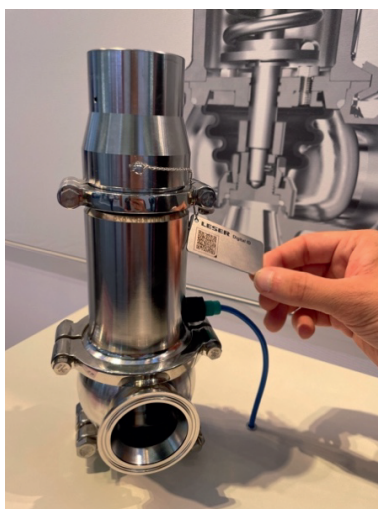


Abbildung 2. Ventil mit zusätzlichem Edelstahlanhänger mit QR-Code (Bild: eigene Aufnahme am Stand von LESER auf der AICHEMA 2022).

GIS-Daten genutzt, um automatisiert einen Digital Twin zu erstellen, welcher alle physikalischen Eigenschaften enthält. In Kombination mit, von PipePredict entwickelten, Machine-Learning-Algorithmen werden die Daten analysiert und ermöglichen eine digitale und präzise Lokalisation von Leckagen, Rohrbruchprognosen und eine optimierte Wartung.

2.4 Bildungs- und Forschungsprojekte

Digital Twins zeigen nicht nur Potenziale in der Anlagenplanung, Nutzung und Optimierung von Prozessen, sondern können zur Umsetzung der entsprechend formulierten Bildungszielen innerhalb von Aus- und Weiterbildungen eingesetzt werden. Die Schulung von neuen Mitarbeitenden und Auszubildenden wird durch die Verwendung von Digital Twins erheblich vereinfacht. Kosten- und Zeitaufwand werden gesenkt und der laufende Betrieb der Anlagen durch die Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen nicht eingeschränkt. Am Digital Twin können realitätsnahe Schulungsszenarien durchgeführt werden, ohne Konsequenzen bei Bedienfehlern zu riskieren.

ACTEMIUM entwickelt VR-gestützte Trainings mit Digital Twins, die notwendige Aus- und Weiterbildungsangebote in explosionsgefährdeten Umgebungen simulieren und so die Sicherheit der Mitarbeitenden gewährleisten (Abb. 3). Die Eingliederung von Digital Twins in Aus- und Weiterbildungen erfolgt meistens in Form von VR- und AR-Anwendungen.

Diese Repräsentationen eines Digital Twins in einer VR-Anwendung finden außerdem Einsatz in der Fernberatung von Kunden. ITandFactory berichtet über den Einsatz von Digital Twins in der Beratung, um optimierte Lösungen



Abbildung 3. Beispielsbild aus einer VR-Umgebung von ACTEMIUM; virtuelle Darstellung einer petrochemischen Anlage mit Delayed Coker mittig im Bildhintergrund (Bild: ACTEMIUM [9]).

und Dienstleistungen während der Projektplanung zu ermöglichen. VR- und AR-Anwendungen bilden außerdem die Grundlage für SmartLabs, in denen sich Digital Twins ebenfalls verorten.

Im Zuge von Forschungsprojekten zu Digital Twins wurde auf der ACHEMA 2022 ein BMBF-Projekt MaterialDigital zur Initiative zur Digitalisierung der Materialforschung in Deutschland vorgestellt. In dem Projekt soll eine einheitliche, systematisierte und standardisierte digitale Materialforschung etabliert und durch offene Softwaretools verfügbar gemacht werden. Dieser dezentrale Werkstoffdatenraum liefert Datensammlungen, welche in Digital Twins integriert werden können, um die Optimierung von Werkstoffen, Bauteilen oder Produkten anhand dieser zu ermöglichen.

Im Bereich der Bildungsforschung wurde von der TU Kaiserslautern ein Digital Twin zu einem Smart Education Photometer (SmaEPho) präsentiert, welche durch intelligente Technologie KI-basierte und datengesteuerte Anwendungen erlaubt. In Echtzeit werden Daten übertragen, im Digital Twin visualisiert und in Log-Daten-Files gespeichert, um die Rekonstruktion der Bedienpfade des Nutzers an der SmaEPho Hardware vorzunehmen. Dies erlaubt zukünftig adaptiv je nach Nutzer:in und KI-basierten Analysen der Bedienpfade, die Visualisierung von spezifischen Feedback- und Scaffolding-Elementen im Digital Twin.

Die präsentierten Bildungs- und Forschungsprojekte verweisen auf eine zunehmende Integration von Digital Twins in einer qualitativ hochwertigen und innovativen Aus- und Weiterbildung zukünftiger Generationen der Industrie 4.0.

3 Fazit

Die ACHEMA 2022 zeigte die Komplexität der Entwicklung und Anwendung von Digital Twins in all seinen Facetten. Entsprechend des branchendifferenzierenden und vielfältigen Verständnisses eines Digital Twins sind Neuentwicklungen und Softwarelösungen auf unterschiedlicher

Ebene herauszustellen. Allgemeines Ziel aller Digital Twins ist die Abbildung von realen Systemen in der digitalen Welt, wodurch Erkenntnisse durch Simulationen gewonnen, Vorhersagen validiert und Optimierungen in Prozessverläufen vorgenommen werden können. Die Herausforderungen sind durch Entwicklungsbedarfe hinsichtlich der Präzision und Genauigkeit bei der Transformation von physischen Bestandsobjekten und Produktionsabläufen in digitale Modelle zu sehen, um realitätsnahe Systeme in einer strukturellen und übersichtlichen digitalen Welt zu repräsentieren. Zukunftweisend ist die erweiterte Integration eines vollständigen Datenaustauschs in Echtzeit, zwischen einem bestehenden physischen System und einem digitalen Objekt, um vollständige intelligente Digital Twins zu konstruieren. Durch voranschreitende Entwicklungen im Bereich smart Sensors sind diese Möglichkeiten bereits angedacht. Digital Twins und all seine vielfältigen Anwendungspotenziale, als intelligente neue Technologie in der Industrie 4.0, halten weiterhin viele offene Forschungsfragen und Entwicklungspotenziale inne und stehen somit auch 2022 noch nicht an ihrem Endpunkt.

Danksagung

Open Access Veröffentlichung ermöglicht und organisiert durch Projekt DEAL.

Literatur

- [1] F. Tao, M. Zhang, A. Y. C. Nee, Background and concept of Digital Twin, in *Digital Twin Driven Smart Manufacturing*, Academic Press, London **2019**, 3–28.
- [2] D. Cortés, J. Ramírez, L. Villagómez, R. Batres, V. Vasquez-Lopez, A. Molina, Digital pyramid: an approach to relate industrial automation and digital twin concepts, in *Proc. of the 2020 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)*, IEEE, Piscataway, NJ **2020**, 1–7.
- [3] L. Baumgartner, L. Brägger, K. Koebel, J. Scheidegger, A. Çöltekin, Visually annotated responsive digital twins for remote collaboration in mixed reality environments, *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.* **2022**, 4, 329–336.
- [4] W. Kritzinger, M. Karner, G. Traar, J. Henjes, W. Sihn, Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification, *IFAC-PapersOnLine* **2018**, 51, 1016–1022.
- [5] *Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung*, Resolution der Generalversammlung, Generalversammlung Vereinte Nationen 25. September **2015**. www.un.org/Depts/german/gv-70/band1/ar70001.pdf (zuletzt aufgerufen am 29.11.2022)
- [6] M. Holler, F. Uebernickel, W. Brenner, Digital twin concepts in manufacturing industries—a literature review and avenues for further research, in *Proc. of the Proceedings of the 18th International Conference on Industrial Engineering (IJIE)*, Korean Institute of Industrial Engineers Seoul, Korea, **2016**, 1–9.
- [7] *Von der Punktwolke zum 3DigitalTwin: Bestandsanlagen schneller digitalisieren*, Whitepapers PROSTEP AG, Darmstadt **2022**.
- [8] Pressemitteilung, *Digital Twin: mehr Wissen für effizientere Nutzung Datenzentriertes Engineering erleichtert Arbeit von*

Betreibern und Kontraktoren, AUCOTEC, Isernhagen 14. Juni 2022. www.aucotec.com/fileadmin/user_upload/News_Press/Press_Releases/2022/PM-AUC_EB-Alliance_DE_220609.pdf (zuletzt aufgerufen am 29.11.2022)

- [9] M. Harke, *Digitale Zwillinge gegen Explosionsgefahr*, Blogbeitrag von think ING, 14. September 2022. www.think-ing.de/irgendwas-mit-technik/digitale-zwillinge-gegen-explosionsgefahr (zuletzt aufgerufen am 29. November 2022)



Faszinierende Wissenschaften erleben



Das Physikportal
pro-physik.de

www.phiu.de

Ist seit über 50 Jahren am Puls der Physik. Aktive Forscherinnen und Forscher berichten direkt aus dem Labor, vom Südpol oder von fernen Observatorien.



Eine Zeitschrift der
GDCh

Jetzt auch als App für iOS- und Android-Geräte!

www.chiu.de

Namhafte Experten informieren Sie hier über aktuelle Trends, spannende Forschungsergebnisse und Entwicklungen in der Chemie.

Kostenfrei für Schulen:
Online-Zugang für die ChiuZ!
E-Mail an:
chiuz-schule@wiley-vch.de

WILEY VCH