

# SIEMENS

*Ingenuity for life*

Forschung und Ausbildung

## Johannes Kepler Universität

Wissenslücken schließen bei Entwicklungsmethoden im  
Maschinen- und Anlagenbau

### Produkte

NX, Tecnomatix

### Herausforderungen

Den Weg für mechatronische  
Entwicklungsmethoden  
bereiten

Modellbasierte Entwicklung  
erlebbar machen

Entwicklungsansätze mit  
virtueller Inbetriebnahme  
kombinieren

Forschungswissen in die  
Ausbildung transferieren

Leistungsüberprüfung von  
Maschinen- und Anlagen-  
automation unterstützen

### Erfolgsfaktoren

Mechatronics Concept  
Designer für System-  
Modellierung verwendet

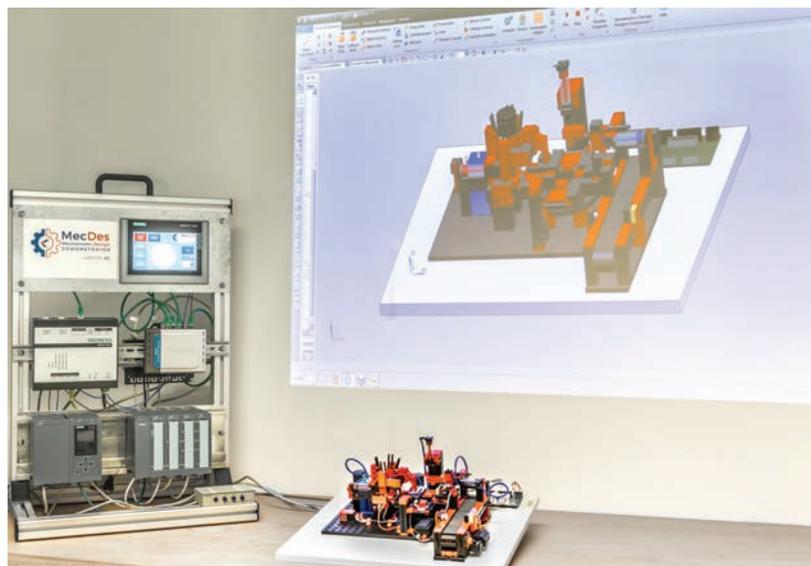
Übergreifende Software für  
die Simulationsumgebungen  
NX und Tecnomatix  
entwickelt

Mit SIMATIC-Steuerung und  
SIMBA Box schrittweisen  
Übergang von Simulation zu  
Echtbetrieb geschaffen

**Mit Mechatronic Concept  
Designer und Tecnomatix macht  
die Universität mechatronische  
Entwicklungsmethoden und die  
virtuelle Inbetriebnahme erleb-  
bar und verbessert so Lehre und  
Industriekooperationen.**

**Wissenstransfer von Forschung zu Lehre**  
Maschinen- und Anlagenbau sind mit  
einer Reihe von Herausforderungen

konfrontiert, etwa steigende Komplexität  
und immer kürzere Innovationszyklen. In  
der modellbasierten Entwicklung wird  
mithilfe eines interdisziplinären System-  
modells des mechatronischen Systems ein  
digitaler Zwilling der Maschine oder  
Anlage erzeugt. Das ermöglicht die gleich-  
zeitige Entwicklung ihrer mechanischen,  
elektrischen und softwaretechnischen  
Aspekte. Besonders für große und kom-  
plexe Konstruktionen ist dieser Ansatz eine  
vielversprechende Methodik zur



*Studierende am Institute of Mechatronic Design and Production der JKU entwickelten und bauten einen Mechatronic Design Demonstrator (MecDes). Sie schlossen damit die Wissenslücke über die modellbasierte mechatronische Entwicklung zwischen theoretischer Wissenschaft und anwendungsorientierter Lehre.*

## Ergebnisse

Modellbasiertes Mechatronic Design (MBMD)

Demonstrator gebaut

Methoden und Prozeduren für die industrielle Implementierung des MBMD entwickelt

Test- und Inbetriebnahmeumgebung geschaffen mit der Möglichkeit, flexibel zwischen virtueller und realer Welt zu wechseln

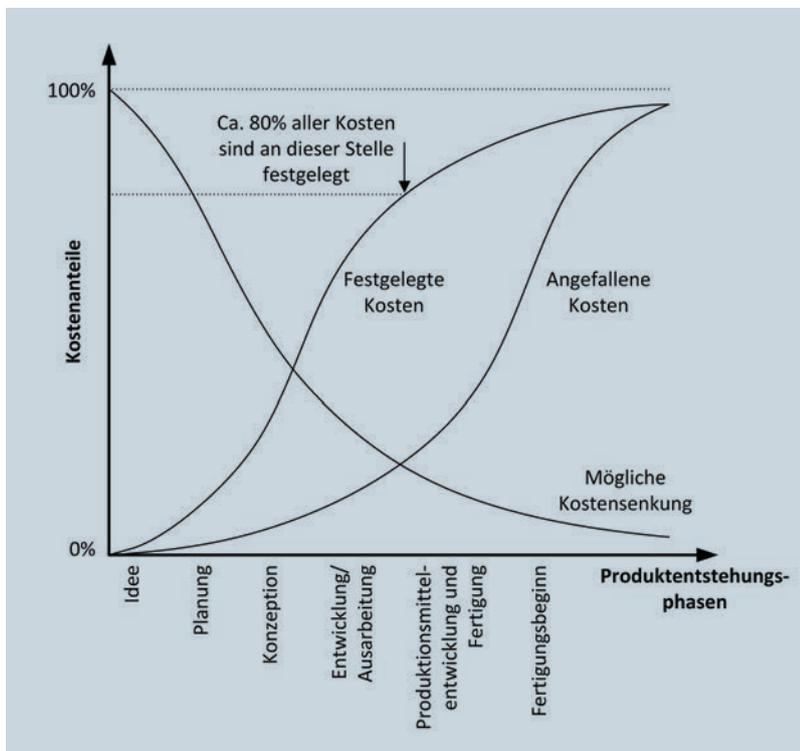
Bewältigung von Herausforderungen in der Produktentwicklung wie Komplexität, Qualität, Zeit und Kosten. Ohne teure Prototypen zu bauen und eventuell zu zerstören können Entwickler nach jedem Entwicklungsschritt anhand des digitalen Zwillings die Erfüllung der Anforderungen überprüfen. Das verhindert, dass suboptimale Lösungsansätze zu lange verfolgt werden und stellt sicher, dass die Anforderungen in kurzer Zeit erfüllt werden können.

Nutzen lässt sich der digitale Zwilling einer Maschine oder Anlage ebenfalls für das Überprüfen und Optimieren der Software während der virtuellen Inbetriebnahme. Die Überprüfung verbessert wesentlich die Softwarequalität zum Installationszeitpunkt. Das reduziert substantiell die vor Ort benötigte Zeit für die Programmierung der echten Anlage während der Inbetriebnahme in der unwirt-

lichen Umgebung einer Fabrikhalle.

Traditionell am Ende eines Entwicklungszyklus umgesetzt, können erforderliche Softwareanpassungen sehr zeitraubend, stressig und teuer sein. Das modellbasierte Mechatronic-Design (MBMD) kombiniert die virtuelle Inbetriebnahme mit modellbasierter Entwicklung. So erfolgt über sämtliche Entwicklungsphasen hinweg anhand des digitalen Zwillings eine permanente Inbetriebnahme. Die engere Integration aller beteiligten Disziplinen verbessert die bestehenden Entwicklungsprozesse. Diese Methodik unterstützt und ermöglicht die Entwicklung von Produkten mit hervorragender Qualität, die zuverlässig innerhalb kurzer Zeit ihre Anforderungen erfüllen.

„Die modellbasierte mechatronische Entwicklung ist zwar als Forschungsgebiet im akademischen Umfeld etabliert, ihre vielversprechenden theoretischen Ansätze werden jedoch noch nicht auf breiter Basis umgesetzt, speziell in der Konzeptionsphase“, sagt Lukas Weingartner, Forschungsassistent am Institute of Mechatronic Design and Production (IMDP) der Johannes Kepler University (JKU) in Linz. „Es ist deshalb schwierig, greifbare Beispiele für die Lehre zu finden.“ Besonders nützlich wären diese für Ingenieursstudien, deren Absolventen später in der Industrie in Schlüsselpositionen arbeiten und die Zukunft gestalten werden.



Modellbasierte Entwicklung mit permanenter virtueller Inbetriebnahme hilft, Fehler in einem frühen Stadium der Produktentwicklung zu erkennen und zu beseitigen, während der die Kosten noch niedrig sind.

„Sag' es mir, und ich werde vergessen. Zeig' es mir und ich werde mich erinnern. Lass es mich tun und ich werde verstehen.“ Dieser Leitspruch wird Konfuzius zugeschrieben und an der JKU gelebt. „In rein theoretischem Unterricht ist eine erfolgreiche Weitergabe von Wissen über die modellbasierte mechatronische Entwicklung an Studierende und an Ingenieure in Unternehmen kaum zu erreichen“, sagt Dr. Peter Hehenberger, früherer stellvertretender Leiter des IMDP an der JKU und Initiator des MecDes-Projekts. „Um die Wissenslücke zwischen theoretischer Wissenschaft und anwendungsorientierter Lehre zu schließen, entwickelten wir mithilfe von Siemens-Produkten einen Mechatronic Design Demonstrator (MecDes), der Studierenden die Umsetzung des Gelernten in der Praxis ermöglicht.“

#### **Modellierung und Simulation: Eine zentrale Aufgabe**

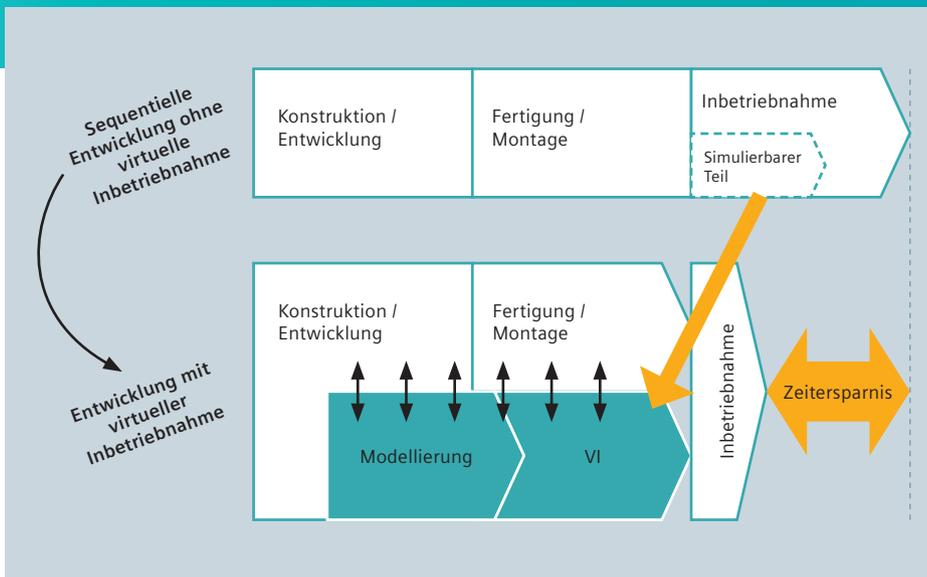
Eine zentrale Aufgabe bei der Erstellung einer sämtlichen Entwicklungsphasen nahtlos abdeckenden modellbasierten Entwicklungsumgebung ist das Erkennen, Schaffen und formal implementieren sämtlicher bewusst oder unbewusst in der Produktentwicklung verwendeten Modelle. Dazu gehören geometrische und kinematische Modelle ebenso wie die mathematische Beschreibung wichtiger Systemeigenschaften wie das dynamische Verhalten von Maschinen und Anlagen, Aktuator- und Sensormodelle, ein Kommunikationsmodell für die Signalverarbeitung sowie Modelle von Logik und Steuerungsintelligenz, eine Mensch-Maschine-Schnittstelle und eine physikalische Entsprechung des gesamten Produkts oder seiner kritischen Teile.

Das Aktuator- und Sensormodell ist die zentrale Schnittstelle zwischen dem CAD-Modell und der SPS. Mittels eines Blockorientierten Simulationstools definierten die JKU-Mitarbeiter mathematisch die Interaktion zwischen Sensor- und Aktorsignalen und mechanischen Bewegungen. Die Kommunikation findet im MecDes per Ethernet und PROFINET statt.

#### **Modellbasiert arbeiten mit dem Mechatronics Concept Designer**

Mit einem modellbasierten mechatronischen Entwicklungsansatz schufen die Wissenschaftler unter Verwendung von Product Lifecycle Management (PLM) Software von Siemens den digitalen Zwilling eines pneumatischen Bearbeitungszentrums mit automatisiertem internem Materialtransport. Dabei erfolgten Entwicklungsarbeiten in den Disziplinen Mechanik, Elektrotechnik und Software gleichzeitig. Für die modellbasierte Entwicklung der Geometrie- und Kinematikmodelle auf Maschinenebene nutzten sie die Software Mechatronics Concept Designer™ (MCD) als Teil des CAD-Softwareportfolios NX™ von Siemens.

„Der Mechatronics Concept Designer unterstützt unseren modellbasierten mechatronischen Ansatz und hilft uns, üblicherweise sequentiell ablaufende Entwicklungsphasen zu synchronisieren oder zu überlappen“, sagt Martin Ahrens, während der Entwicklung des MecDes Forschungsassistent am IMDP. „Ein Systementwickler kann mit dem MCD grobe Blöcke generieren und mit Variablen als Repräsentation der Anforderungsdefinition anreichern.“



Die virtuelle Inbetriebnahme spart Zeit in den letzten Implementierungsphasen. Sie verbessert bestehende Entwicklungs- und Produktionszyklen.

Ist zum Beispiel ein Objekt mit bestimmter Größe und Masse innerhalb einer bestimmten Zeit von A nach B zu transportieren, ist es nicht erforderlich, bereits zu diesem frühen Zeitpunkt die später verwendete Antriebstechnik zu definieren. Anhand dieses Modells und der von diesem generierten Daten können Elektro- und Softwareingenieure bereits vor dessen mechanischer Ausdetaillierung für das Dimensionieren ihrer Komponenten, für die Schaltplanerstellung und für das Programmieren grundlegender Softwareroutinen nutzen.

Dieser Ansatz ermöglicht Entwicklern der verschiedenen Disziplinen, ab der Festlegung der wesentlichsten Anforderungen gleichzeitig und gemeinschaftlich zu arbeiten. Das hilft ihnen, schneller und mit höherer Qualität zu entwickeln, verkürzt die Time-to-Market und ermöglicht durch laufende Konzeptüberprüfungen bessere Entscheidungen. „Das gemeinsame Systemmodell dient auch zur Kommunikation zwischen den Entwicklungsdisziplinen“, sagt Professor Dr. Klaus Zeman, Leiter des IMDP an der JKU.

„In rein theoretischem Unterricht ist eine erfolgreiche Weitergabe von Wissen über die modellbasierte mechatronische Entwicklung ... kaum zu erreichen. Um die Wissenslücke zwischen theoretischer Wissenschaft und anwendungsorientierter Lehre zu schließen, entwickelten wir mithilfe von Siemens-Produkten einen Mechatronic Design Demonstrator (MecDes), der Studierenden die Umsetzung des Gelernten in der Praxis ermöglicht.“

Dr. Peter Hehenberger  
Ehemaliger Stellvertretender  
Leiter Institute of Mechatronic  
Design and Production  
Johannes Kepler Universität  
Linz

**„Das gemeinsame Systemmodell dient auch zur Kommunikation zwischen den Entwicklungsdisziplinen“**

Professor Dr. Klaus Zeman  
Leiter Institute of Mechatronic Design and Production  
Johannes Kepler Universität Linz

„Der Mechatronics Concept Designer unterstützt unseren modellbasierten mechatronischen Ansatz und hilft uns, üblicherweise sequentiell ablaufende Entwicklungsphasen zu synchronisieren oder zu überlappen. Ein Systementwickler kann mit dem MCD grobe Blöcke generieren und mit Variablen als Repräsentation der Anforderungsdefinition anreichern.“

Martin Ahrens  
Ehemaliger Forschungsassistent am Institute of Mechatronic Design and Production  
Johannes Kepler Universität Linz

### Parallele Entwicklung und Überprüfung

In jeder Entwicklungsphase der Maschine oder Anlage kann parallel zur Mechanik- und Elektrokonstruktion Steuerungscode für die SPS geschrieben und kompiliert werden. Soweit die Anforderungen festgelegt und in Funktionen übersetzt wurden, gilt das auch für Bedienung und Anzeige zur Implementierung auf einem Touchscreen.

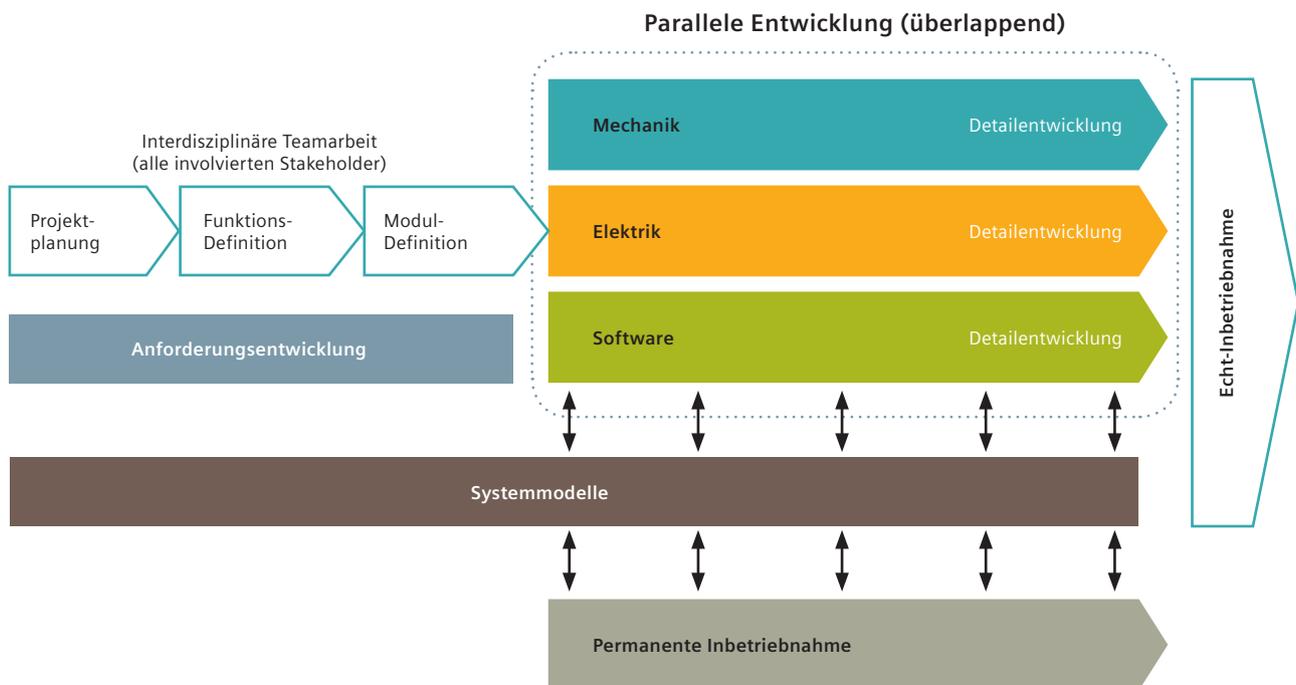
Oberhalb der Maschinenebene nutzen die JKU-Wissenschaftler die Lösung Process Simulate aus dem Tecnomatix®-Portfolio von Siemens für die Offline-Roboterprogrammierung und die schnelle Simulation der gesamten Produktionszelle. Um dem MecDes ausreichend Leistungsfähigkeit und Flexibilität für die Simulation ganzer Fabriken mit zahlreichen Zellen zu verleihen, führten sie eine weitere Abstraktionsebene ein. Dazu verwendeten sie Plant Simulation, ebenso Teil des Tecnomatix-Portfolios. „Die Ideen

hinter Industrie 4.0 können nur von Wert sein, wenn die zur adaptiven Gestaltung der Produktion verwendeten Methoden frei skalierbar sind“, sagt Weingartner.

„Mit Produkten von Siemens PLM Software für die Maschinen-, Zellen- und Fabrikebene konnten wir SPS-Software zur Steuerung von Simulationsmodellen mit voller Skalierbarkeit programmieren.“ Dazu nutzten die Wissenschaftler das Totally Integrated Automation (TIA) Portal, die umfassende Entwicklungsumgebung für die Entwicklung von SIMATIC-Steuerungssoftware.

### Reale und virtuelle Welt vereint

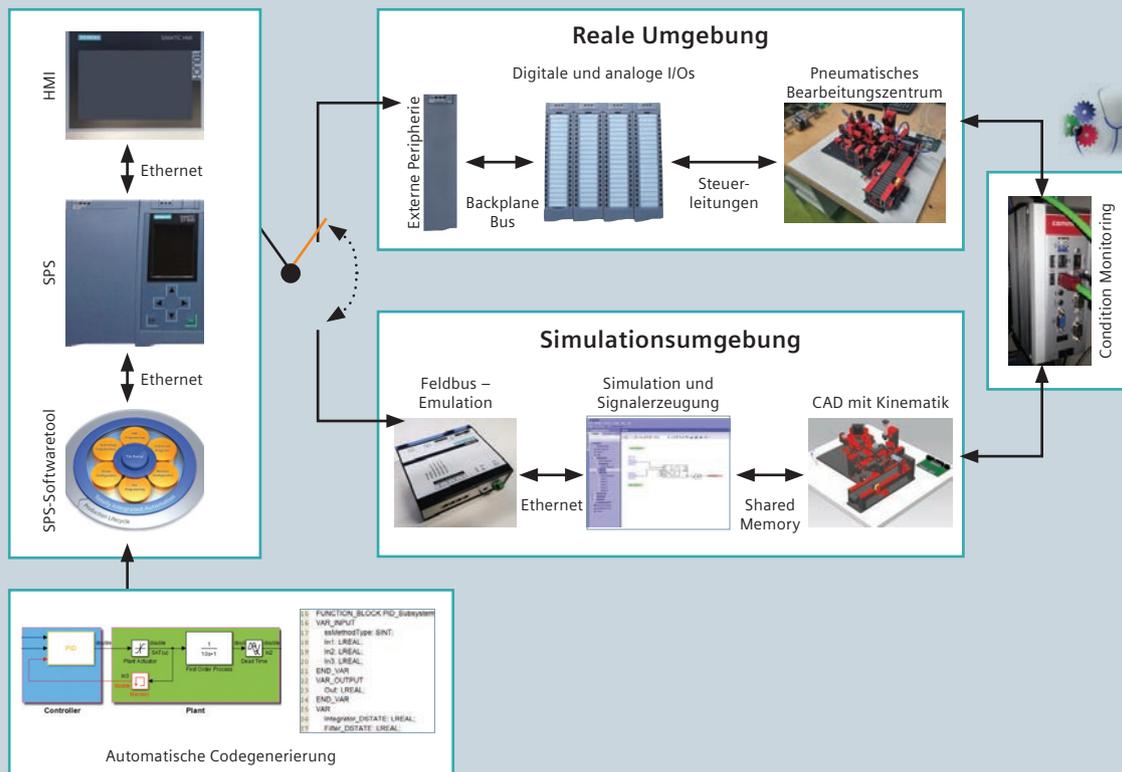
Der Mechatronics Concept Designer unterstützt die Simulation von Echtzeit-Kinematikverhalten. Um während der permanenten virtuellen Inbetriebnahme das Zeitverhalten der SPS und der Feldbuskomponenten einzubeziehen, werden die kompilierten Programme von einer echten SPS abgearbeitet. In einer SIMBA



Der Mechatronics Concept Designer ermöglicht paralleles Entwickeln mit permanenter virtueller Inbetriebnahme bereits ab sehr frühen Entwicklungsstadien. Das sorgt für eine wesentliche Reduktion der Time-to-Market und für das Erreichen der Entwicklungs- und Qualitätsziele.

## Anforderungs-PLM

## Anlagenprozesssimulation



Der MecDes ermöglicht Studierenden, abwechselnd oder simultan virtuelle und physikalische Modelle zu nutzen.

Feldbus-Simulationsbox werden die errechneten Signale der Feldbuskomponenten einschließlich ihres Zeitverhaltens im virtuellen Modell emuliert.

Unter Verwendung von Bausteinen eines handelsüblichen Übungsbaukastens baute das Team ein vorbildgerechtes physikalisches Modell mit Kompressor, Pneumatik, Elektromotoren und anderen Aktuatoren, Tastern, Lichtschranken, einer Bohrstation, Förderbändern sowie weiteren Komponenten. Die Steuerungssoftware im MecDes kann wahlweise das

Computermodell oder den physikalischen Prototyp antreiben. Ein Schalter für das Wechseln des Arbeitsmodus ermöglicht Softwareentwicklern schnelle Optimierungen. Gesteuert von derselben SPS, können das Softwaremodell und die echte Anlage parallel laufen, sodass Abweichungen vom geplanten Verhalten erkennbar werden.

## Lösungen/ Dienstleistungen

Mechatronik Concept  
Designer  
[www.siemens.com/nx](http://www.siemens.com/nx)

Tecnomatix  
[www.siemens.com/tecomatix](http://www.siemens.com/tecomatix)

## Hauptgeschäft des Kunden

Die 1966 gegründete Johannes Kepler Universität (JKU) Linz bietet mit 60 Studienrichtungen eine fächerübergreifende und praxisorientierte Ausbildung in Abstimmung mit aktuellen Anforderungen aus Wirtschaft und Gesellschaft. Mit einem bereits 1990 gegründeten vollakademischen Mechatronik-Studiengang ist die JKU ein Pionier auf dem Gebiet der Mechatronik. Die Universität genießt in der Grundlagenforschung wie in der anwendungsorientierten Forschung internationales Renommee.  
[www.jku.at/imdp](http://www.jku.at/imdp)

## Standort

Linz  
Österreich

Als kompakte tragbare Einheit gebaut, lässt sich der MecDes bei Bedarf einfach für Unterrichtszwecke nutzen. Er gibt Mechatronik studierenden und Entwicklern einen tiefen Einblick in mechatronische Entwicklungsmethoden und ein besseres Verständnis von deren Relevanz sowie verbesserte Möglichkeiten, schnell und fehlerfrei zum Entwicklungserfolg zu kommen. Das fördert nicht nur die Identifikation mit der Aufgabe, sondern zeigt auch, dass eine gesamte Entwicklung mehr ist als die Summe ihrer Teile.

*„Mit Produkten von Siemens PLM Software für die Maschinen-, Zellen- und Fabrikebene konnten wir SPS-Software zur Steuerung von Simulationsmodellen mit voller Skalierbarkeit programmieren.“*

Lukas Weingartner  
Forschungsassistent am Institute of Mechatronic Design and Production  
Johannes Kepler Universität Linz

## Siemens PLM Software

Deutschland +49 221 20802-0  
Österreich +43 732 37755-0  
Schweiz +41 44 75572-72

[www.siemens.com/plm](http://www.siemens.com/plm)

© 2017 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. Siemens, the Siemens logo and SIMATIC IT are registered trademarks of Siemens AG. Camstar, D-Cubed, Femap, Fibersim, Geolus, I-deas, JT, NX, Omneo, Parasolid, Solid Edge, Syncrofit, Teamcenter and Tecnomatix are trademarks or registered trademarks of Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. or its subsidiaries in the United States and in other countries. All other trademarks, registered trademarks or service marks belong to their respective holders.

66571-A7 9/17 o2e