

Vorbereitung der Ingenieurlehre auf die Industrie 4.0: ein Erfahrungsbericht für Lehrende in den Ingenieurwissenschaften

THOMAS OTTE, CHRISTIAN SCHEIDERER, MAX HOFFMANN, INGRID ISENHARDT

Auf einen Blick

- ❖ Das Projektumfeld und das damit verbundene Berufsbild heutiger Ingenieur*innen haben sich im Verlauf der letzten Jahrzehnte grundlegend verändert – ein zentraler Treiber für diesen Wandel ist die vierte industrielle Revolution (Industrie 4.0).
- ❖ Daraus folgen neue Anforderungen an die Ausbildung von Ingenieur*innen – im Speziellen ein steigender Bedarf an zielgerichteten Aus- und Weiterbildungsangeboten in universitären Curricula.
- ❖ Es existieren verschiedene Ansätze, um diesen neuen Anforderungen zu begegnen und Studierende näher an den Umgang mit industriellen Daten heranzuführen. Neben einem Lehrveranstaltungskonzept werden drei anschauliche Demonstrationsansätze präsentiert, um die Vermittlung theoretischer und praktischer Lehrinhalte zu unterstützen.
- ❖ Die bei der Durchführung der Maßnahmen gesammelten Erfahrungen dienen als Eingangsgröße für eigene Reflexionsprozesse, die Lehrende in den Ingenieurwissenschaften im Zuge der Konzeption, Durchführung und Bewertung eigener Lehrveranstaltungen durchlaufen.

1 Problemstellung

Das Berufsbild heutiger Ingenieur*innen hat sich im Verlauf der letzten Jahrzehnte grundlegend verändert – ein zentraler Treiber für diesen Wandel ist die sogenannte vierte industrielle Revolution: *Industrie 4.0*. Dadurch kommen in heutigen industriellen Projekten bereits diverse neue Methoden der datengetriebenen Analyse zum Einsatz. Hierdurch wird für eine erfolgreiche Umsetzung dieser Projekte von den involvierten Ingenieur*innen ein an diese Anforderungen angepasstes Kenntnis- und Kompetenzspektrum verlangt.

Die vierte industrielle Revolution führt zu einer zunehmenden Digitalisierung einzelner Prozessschritte sowie übergeordneter Gesamtprozesse, wodurch wiederum die Datenverfügbarkeit über die gesamte Prozesskette hin zunimmt. Dadurch ergeben sich neue Möglichkeiten zur Anwendung datengetriebener Technologien

bei der Optimierung bestehender Prozesse im industriellen Kontext (z. B. Produktions- oder Geschäftsprozesse). So lassen sich etwa durch eine extensive Datensammlung, eine anschließende zentrale Zusammenführung und ein abschließendes Auswerten von Prozessdaten neue Erkenntnisse über die betrachteten Prozessschritte und die gesamte Wertschöpfungskette gewinnen. Diese wiederum dienen im nächsten Schritt als Eingangsgröße für unternehmerische Entscheidungsprozesse.

Sowohl seitens der Forschung als auch der Industrie erwächst daher eine steigende Nachfrage in Bezug auf die zuvor angedeuteten Kenntnisse und Kompetenzen (z. B. Methoden zur Datenanalyse und -verarbeitung) für das Absolvent*innenprofil von Studierenden der Ingenieurwissenschaften, und die Bedeutung entsprechender Kenntnisse und Kompetenzen auf dem nationalen und internationalen Arbeitsmarkt nimmt zu. Daraus ergeben sich neue Anforderungen an die Ausbildung von Ingenieur*innen und ein steigender Bedarf an zielgerichteten Aus- und Weiterbildungsangeboten in universitären Curricula, um benötigte Kenntnisse und Kompetenzen zu vermitteln und die Studierenden bestmöglich auf das vor ihnen liegende Berufsleben vorzubereiten.

2 Lösungsansatz

Eine zentrale Handlungsstrategie besteht in diesem Zusammenhang darin, Studierende näher an den Umgang mit industriellen Daten, d. h. Daten, die ihren Ursprung in der realen Industrieanwendung haben (z. B. aus Fertigungsprozessen), heranzuführen und damit einen Grundstein für eine Vertiefung im weiteren Ausbildungsverlauf und/oder im Zuge einer zukünftigen industriellen Anwendung im Berufsleben zu legen.

Im Zusammenhang mit dem vorliegenden Beitrag werden zwei zentrale Lösungsansätze näher beschrieben: zum einen ein Lehrveranstaltungskonzept für die Ingenieurlehre im Kontext *Industrie 4.0*, zum anderen eine Auswahl ergänzender demonstrativer Möglichkeiten, um Studierende der Ingenieurwissenschaften näher an den Umgang mit industriellen Daten heranzuführen und die damit verbundenen Zusammenhänge zu veranschaulichen.

Die entwickelten Lösungsansätze können Lehrenden in den Ingenieurwissenschaften als Orientierung dienen bzw. bieten einen Ausgangspunkt zur Entwicklung neuer und die Weiterentwicklung bestehender Lehrveranstaltungen und Veranschaulichungskonzepte aus der Perspektive *Industrie 4.0*.

3 Beispielumsetzung

3.1 Lehrveranstaltungskonzept

Als Grundstein für diese Entwicklungs- und Weiterentwicklungsmaßnahmen wurde im Projekt ein Konzept für eine Lehrveranstaltung entwickelt, das die Studierenden näher an den Umgang mit industriellen Daten heranführt.

Darin erhalten die Studierenden grundlegende und vertiefende Informationen über die gesamte Prozesskette der Datenverarbeitung. Ausgehend von der initialen Aufnahme der Rohdaten werden sie bis hin zur abschließenden Datenanalyse und Erkenntnisgewinnung schrittweise durch die Prozesskette geführt und erhalten dabei einen ganzheitlichen Einblick in eine Auswahl elementarer Themen der *Industrie 4.0*.

Zwischen Rohdaten- und Erkenntnisgewinnung finden sich in heutigen Projekten im industriellen Kontext wiederkehrende Prozessschritte, die Grundlage für die Strukturierung der entwickelten Lehrveranstaltung sind [1].

Die Lehrveranstaltung setzt sich aus insgesamt fünf Modulen zusammen (s. Abb. 1), die sowohl Bausteine zur Vermittlung der theoretischen Anteile (z. B. Vorlesungsunterlagen) als auch der praktischen Anteile (z. B. Übungsunterlagen) beinhalten.

Im ersten Modul werden die Studierenden mit grundlegenden Informationen über Hintergründe und Konzepte der *Industrie 4.0* versorgt – darunter etwa die physikalische Vernetzung von Maschinen im Internet of Things (IoT), die wiederum die Grundlage für die Erhebung und anschließende Weiterverarbeitung von Prozessdaten bildet. Um die erhobenen Daten im nächsten Schritt nutzbar zu machen, werden im zweiten Modul Grundlagen zum Thema *Datenbanken und Informationsmodellierung* angeboten. Das darauf aufbauende dritte Modul widmet sich dem Themenfeld *Industrial Big Data* und liefert Hintergrundinformationen sowie Beispiele zur Verarbeitung besonders umfangreicher Datenmengen (z. B. im Hinblick auf ihr Volumen oder ihre Vielfalt). Im vierten Modul werden die Studierenden über Ansätze zur *Datenvorverarbeitung und -exploration* informiert, mit denen die erfassten und abgespeicherten Daten weiterbearbeitet werden können. Im abschließenden fünften Modul wird das Themenfeld der *künstlichen Intelligenz* behandelt, und die Studierenden erhalten vertiefende Informationen über Algorithmen, die im nächsten Schritt auf die vorliegenden Daten angewandt werden können, um bestehende Prozesse zu optimieren und übergeordnete Erkenntnisse zu gewinnen.

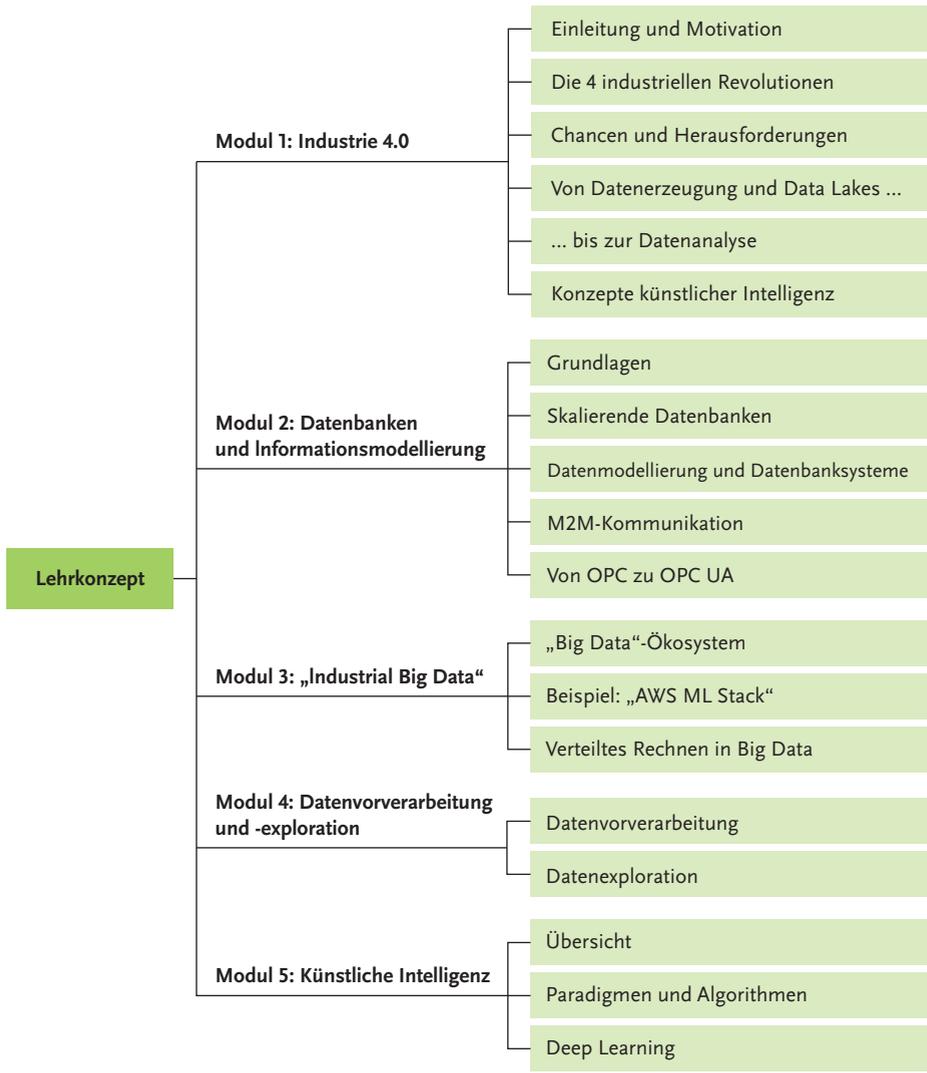


Abbildung 1: Struktur des entwickelten Lehrveranstaltungs-konzepts

3.2 Demonstrationsansätze

Neben anschaulichen Vorlesungsunterlagen eignet sich eine Vielzahl weiterer Ansätze, um die gesteckte Zielsetzung zu erreichen und Studierende näher an den Umgang mit industriellen Daten heranzuführen. Sie reichen von textuellen (z. B. Lehrbücher) oder audiovisuellen (z. B. Lehrvideos oder Aufzeichnungen von Programmier-Tutorials) bis hin zu real-weltlichen Darstellungen (z. B. Besichtigung eines Rechenzentrums einer IoT-Produktionsanlage).

Im Zusammenhang mit dem vorliegenden Beitrag werden anhand eines zugrunde liegenden Lernszenarios an dieser Stelle beispielhaft die drei Demonstrationsansätze näher erläutert:

- ❖ Beispiel 1: Physisches Modell
- ❖ Beispiel 2: Datensimulation
- ❖ Beispiel 3: Virtuelles Modell / Virtual Reality

Das Lernszenario bildet eine mehrschrittige Prozesskette ab – darunter beispielsweise Schritte zur Handhabung, Bearbeitung oder Wärmebehandlung des Materials.

Beispiel 1: Physisches Modell

Bei dem physischen Modell handelt es sich um den Aufbau einer Produktionsstraße auf Basis eines Bausatzes von *fischertechnik*, der sogenannten „Fabrik-Simulation 24V“ [2] (s. Abb. 2).

Ein derartiges Modell unterstützt grundsätzlich die Veranschaulichung realer Prozesszusammenhänge, unterliegt allerdings zugleich diversen Grenzen – u. a. im Hinblick auf Kosten (z. B. für Anschaffung, Auf- und Abbau), Skalierbarkeit (z. B. Verfügbarmachung für größere Gruppen an Studierenden) und Transportierbarkeit.

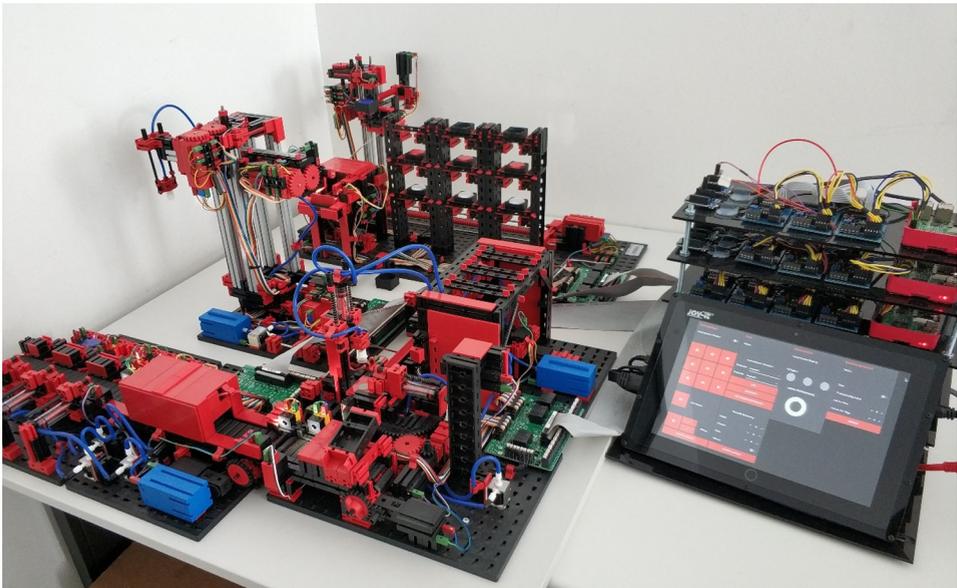


Abbildung 2: Physisches Modell zur Veranschaulichung [1]

Beispiel 2: Datensimulation

Um diesen Grenzen des physischen Modells zu begegnen, wurde im Projekt ebenfalls eine Simulation der Prozesskette in der Programmiersprache Python umgesetzt. Über eine grafische Benutzeroberfläche können Lehrende – zum Beispiel im

Umfeld einer Übungsveranstaltung – die Simulation der Prozesskette starten und stoppen sowie die Frequenz der Datensimulation einstellen (s. Abb. 3).

Nach dem Start generiert die Simulation Daten, die im nächsten Schritt über eine Schnittstelle von den Studierenden empfangen und abgespeichert werden können. Bei ihnen handelt es sich um prozessrelevante Daten wie etwa per Sensor gemessene Temperaturwerte an einzelnen Maschinen. Die gespeicherten Daten stehen den Studierenden danach zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung und können in diesem Zuge beispielsweise visualisiert oder ausgewertet werden.

In diesem Zusammenhang kommen die Studierenden bereits mit zukunftsrelevanten IoT-Technologien (z. B. MQTT – „Message Queuing Telemetry Transport“) in Kontakt und können so erste Erfahrungen mit Digitalisierungsprozessen sammeln.

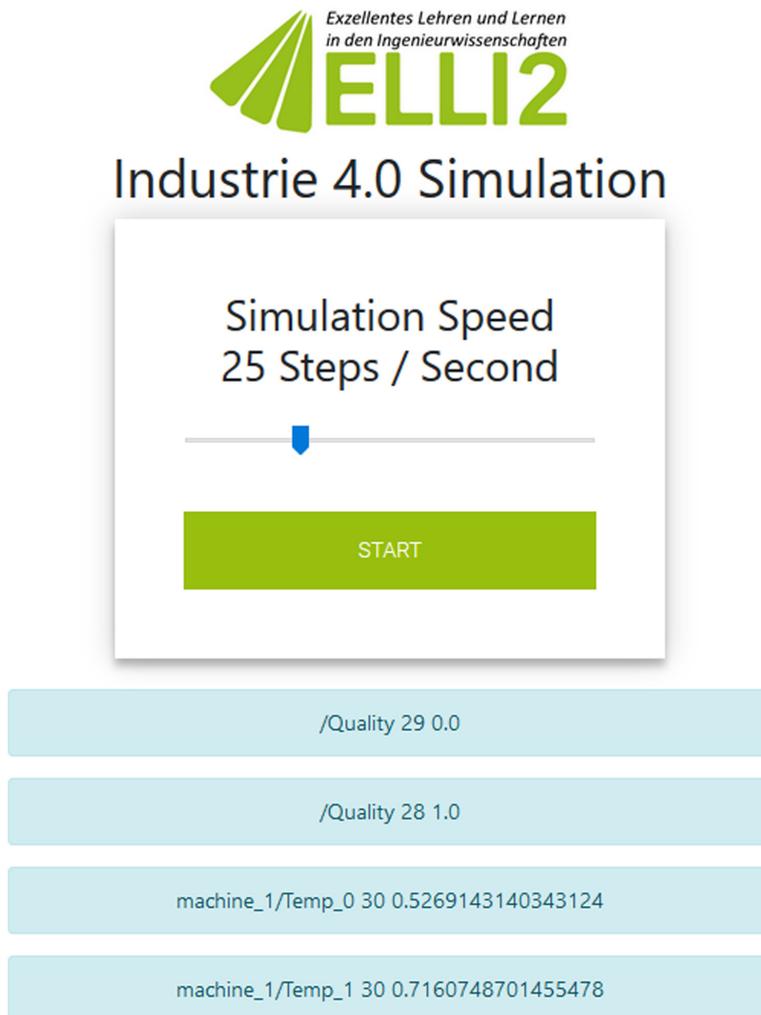


Abbildung 3: Grafische Benutzeroberfläche zur Steuerung der Prozesssimulation [1]

Beispiel 3: Virtuelles Modell

Um die Anschaulichkeit der zuvor erläuterten Datensimulation weiter zu erhöhen, bieten sich darauf aufbauende Visualisierungsansätze an – zum Beispiel ein Modell des Lernszenarios innerhalb einer virtuellen Realität (s. Abb. 4).

Innerhalb der virtuellen Realität kann die gesamte mehrschrittige Prozesskette des Lernszenarios nachgebildet und nach Bedarf mit ergänzenden Informationen veranschaulicht werden. Wie in Abbildung 4 angedeutet, bietet dieser Ansatz beispielsweise die Möglichkeit, zusätzlich zu den eingesetzten Maschinen Material- und Datenflüsse in Echtzeit abzubilden (siehe Textfeld oberhalb der Maschine).

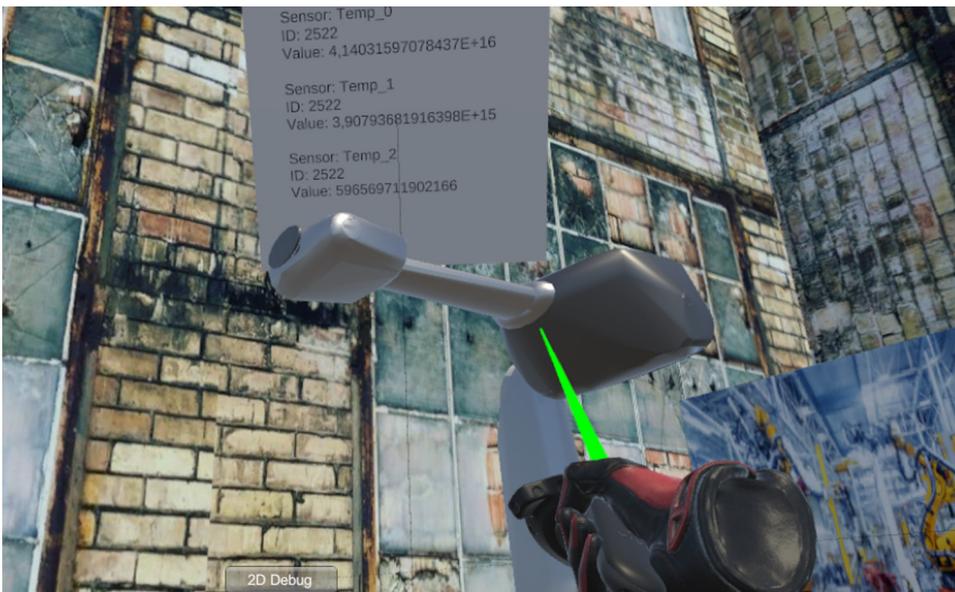


Abbildung 4: Nachbildung der Prozesskette in virtueller Realität [1]

4 Lessons Learned

Aufbauend auf den vorgestellten Umsetzungsbeispielen widmet sich das vorliegende Kapitel der Reflexion von Erkenntnissen, Wissen und Erfahrungen, die während der Durchführung der Maßnahmen entstanden sind.

In diesem Zusammenhang liegt unser Hauptaugenmerk darauf, die aus unserer individuellen Sicht zentralen Ergebnisse dieses Prozesses als Anregung für eigene Reflexionsprozesse weiterzugeben, die Lehrende in den Ingenieurwissenschaften im Zuge der Konzeption, Durchführung und Bewertung eigener Lehrveranstaltungen durchlaufen.

- ❖ Je nach zeitlicher Verortung der Lehrveranstaltung innerhalb des universitären Curriculums trifft man auf grundlegend unterschiedliche Vorkenntnisse bei den teilnehmenden Studierenden.

Es wird empfohlen, diese Rahmenbedingungen frühestmöglich zu identifizieren und die Erkenntnisse dieses Prozesses an geeigneten Stellen in die Lehrveranstaltung einfließen zu lassen.

Gleichzeitig sollten sowohl Lehrende als auch Studierende frühestmöglich in den (Weiter-)Entwicklungsprozess der Lehrveranstaltung eingebunden werden – beispielsweise durch freiwillige Zwischenevaluationen. Im Zuge dieser Einbindung sollten Lehrende auch ihre eigenen Vorkenntnisse berücksichtigen – etwa bei der individuellen Auswahl verfügbarer Demonstrationsansätze für Lehrveranstaltungen und damit verbundener Lernziele.

- ❖ Bei der Erschließung neuer Themenfelder – d. h. insbesondere solcher, die im bisherigen Studienverlauf nicht thematisiert worden sind – nimmt die Herstellung von Referenzen zu bekanntem Vorwissen oder zu realen Anwendungen eine besondere Bedeutung ein.

Im Zusammenhang mit dem vorgestellten Lehrveranstaltungskonzept könnte beispielsweise die folgende Leitfrage eine Hilfestellung für Lehrende darstellen, um sich in die Ausgangsposition der Studierenden zu versetzen: „Welchen Mehrwert kann ich durch den Umgang mit Daten im industriellen Kontext erzielen?“

Begleitet durch entsprechende Fragestellungen, können die Studierenden schrittweise sowohl an die theoretischen Grundlagen (z. B. Methoden) als auch an die praktischen Kompetenzen (z. B. Programmieren) herangeführt werden und behalten während des Lernprozesses stets den Anwendungsbezug sowie den direkten Nutzen des angestrebten Wissenszugewinns im Blick.

Literatur

- [1] C. Scheiderer, T. Otte, M. Hoffmann, „Lehre für die Industrie 4.0 – Ein ganzheitliches Konzept für Studierende von Morgen“, in: *Tagungsband 14. Ingenieurpädagogische Jahrestagung IPW: Technische Bildung im Kontext von „Digitalisierung“/„Automatisierung“ – Tendenzen, Möglichkeiten, Perspektiven*. Bremen, Deutschland, 2020. ISBN: 978-3-9818728-3-5.
- [2] fischertechnik GmbH: *Fabrik-Simulation 24 V*. Online verfügbar: 10.07.2020. <https://www.fischertechnik.de/de-de/service/elearning/simulieren/fabrik-simulation-24v>.