

# Innovative Lehrkonzepte in der Mechatronik für Industrie 4.0

Prof. Dr.-Ing. Peter Eichinger, Hochschule Aalen, Aalen, peter.eichinger@hs-aalen.de

Prof. Dr.-Ing. Bernhard Höfig, Hochschule Aalen, Aalen, bernhard.hoefig@hs-aalen.de

Prof. Dipl.-Ing. Dipl.-Ing. Ulrich Lehmann, Fachhochschule Südwestfalen, Iserlohn, lehmann.ulrich@fh-swf.de

Dipl.-Ing. Volker Schiek, Landesnetzwerk Mechatronik Baden-Württemberg, Göppingen, v.schiek@mechatronik-ev.de

Dr.-Ing. Rainer Stetter, ITQ, Garching bei München, stetter@itq.de

## Kurzfassung

Industrie 4.0 ist ein Zukunftsprojekt der Hightech-Strategie der deutschen Bundesregierung. Damit soll in erster Linie die digitale Transformation der Fertigungstechnik im Maschinenbau vorangetrieben werden. Ziel aller Bemühungen ist die intelligente Fabrik (Smart Factory). Technologische Grundlagen sind cyber-physische Systeme und das Internet der Dinge. Die Studierenden, die diese Thematik in den nächsten Jahren vorantreiben müssen, interessieren sich nach unserer Erfahrung überraschend wenig dafür. In unserem Beitrag werden Möglichkeiten aufgezeigt, welche unterschiedlichen Konzepte kurzfristig umgesetzt werden können, um die Studierenden für dieses Thema zu motivieren und welche Aktivitäten notwendig sind, um das Thema Industrie 4.0 in den Studiengängen Mechatronik, Informatik und Maschinenbau zu verankern.

## Abstract

Industry 4.0 is a central area of action of the High-Tech Strategy of the federal government of Germany. Primarily it is focussed on a deeper integration of modern information and communication technologies in the industrial production in mechanical engineering. The main goal of all activities is the so called Smart Factory. The technological basis are cyber-physical systems (CPS) and the internet of things (IoT). Suprisingly enough, in our experience, the students, which will have to drive these topics in the years to come, show not much interest for it. In our paper, we will describe different possibilities, how concepts can be put into practice in short term, in order to motivate students for this challenging topic. Furthermore, we will point out, which activities are necessary to establish the topic industry 4.0 in the academic education of mechatronics, mechanical engineering and computer science.

## 1 Einleitung und Motivation

Angesichts der komplexen Herausforderungen, der sich zukünftige Absolventen im industriellen Umfeld und die Leitungsebene von KMU in mittelständisch geprägten Industrieregionen wie Baden-Württemberg oder Südwestfalen in NRW stellen müssen, wird es notwendig, schon frühzeitig auf aktuelle Entwicklungen im Kontext von Industrie 4.0 gerade in der Hochschulausbildung und im Technologietransfer einzugehen.

Auf die „Ergänzung und Weiterentwicklung der klassischen akademischen Bildungsziele“ wird u.a. im Hochschul-Bildungs-Report 2020 des Stifterverbands für die Deutsche Wissenschaft e.V. deutlich hingewiesen ([1]). Neben den Fachkompetenzen als Ausgangspunkt werden darin als Herausforderungen der Arbeitswelt 4.0 die Schwerpunkte Anwendungsbezug und Persönlichkeitsbildung genannt, die zukünftig in der Hochschulausbildung eine wichtigere Rolle einnehmen müssen.

Ziel der hier vorgestellten Aktivitäten ist, eine möglichst breite und nachhaltige Vermittlung zentraler Aspekte zu ermöglichen und die Verknüpfung von Lehrinhalten zu bereits bestehenden Lehrveranstaltungen sowie zu benachbarten Fachdisziplinen auszubauen. Im Vordergrund steht der stärker werdende Einfluss der IT auf gestandene Ingenieurwissenschaften.

In den folgenden Abschnitten werden daher zunächst einige zentrale Entwicklungen bezüglich der Technologien und Anwendung im Zusammenhang mit der Digitalisierung vorgestellt und daraus die speziellen Herausforderungen für die Lehre im Fachgebiet Mechatronik formuliert. Anschließend werden einzelne innovative Lehrkonzepte und Projektbeispiele vorgestellt, die mit unterschiedlichen Schwerpunkten die neuen Herausforderungen aufgreifen und den Studierenden einen neuen Zugang zum Wissenserwerb und -vertiefung ermöglichen sollen. Der Ausblick soll Anregungen zu weiteren Maßnahmen geben.

## 2 Entwicklung der Technologien und Anwendungen

Durch die Weiterentwicklung verschiedener Technologien nimmt das Tempo, mit dem die digitale Transformation Einfluss auf alle Lebensbereiche hat, immens zu. Dies hat Auswirkung auf das alltägliche Leben und zunehmend auch auf das industrielle Umfeld. Im Folgenden sind beispielhaft einige technologischen Entwicklungen genannt, die maßgeblich Einfluss auf die Veränderungen haben.

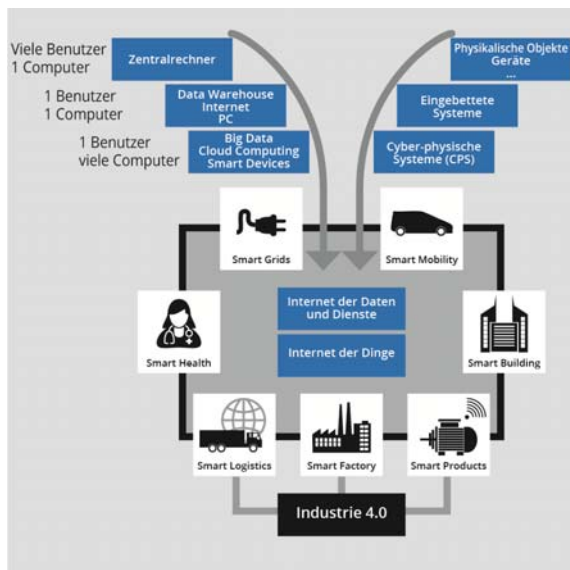
- Die Komplexität und die Integrationsdichte von integrierten Schaltkreisen wird immer höher (Moore'sches Gesetz, 1965)
- Der Nutzen eines Kommunikationssystems wächst proportional zur Anzahl der möglichen

Verbindungen zwischen den Teilnehmern, also etwa mit dem Quadrat der Teilnehmerzahl (Metcalf'sches Gesetz, 1980)

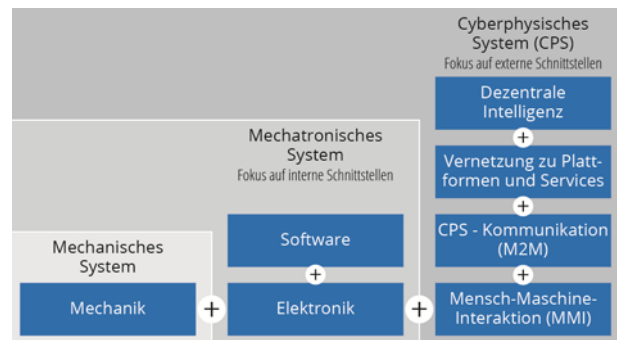
- Die Sensorik wird immer kleiner und kostengünstiger und ist deshalb in vielen Systemen zu finden
- Im Bereich der Kommunikation verbessern sich die Infrastrukturen sowohl bei der drahtgebundenen als auch der drahtlosen Kommunikation.

Zwei dieser konvergierenden Entwicklungsstränge werden als Innovationstreiber bezeichnet und enden in der allgemeinen Betrachtung im „Internet der Daten und Dienste“ und im „Internet der Dinge“, wie Fig.1 zeigt. Durch den geschickten Einsatz und die Kombination dieser Technologien entwickeln sich die Systeme rasant weiter. Begonnen hat die Entwicklung mit einfachen mechanischen Systemen. Die nächste Stufe waren komplizierte mechatronische Systeme. Heute stehen wir vor der Herausforderung, komplexe intelligente technische Systeme (auch cyber-physische Systeme genannt) zu verstehen, zu beherrschen und zu entwickeln (vgl. Fig. 2).

Diese technisch intelligenten Systeme führen in verschiedenen (Lebens-) Bereichen zu neuen Begriffen wie Smart Building, Smart Mobility, Smart Grids, Smart Health, Smart Products, Smart Factory und Smart Logistics. Die Intelligenz der Systeme in den verschiedenen Lebens- und Wirtschaftsbereichen entsteht durch die Vernetzung und durch die Nutzung von Daten und Diensten. Anwendungsszenarien dieser Technologien im alltäglichen Umfeld sind, wie in Fig.1 dargestellt, die Themen Smart Building, Smart Mobility, Smart Grids und Smart Health. Hier spricht man vom Internet der Dinge oder Internet of Things (IoT). Die Anwendungsszenarien im industriellen Umfeld sind Smart Products, Smart Factory und Smart Logistics. Hier spricht man von Industrie 4.0 oder in den USA von Industrial Internet of Things (IIoT).



**Fig. 1:** Zwei konvergierende Entwicklungsstränge als Innovationstreiber und neue Perspektiven in vielen Lebens- und Wirtschaftsbereichen; Anwendungsfelder von intelligenten technischen Systemen (angelehnt an [2])



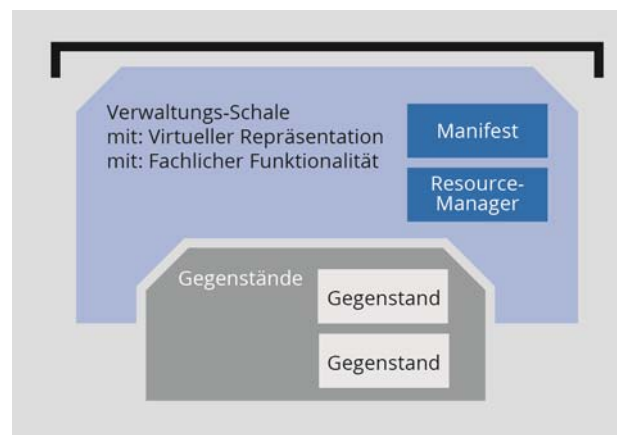
**Fig. 2:** Wandel der Systemarchitektur auf Grund steigender Vernetzung und Personalisierung ([3])

Die intelligenten technischen Systeme bzw. die cyber-physischen Systeme bilden die Basis für alle „smarten“ Anwendungsbereiche wie Internet der Dinge oder Industrie 4.0.

Um intelligente Systeme aufbauen zu können, benötigen die Subsysteme bis hin zu den einzelnen Komponenten ein gewisses Maß an Kommunikationsfähigkeit und Intelligenz. Im industriellen Umfeld hat man eine Industrie 4.0-Komponente definiert, die in ihrer Verwaltungsschale (auch digitale Hülle genannt) die notwendigen Informationen zur Verfügung stellt (s. Fig. 3). Mit diesen Komponenten kann es eine physische Interaktion und eine digitale Interaktion geben. Die digitale Interaktion ist sehr schnell und kann örtlich weitgehend unabhängig und flexibel ausgeführt werden.

Wenn diese Betrachtungsweise konsequent weiter gedacht wird, müssen wir bereits bei der Entwicklung einzelner Komponenten berücksichtigen, dass diese auch sinnvoll in das System eingebettet werden können. Um intelligente technische Systeme verstehen und effektiv entwickeln zu können, bedarf es neuer Entwicklungsansätze, Entwicklungsmethoden und Entwicklungstools.

Um den veränderten Anforderungen, aus den oben beschriebenen Veränderungen, in der Hochschulausbildung gerecht zu werden, ist es notwendig, die heutigen Inhalte der Ausbildung und die heutigen Studien- und Lehrmethoden auf den Prüfstand zu stellen. Es gilt intensiv die



**Fig. 3:** Industrie 4.0-Komponente als Kombination einer oder mehrerer Gegenstände mit einer Verwaltungsschale (nach [4])

Auswirkungen der digitalen Transformation auf die Industrie zu ermitteln und daraus Handlungsempfehlungen für eine Neugestaltung der Studieninhalte und der Studien- und Lehrformen zu konzipieren. Es müssen neue Bildungsinhalte integriert werden und neue Ansätze zur flexibleren Ausbildung inklusive Selbstlern-Einheiten berücksichtigt werden.

Aus unserer derzeitigen Sicht sind folgende Herausforderungen der Digitalisierung bislang kaum in den Lehrplänen verankert:

- Methoden zur Entwicklung cyber-physischer Systeme (Model-based Systems Engineering [5])
- Durchgängiger Einsatz moderner CAX-Werkzeuge in der Produktentwicklung
- Agile Entwicklungsprozesse für multidisziplinäre Projekte in globalen Kontexten

### 3 Innovative Lehrkonzepte und Projektbeispiele

#### 3.1 Ziele und Grundlagen

Durch die Neugestaltung von Studieninhalten sowie der Studien- und Lehrformen soll die Basis geschaffen werden, dass die Studierenden besser auf die teilweise veränderten Aufgaben in der Industrie vorbereitet sind. Die Studien- und Lehrformen müssen so gestaltet werden, dass sie den Vorstellungen und Erwartungen, die die Studieninteressierten aus ihrem privaten Umfeld mitbringen, entsprechen. Neue Lehrmethoden sollen die jungen Menschen ansprechen und das Interesse an technischen Sachverhalten wecken. Durch die Möglichkeit, auch schon von Anfang an praktische Erfolgserlebnisse im Studium zu haben, soll die Motivation insbesondere in den ersten Semestern gesteigert werden.

#### 3.2 Innovative Lehrkonzepte

In den folgenden Abschnitten werden einzelne ausgewählte Lehrkonzepte beschrieben, die es uns ermöglichen, kurz- und mittelfristig der dynamischen Entwicklung des Themas Industrie 4.0 im Rahmen von Lehrveranstaltungen Rechnung zu tragen.

##### 3.2.1 Ringvorlesung / Industriedialog Industrie 4.0

Die Veranstaltungsform einer sogenannten Ringvorlesung stellt eine sehr effiziente Möglichkeit dar, das Thema Industrie 4.0 in der Lehre zu verankern und zudem interessierten Mitarbeitern von Unternehmen zugänglich zu machen. Hier berichten Referenten aus der Industrie, aus der Politik, von Verbänden und von Hochschulen zu einzelnen Schwerpunktthemen (vgl. **Fig. 4**, [6]). Mit dieser Veranstaltungsreihe wird so die Möglichkeit geschaffen, einen guten Überblick aus ganz verschiedenen Blickwinkeln zu erhalten und den notwendigen Dialog zwischen Hochschulen und Wirtschaft anzustoßen.



**Fig. 4:** Logo der Veranstaltungsreihe Industriedialog Industrie 4.0 an der Hochschule Aalen ([6])

Es werden Grundlagen-Handlungsempfehlungen aus Industrie 4.0, Wirtschaft 4.0, Arbeit 4.0, Welt 4.0 (be-)greiflich gemacht und die Korrelationen zwischen Technologie und Lehre verdeutlicht. Durch die praxisnahen Anwendungsbeispiele der Referenten aus der Industrie, erhalten die Studierenden einen guten Einblick in aktuelle Aufgabenstellungen und können ihre eigenen Ausbildungsschwerpunkte daran ausrichten.

Die Veranstaltungen bieten zudem eine ausgezeichnete Plattform zum Dialog und leisten damit für den Transfer zwischen Hochschule und regionaler Wirtschaft einen wichtigen Beitrag.

##### 3.2.2 Vernetzung mit anderen Hochschulen

Um auch anderen Standorten und benachbarten Hochschulen die Möglichkeit zur Teilnahme an den Vortragsveranstaltungen der Ringvorlesung zu ermöglichen, wurden die einzelnen Veranstaltungen per Livestream an weitere Standorte übertragen. Mittels Chat wurde es möglich, an der Diskussion teilzunehmen. Damit ist eine gute Möglichkeit gegeben, ein sehr gutes, breites und vielfältiges Angebot mit verträglichem Aufwand an mehreren Orten simultan anzubieten ([7]). Die aktive Teilnahme über den Chat an einer live übertragenen Veranstaltung stellt dabei einen deutlichen Mehrwert gegenüber einer Aufzeichnung dar.

Über die beteiligten Partnerhochschulen werden den Studierenden Kontaktmöglichkeiten zu anderen Standorten angeboten, die für die persönliche Mobilität und Spezialisierung in der Hochschulausbildung genutzt werden können.

##### 3.2.3 Problem-based Learning

Durch gemeinsame Projekte mit Industriepartnern, die sich schon mit der Umsetzung von Industrie 4.0 – Anwendungen beschäftigen, kann ein sehr großer Praxisbezug und eine hohe Motivation für die Studierenden erzielt werden. Die industrielle Aufgabenstellung zur Produktentwicklung wird im Rahmen einer Projektarbeit durch studentische Teams bearbeitet, dokumentiert und präsentiert. Neben dem rein fachlichen Wissenserwerb, bietet diese Lehrform durch die konkrete Bearbeitung eines Entwicklungsauftrags ein hohes Maß an Anwendungsbezug sowie vielseitige Möglichkeiten zur

Persönlichkeitsbildung im Rahmen der Teamarbeit. Die Studenten werden durch regelmäßige Entwicklungsbesprechungen mit den betreuenden Professoren angeleitet und können so wichtige Arbeitstechniken für den beruflichen Einstieg in die spätere Entwicklungstätigkeit erlernen ([8]).

### 3.2.4 Coaching und Mentoring

Die zukünftigen Herausforderungen hinsichtlich des Anwendungsbezugs und der Persönlichkeitsbildung lassen sich durch Coaching- und Mentoringmaßnahmen sehr gut in neue Lehrkonzepte integrieren.

Eine Möglichkeit zur Übernahme von Verantwortung im Rahmen des Studiums besteht in der Vernetzung der einzelnen Jahrgänge durch semesterübergreifende gemeinsame Projekte. Dabei übernehmen Studierende aus höheren Semestern Coaching- und Mentoringaufgaben für Studienanfänger und Schüler aus Abschlussklassen und unterstützen dadurch die zielgerichtete Berufsorientierung zu Beginn der Hochschulausbildung.

Im Rahmen der gewerblichen Ausbildung ist zwischen den Hochschulen und den im Land Baden-Württemberg geförderten Lernfabriken 4.0 an gewerblichen Schulen eine enge Zusammenarbeit möglich. Die Hochschulen können dabei Fragestellungen bearbeiten, die den üblichen Ausbildungsrahmen an einer gewerblichen Schule sprengen würden. Als Beispiel wird in Abschnitt 3.3.2 der Aufbau einer Simulationsumgebung zur virtuellen Inbetriebnahme beschrieben. Die Ergebnisse können in gemeinsamen Projekten weiterverwendet und sowohl an den Schulen, Hochschulen sowie den beteiligten Industrieunternehmen genutzt werden. Die Hochschulen profitieren dabei von der Infrastruktur an den gewerblichen Schulen. Auf der anderen Seite werden durch die gemeinsamen Projekte den Absolventen der gewerblichen Schulen attraktive Weiterbildungsmöglichkeiten eröffnet ([1], [9]).

Eine weitere Möglichkeit zu anwendungsbezogenem Coaching sind Workshops, bei denen studentische Teams in kurzer Zeit eine mechatronische Aufgabenstellung gemeinsam lösen. Im Rahmen eines zweitägigen Workshops (Makeathon) auf der Automatica 2016 in München konnten Studierende von verschiedenen Hochschulen ihre Fähigkeiten unter Beweis stellen. Die Begeisterung und das Engagement der Teilnehmer zeigten, dass diese Lehrform effizient und erfolgreich eingesetzt werden kann ([10], [11]).

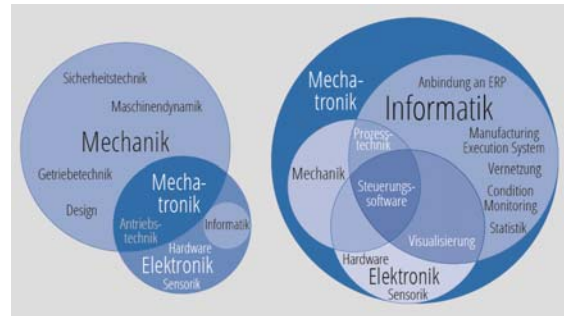
### 3.2.5 Neue Lehrveranstaltungen

Um das Thema Industrie 4.0 in Form Lehrveranstaltungen in der Lehre von Studiengängen Elektrotechnik/Mechatronik/Maschinenbau/Informatik zu berücksichtigen, schlagen wir drei Schwerpunkte vor.

- Grundlagen
- Entwicklungsmethodik
- Entwicklungswerkzeuge und Softwaretools

#### 3.2.5.1 Grundlagen

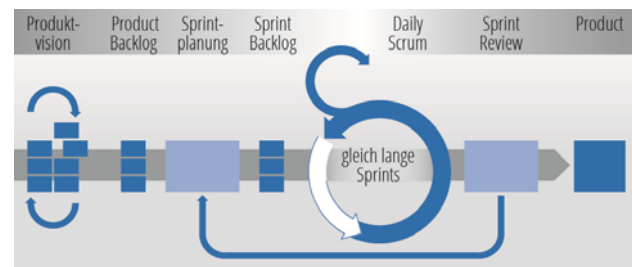
Zu Beginn muss ein Grundverständnis von Industrie 4.0 vermittelt werden. Die Studierenden müssen verstehen, seit wann es diesen Begriff gibt, was es mit der 4. Industriellen Revolution zu tun hat, und welche Kernaussagen für das Gesamtverständnis wichtig sind. Mit diesem Verständnis sind die Studierenden in der Lage, den Paradigmenwechsel zu verstehen, der in **Fig. 5** schematisch dargestellt ist. Die Mechatronik wird zukünftig einen immer größer werdenden Anteil an Informatik umfassen, weil die flexibleren Funktionsumfänge und schnelleren Entwicklungszyklen den Markterfolg maßgeblich mitbestimmen.



**Fig. 5:** Paradigmenwechsel in der Sicht auf die Mechatronik (links: früher, rechts: heute), ([12])

#### 3.2.5.2 Entwicklungsmethodik

Die in der VDI-Richtlinie 2206 „Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme“ beschriebene Grundstruktur eines mechatronischen Systems entwickelt sich durch die Erweiterung der Informationsverarbeitung und die Vernetzung von Systemen zu einem intelligenten mechatronischen oder cyber-physischen System weiter. ([2]). Die cyber-physischen Systeme sind der Kern von Industrie 4.0 und für das Internet der Dinge. Sie vernetzen und synchronisieren die Informationen in der physischen und digitalen Welt. Das Internet der Dinge wird mit dem Internet der Menschen (Soziale Netzwerke) und dem Internet der Dienste migrieren. Diese Systeme bilden die Zielvorgabe für Industrie 4.0-Anwendungen. Sie erfordern die Anpassung der Methoden beim Entwickeln dieser Systeme. Es ist wichtig diese Weiterentwicklung der Methoden in der Lehre in den genannten Studiengängen zu berücksichtigen. Dazu gehören auch moderne Entwicklungsmethoden für Software (z.B.



**Fig. 6:** Agile Entwicklungsprozesse und deren Anpassung an die mechatronische Produktentwicklung (angelehnt an [13])

SCRUM) und deren fachspezifische Anpassung an die Entwicklung mechatronischer Systeme ([13], **Fig. 6**).

### 3.2.5.3 Entwicklungswerkzeuge und Softwaretools

Die Anlagen und Produkte werden zunehmend intelligenter und vernetzter. Deshalb verändern sich auch die Anforderungen an die Entwicklungswerkzeuge. Um die steigende Komplexität und Vernetzung der Produkte zu beherrschen und cyber-physische Systeme zum „System of Systems“ aufzubauen, müssen geeignete Softwaretools eingesetzt werden. Die Studierenden müssen diese neuen, zugegebenermaßen sehr mächtigen, Softwaretools schon im Rahmen der Ausbildung kennenlernen.

## 3.3 Projektbeispiele

### 3.3.1 Showcase Mi5

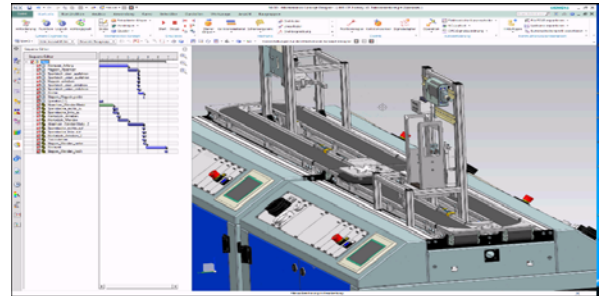
Im Rahmen des Projekts Mi5 der Fa. ITQ werden anspruchsvolle Entwicklungsaufgaben in internationalen Teams mit professionellen Werkzeugen und Prozessen bearbeitet ([14], [15]). Eine Produktionslinie zu Herstellung von individualisierten Getränkemixturen dient als technologische Basis für alle Etappen des Entwicklungsprozesses für mechatronische Systeme (s. **Fig. 7**). Dabei werden sowohl klassische Schritte zur Anforderungsanalyse und Konzeption als auch iterative und agile Entwicklungsmethoden sowie Verfahren zur virtuellen Produktentwicklung mit Hilfe moderner Simulationsmethoden eingesetzt und in Projektteams an verschiedenen Standorten bearbeitet. Die so entwickelte Technologiekompetenz für Industrie 4.0 – Internet der Dinge - der University of Applied Sciences (FH und HS) kann im Technologietransfer an KMU gezielt weitergegeben werden.

### 3.3.2 Digital Twin und virtuelle Inbetriebnahme

Für die Entwicklung cyber-physischer Systeme stellt die virtuelle Produktentwicklung eine zentrale Funktion dar. Die Komplexität der Produkte erfordert ein steigendes Maß an Absicherung und Erprobung. Der zeit- und kostenmäßige Aufwand dafür lässt sich nur durch geeignete virtuelle Entwicklungsmethoden beherrschen. Dadurch können schon in frühen Projektphasen Aussagen



**Fig. 7:** Showcase Mi5: Produktionsanlage als Engineering Demonstrator



**Fig. 8:** Aufbau eines Digital Twin zur virtuellen Inbetriebnahme

über das Gesamtsystem getroffen werden sowie Entwicklungsarbeiten an Hard- und Software parallelisiert werden.

Im Rahmen einer Abschlussarbeit wurden an der Hochschule Aalen zwei Module der CP Factory von Fa. Festo ([16]) als virtuelle Anlagen mit dem Mechatronics Concept Designer der Fa. Siemens PLM Software abgebildet und die zugehörige Ablaufsteuerung implementiert (vgl. **Fig. 8**). Das Modell kann zukünftig als sog. digitaler Zwilling (Digital Twin) für die Weiterentwicklung und virtuelle Erprobung und Inbetriebnahme genutzt werden.

### 3.3.3 Mobile Roboterplattform

Ein Projektbeispiel für das Problem-based Learning ist die Entwicklung einer mobilen Plattform für den youBot-Roboter der Fa. KUKA. Im Rahmen eines Semesterprojektes wurden in Teams von jeweils drei Studenten eine mobile Plattform entwickelt und ein erstes Funktionsmuster aufgebaut (s. **Fig. 9**).

## 4 Zusammenfassung und Ausblick

Die Digitalisierung stellt die Lehre an den Hochschulen vor neue Herausforderungen, damit zukünftige Absolventen gut auf die Arbeitswelt 4.0 vorbereitet werden. Basierend auf den vorgestellten Maßnahmen



**Fig. 9:** Konzeptentwurf für eine mobile Roboterplattform für den youBot-Roboter der Fa. KUKA

können gezielt neue Laborversuche, Projektarbeiten und Vorlesungsmodule aufgebaut und in bestehende Lehrveranstaltungen integriert werden. Durch den regelmäßigen Austausch mit Experten aus der Industrie, Wirtschaftspolitik, Verbänden und Wissenschaft werden die aktuellen Fragestellungen für die Studierenden praxisnah und motivierend vermittelt. Anhand konkreter Projekte können neue Entwicklungsmethoden und Werkzeuge in der Ausbildung an den Hochschulen erprobt werden und sind damit ein wichtiger Baustein für einen nachhaltigen Lernerfolg.

Mit einigen abschließenden, schlagwortartigen Thesen möchten wir daher die Diskussion zu weiteren Innovationen in der Lehre anregen.

### **Prototypen statt PowerPoint**

Es sollen in kürzester Zeit viele reale Erfahrungen und praktische Umsetzungen ermöglicht werden, ohne um den heißen Brei herumzureden. Aufbauen statt nur theoretisch zu entwickeln. Hardware statt PowerPoint.

### **Interdisziplinäre Teams statt Einheitsbrei**

Den Kern des Teams bilden Mechatroniker. Hinzu kommen jedoch zusätzlich noch Programmierer, Wirtschaftsingenieure, Technische Redakteure etc., die das Konzept mitentwickeln und die Idee oft viel besser allgemeinverständlich vortragen können als reine "Ingenieure".

### **Echte Sichtbarkeit statt pure Theorie**

Die Studierenden sollen direkt angesprochen werden. Sie lernen im Team zu arbeiten. Bei größer angelegten Veranstaltungen sollte auch die Möglichkeit bestehen, Kontakt zu ausländischen Studierenden zu bekommen.

### **Hands-on Ausbildung statt Frontalunterricht**

In neuen Studien- und Lehrformen sollen Studierende erleben, dass man tatsächlich aktiv mitmachen muss und nicht nur passiv zuhört. Dabei fließen die unterschiedlichen Vorkenntnisse der Beteiligten positiv mit ein, von dem alle profitieren.

### **Verantwortung übernehmen und Begeisterung weitergeben**

Studierende sollen an Schulen in der Region Workshops durchführen, bei denen sie Schülerinnen und Schülern bei Projektaufgaben anleiten. Die Erarbeitung der Projekte erfolgt an der Hochschule im Rahmen einer geeigneten Lehrveranstaltung. Die Workshops durch die Studierenden sollen dazu dienen, die Begeisterung für den Ingenieurberuf in die Schulen zu tragen. Dadurch soll den Schülerinnen und Schülern eine Möglichkeit zur frühzeitigen Berufsorientierung geboten werden.

## **5 Literatur**

- [1] Hochschul-Bildungs-Report 2020, Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V. <<http://www.hochschulbildungsreport.de/downloads>> [Zugriff am 29.07.2016]
- [2] Gausemeier, Jürgen; Dumitrescu, Roman; et.al.: Auf dem Weg zu Industrie 4.0: Lösungen aus dem Spitzencluster it's OWL, Das Technologie-Netzwerk: Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe, April 2014
- [3] Bauernhansl, Thomas (Hrsg.): Industrie 4.0: Entwicklungsfelder für den Mittelstand, Aktuelle Hemmnisse und konkrete Bedarfe; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Stuttgart, 2016
- [4] Umsetzungsstrategie Industrie 4.0, Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0; Herausgeber BITKOM e.V., VDMA e.V. und ZVEI e.V.; April 2015
- [5] The International Council on Systems Engineering (INCOSE), [Website] <<http://www.incose.org/>> [Zugriff am 29.07.2016]
- [6] Industriedialog Industrie 4.0 / Ringvorlesung an der Hochschule Aalen [Website] <[www.hs-aalen.de/s/f/ringvorlesung](http://www.hs-aalen.de/s/f/ringvorlesung)> [Zugriff am 29.07.2016]
- [7] Handke, Christian; Lehmann, Ulrich: Teleteaching für Fernvorlesungen an Hochschulen. Entwicklung und Aufbau. VDM Verlag Dr. Müller. Saarbrücken 2006. ISBN-10: 3-86550-544-9 und ISBN-13: 978-3-86550-544-6
- [8] Weber, Agnes: Problem-based learning. Ein Handbuch für die Ausbildung auf der Sekundarstufe II und der Tertiärstufe. 2., überarb. Aufl. Bern: h.e.p.-Verl., 2007
- [9] Eichinger, Peter; Schmitt, Ulrich: Fallbericht Bachelorstudiengang Mechatronik, Hochschule Aalen. In: Hanft, A.; Brinkmann K. et.al.: Studie: AnHoSt, Anrechnung außerhochschulischer Kompetenzen in Studiengängen. Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, 2014, pp.108-113
- [10] Makeathon Automatica 2016 <<http://makeathon.automatica-munich.com/>> [Zugriff am 29.07.2016]
- [11] Makeathon 2016, medienzentrum aalen, Hochschule Aalen <[https://youtu.be/pW\\_k-6YufZ0](https://youtu.be/pW_k-6YufZ0)> [Zugriff am 08.08.2016]
- [12] ITQ GmbH: Kompetenz in Mechatronik, <[https://www.itq.de/files/itq\\_bericht\\_2014.pdf](https://www.itq.de/files/itq_bericht_2014.pdf)> [Zugriff am 29.07.2016]
- [13] Goll, Joachim; Hommel, Daniel: Mit Scrum zum gewünschten System; Springer Vieweg; Wiesbaden 2015
- [14] Händl, M. Gerigk M., Frei Th., Wangler, O.: Engineering (be)greifbar machen. Mechatronik 12/2014, pp. 53-55.
- [15] MI5 COMPACT, [Website] <<http://projectmi5.com/live/>> [Zugriff am 29.07.2016]
- [16] Lernfabrik 4.0, Qualifikation für die Produktion der Zukunft, Festo Didactic, <[http://www.festodidactic.com/ov3/media/customers/1100/dsi\\_lernfabrik\\_4\\_0.pdf](http://www.festodidactic.com/ov3/media/customers/1100/dsi_lernfabrik_4_0.pdf)> [Zugriff am 29.07.2016]