



Universität Stuttgart

forschung leben

Oktober
2022

Konnektivität



Software defined

Vernetzung von Produktion
und Mobilität

Kleinsatelliten

Shooting-Stars der
Raumfahrt

Mensch und Roboter

Neue Zusammenarbeit
auf Baustellen

EDITORIAL S. 3**NOTIZBLOCK** S. 6, S. 68**VISIONÄRIN**

Immer am Limit Prof. Sabine Klinkner treibt die Entwicklung von Kleinsatelliten voran. S. 14

NEULAND

Mehr Energie, weniger Gewicht Zwei Institute arbeiten an Perowskit-Solarzellen für den Weltraumeinsatz. S. 18

SCHNITTSTELLE

Wenn Menschen und Roboter zusammenarbeiten Ein interdisziplinäres Team untersucht, wie das neue Miteinander auf automatisierten Baustellen funktioniert. S. 20

STANDPUNKT

„Vertrauen entsteht durch Verlässlichkeit“ Interview mit Prof. Thomas Kropf, Leiter der Bosch Forschung S. 24

FORSCHUNG ERLEBEN

Wenn die Software regiert Zwei Großprojekte befassen sich mit der Vernetzung von Produktion und Fahrzeugen. S. 28

Vorausschauender Service Ein datenbasierter Produktservice unterstützt kleine und mittlere Unternehmen. S. 36

Schneller ohne Regeln Künstliche Intelligenz soll die Abläufe in Lagerhallen beschleunigen. S. 38

Positionsbestimmung in Fabrikhallen Ein neues Verfahren ermittelt in Gebäuden genaue Positionen ohne GPS. S. 40

KI für alle Die neue Akademie AISA will die Schlüsselkompetenz Künstliche Intelligenz fächerübergreifend stärken. S. 42

Auf dem Weg zur smarten IT Neue Konzepte sollen die Zusammenarbeit von IT-Systemen verbessern. S. 46

Mit KI Software-Fehlern auf der Spur Neuronale Netze helfen, auch seltene Fehler in Programmen zu finden. S. 48

Höchstleistung mit weniger Energie Mehrere Projekte wollen dazu beitragen, die Energieeffizienz von Rechenzentren zu verbessern. S. 50

ZAHLENWERK

Konnektivität in Zahlen Die Vernetzung in der digitalen Welt verändert die Gesellschaft und wirft nicht nur technologische Fragen auf. S. 54

FORSCHUNG ERLEBEN

Gamechanger in der Energiekrise? Die Universität Stuttgart beteiligt sich am Wasserstoff-Leitprojekt H₂Mare. S. 56

Nur flexibel stabil Ein Kopernikus-Projekt widmet sich der zentralen Frage, wie die Industrie die Stromnachfrage an das Stromangebot anpassen kann. S. 60

Plug & Fly Forschende wollen Fluggeräten die Selbstkonfiguration beibringen. S. 64

Brücke aus Hightech und Flachs Eine alte Kulturpflanze und moderne Digitaltechnik finden beim Brückenbau zusammen. S. 66

Neue Perspektiven Die CoLEDWall soll mithilfe visueller Darstellungstechnologie die Arbeit erleichtern. S. 70

Wohnen neben der Fabrik Das Städtebau-Institut erforscht, wie Gewerbegebiete aufgewertet werden können. S. 72

TRANSFER

Eine gemeinsame Sprache für vernetzte Geräte Das Start-up ThingOS bringt Geräte und Systeme ins Gespräch. S. 74

NETZWERK

„Wir bekommen europäische Sichtbarkeit“ Die Universität Stuttgart gehört dem europäischen Netzwerk ELLIS an. S. 76

SATELLIT

Begeistert von der Stuttgarter S-Bahn Die Bauingenieurin Cansu Köse entdeckte im Studium ihre Faszination für Sicherheitstechnik. S. 80

WELTSICHT

Gemeinsame Leidenschaft für intelligente Gebäude Ilche Georgievski und sein Doktorvater Marco Aiello wollen Gebäude smart und nachhaltig machen. S. 82

IMPRESSUM S. 85

s. 20

**SCHNITTSTELLE**

Wenn Menschen und Roboter zusammenarbeiten

Fotos: IntCDC/Christoph Zechmeister, Sven Cichowicz
Titel: 2021 Frame Stock Footage/Shutterstock



English version to be published probably in October 2022 (pdf file)
<https://www.uni-stuttgart.de/en/research/forschung-leben/>

**VISIONÄRIN**

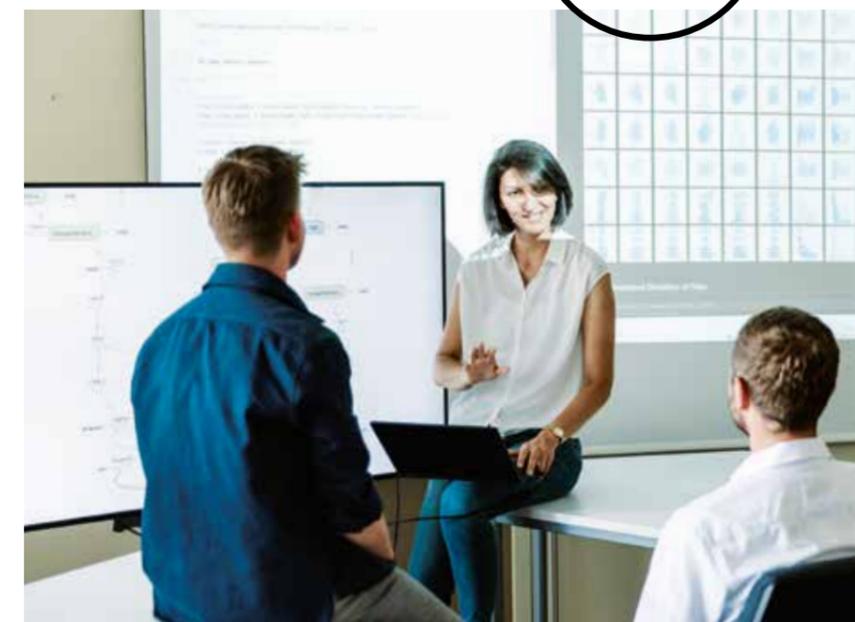
Immer am Limit

s. 14

FORSCHUNG ERLEBEN

Wenn die Software regiert

s. 28



Wenn die Software regiert



Forschungsobjekt Auto: In Stuttgart arbeiten Wissenschaftler*innen daran, die Autoproduktion durch Softwarelösungen nachhaltig zu verändern.

TEXT: Andrea Mayer-Grenu
FOTOS: Sven Cichowicz

Zwei Großprojekte an der Universität Stuttgart treiben die Vernetzung von Produktion und Fahrzeugen voran.

Ob Autos, Fabrikhallen, Netzwerke oder ganze Cybersysteme: Der Begriff „Software-defined“ ist heute in aller Munde. Was genau damit gemeint ist, wird vielfältig definiert, und die Debatte darüber hat fast schon philosophische Dimensionen. „Per Software einstellbar“, skizziert Prof. Alexander Verl die Grundidee. „Künftige Fabriken müssen flexibler werden, damit die Firmen schnell auf neue Produkte, wechselnde Produktionsmengen und Unsicherheiten im Zuliefernetzwerk reagieren können“, so der Leiter des Instituts für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen (ISW) der Universität Stuttgart. „Diese Anpassungen sollen künftig weitgehend über die Software erfolgen, sodass die Hardware – der Maschinenpark – nicht oder kaum verändert werden muss.“

„Meine Vorstellungen gehen noch viel weiter“, wirft Prof. Michael Weyrich, Leiter des Instituts für Automatisierungstechnik und Softwaresysteme (IAS), ein. „Wir wollen nicht nur mit Software Systeme einstellen, sondern völlig neue Systeme schaffen, die untereinander vernetzt sind. Mithilfe von Software entsteht eine Parallelwelt zur mechanischen Welt, eine Informationswelt, in der man Informationen und Regeln austauschen und gestalten kann. Dabei ergeben sich die Funktionalitäten nicht nur aus den einzelnen Modulen, sondern aus deren Zusammenspiel in einer parallelen Informationswelt. Es entstehen neue ‚smarte Produkte‘, die ganz neue Dinge tun können. Software-defined ist also perspektivisch nicht nur eine Verbesserung bestehender Systeme, sondern tatsächlich eine Chance, neuartige Systemfähigkeiten zu erzeugen.“

Beide Sichtweisen schlagen sich in zwei Großprojekten an der Universität Stuttgart nieder, die unter der Federführung von BOSCH gemeinsam mit dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und zahlreichen weiteren Partnern aus Wissenschaft und Wirtschaft durchgeführt werden: dem Projekt „Software-defined Manufacturing für die Fahrzeug- und Zulieferindustrie“ (SDM4FZI, Sprecher Prof. Alexander Verl, ISW) und dem Projekt „Software-defined Car“ (SofDCar, Sprecher Prof. Michael Weyrich, IAS). Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz fördert die Projekte mit Geldern in Millionenhöhe. Beide Projekte knüpfen an das neue Strategiefeld „Software-defined Mobility“ →

→ des Innovationscampus Mobilität der Zukunft (ICM) an der Universität Stuttgart an, dessen Direktorium beide Professoren angehören und in den die beiden Institute mit Förderung durch das Land Baden-Württemberg zahlreiche Wissenschaftler*innen einbringen.

SDM4FZI: KONTINUIERLICH WANDELBARE PRODUKTION

Im Projekt SDM4FZI wollen die Wissenschaftler*innen Lösungen für die Produktionstechnik entwickeln, die es kleineren und mittleren Unternehmen erlauben, sich schnell, flexibel und effizient auf Nachfrageschwankungen, Lieferengpässe und individualisierte Produkte einzustellen. Beteiligt sind seitens der Universität Stuttgart neben dem ISW als Konsortialführer auch das IAS sowie die Institute für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF) sowie für Software Engineering (ISTE).

Der Impuls zu SDM4FZI kam aus Diskussionen zwischen dem ISW und BOSCH, wie man es schaffen kann, dass Fabriken zukünftig nicht mehr so starr sind. „An dem Flexibilisierungsthema arbeiten sowohl die Firmen als auch wir am Institut schon lange, die Methode des Software-defined Manufacturing wurde vom ISW und BOSCH gemeinsam entwickelt“, sagt Alexander Verl. Die Kernidee besteht darin, dass moderne Methoden der Informations- und Kommunikationstechnik Einzug halten in die Operational Technology (OT), also in die Betriebstechnologie, die industrielle Anlagen und Prozesse steuert und überwacht. Ziel ist eine Fabrik, die sich weitgehend selbst organisiert und adaptiert. Bisher schöpfen aber gerade in der Zuliefererindustrie nur wenige Firmen die digitalen Möglichkeiten aus. „Mit dem Projekt wollen wir nun einen Überbau schaffen, der diese Firmen im Umgang mit den Methoden der Virtualisierung, der Standardisierung, mit Digitalen Zwillingen und Datenmodellen voranbringt“, sagt Verl.

Der Schlüssel dazu liegt in einer radikalen Entkoppelung von Software und Hardware, erläutert Projektkoordinator Michael Neubauer: „Man kann sich das wie bei einem Smartphone vorstellen, da kauft man ja auch zunächst die Hardware mit einem Betriebssystem. Die Applikationen spielt man im Nachgang auf, wenn man sie braucht, sodass aus dem Handy wahlweise ein MP3-Player, ein Taschenrechner oder ein Gameboy wird. So ähnlich wollen wir das in der Produktionstechnik künftig auch haben.“ Dem steht bisher jedoch im Wege, dass in der Produktion wie auch über die verschiedenen Stufen der Lieferkette hinweg sehr unterschiedliche Systemarchitekturen zum Einsatz kommen. Es sind historisch gewachsene Einzellösungen, die nicht dieselbe Sprache sprechen und untereinander keine Daten austauschen können.

DURCHGEHENDE INFORMATION ÜBER DIE LIEFERKETTE HINWEG

Eines der Arbeitspakete in SDM4FZI beschäftigt sich daher mit der Entwicklung von Referenzmodellen, die dem dezentralen, aber vernetzten System als Kommunikationsgrundlage dienen. Rebekka Neumann, wissenschaftliche Mitarbeiterin am ISW, erläutert die Notwendigkeit an einem Beispiel: „Wenn eine Komponente in einer Maschine ausgetauscht werden soll, müssen Informationen zur Maschine und zur Komponente vorhanden sein, zu deren Schnittstellen, beispielsweise zu Nennwerten für Stromstärke und Spannung oder zum Ausgangssignal des Sensors. Damit man nicht alle Informationen händisch zusammentragen muss, sollten die Daten direkt in geeigneter Form vorliegen. Eine solche durchgängige Informationskette ist unser Ziel.“

Um dies zu erreichen, werden die drei zentralen Elemente der Produktion, also Produkte, Herstellungsprozesse und Ressourcen (beispielsweise Maschinen), durch Datenmodelle beschrieben, um die Produktion virtuell abzubilden. Das Referenzmodell bildet hierbei eine Metaebene, welche die Relation der Datenmodelle beschreibt. Kennt man diese Relationen, kann man sich von starren Produktionsabläufen lösen und auch während der Produktion Prozessschritte abwandeln oder Maschinen zuschalten, um den Gesamtprozess zu optimieren.

Ein Schlüsselement für die Umsetzung von Software-defined Manufacturing in der Praxis sind die bereits erwähnten Digitalen Zwillinge (siehe Infokasten). „Sie beschreiben die Produktion mittels Daten, Informationen und Verhaltensmodellen, die über den gesamten Maschinen- bzw. Produktlebenszyklus entstehen“, erklärt Verl. „Nimmt man eine Anlage am Digitalen Zwilling in Betrieb, erlaubt dies einen effizienteren Prozess, geringere Ausfallzeiten und eine bessere Produktqualität.“ →



Foto: Bosch

Digitaler
Zwilling eines
Schweißroboters

DIGITALER ZWILLING

Ein Digitaler Zwilling (engl. Digital Twin) ist die virtuelle Nachbildung eines Objektes aus der realen Welt. Diese erlaubt einen übergreifenden Datenaustausch und ermöglicht es, komplexe Produkte und Prozesse digital zu entwickeln, zu testen und zu optimieren, bevor sie tatsächlich hergestellt und später betrieben werden. Digitale Zwillinge bestehen aus Modellen des repräsentierten Objekts oder Prozesses und können daneben Simulationen, Algorithmen und Services enthalten, die Eigenschaften oder Verhalten des repräsentierten Objekts oder Prozesses beschreiben, beeinflussen oder Dienste darüber anbieten. Im Bereich Industrie 4.0 und im Internet der Dinge sind Digitale Zwillinge nicht mehr wegzudenken. Künftig könnten sie auch unseren Alltag begleiten, nicht nur in der Produktion und bei Fahrzeugen, sondern zum Beispiel auch in der Medizin oder beim „smarten“ Wohnen.

Prof. Alexander Verl

„Nimmt man eine Anlage am Digitalen Zwilling in Betrieb, erlaubt dies einen effizienteren Prozess, geringere Ausfallzeiten und eine bessere Produktqualität.“



Mit "Software- und Engineeringmethoden" befasst sich die Wissenschaftliche Mitarbeiterin Rebekka Neumann.

Prof. Verl und sein Team arbeiten im Projekt SDM4FZI daran, wie Firmen durch neue Wege in der Produktionstechnik flexibler und effizienter agieren können.





Prof. Weyrich und sein Team wollen im Projekt SofDCar die Vernetzung von Fahrzeugen auf eine neue Ebene heben.



Teamwork für neue Wege in der Autoproduktion: Golsa Ghasemi vom Institut für Automatisierungstechnik und Softwaresysteme mit Mitarbeitern

Mit dem Laptop die Autoindustrie revolutionieren: Eine neue Softwarearchitektur soll in Zukunft auch die Grundlage für das Autonome Fahren schaffen.



→ Wie das Zusammenspiel von virtueller und realer Welt tatsächlich funktioniert, wollen die Partner in SDM4FZI in der „Stuttgarter Maschinenfabrik“ demonstrieren, einer Softwaredefinierten Fabrik in der Maschinenhalle des ISW, in der die Produktionstechnik eines produzierenden Unternehmens mit industriellen Maschinen und Anlagen sowie Logistiksystemen nachgestellt wird. Komplexe Produkte mit einer Vielzahl an unterschiedlich ausgeprägten Features werden in der Fabrik mit verschiedenen Fertigungsverfahren autonom hergestellt. „Dabei ist es möglich, die Produkte zunächst in der virtuellen Welt zu fertigen, um bereits dort das Zusammenspiel der Ressourcen zu planen und sich ggf. für Plan B oder C zu entscheiden“, erklärt Michael Neubauer. „Auch die Fertigungsqualität, Herstellkosten und Durchlaufzeiten werden auf diese Weise vorhersagbar und können zu Strategieanpassungen führen, bevor ein Plan in der Realität mit realen Kosten umgesetzt wird.“

SOFD CAR: JEDES FAHRZEUG ALS TEIL EINES GROSSEN NETZWERKS

In das Projekt Software-defined Car (SofDCar) bringen sich seitens der Universität Stuttgart unter der Leitung von Prof. Michael Weyrich vom IAS acht Arbeitsgruppen aus drei Fachbereichen ein, zudem ist das Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren Stuttgart beteiligt. SofDCar hat ebenfalls die Autoindustrie im Blick, die Stoßrichtung ist jedoch eine andere, erklärt Weyrich: „Die Unternehmens- und Produktlandschaft, die wir vernetzen wollen, ist auf der einen Seite von wenigen großen Herstellern und Zulieferern geprägt, die Systeme sehr maßgeblich beeinflussen können. Auf der

Produktseite wiederum stehen viele Millionen Fahrzeuge in aller Welt, die unter völlig unterschiedlichen technischen, rechtlichen und ethischen Rahmenbedingungen auf der Straße sind.“

In SofDCar konzentrieren sich die Forschenden auf Elektro- und Elektronik- sowie Softwarearchitekturen in völlig neuartiger Weise, indem die Software der führende Teil des Systems wird. Dabei sind zwei Ebenen zu unterscheiden. Zunächst geht es darum, in bestehenden Fahrzeugen den bisherigen Wildwuchs aus über 100 Steuergeräten und Funktionen beherrschbar zu machen. „Das große Bild jedoch ist ein anderes“, betont Weyrich: „Wir betrachten jedes Fahrzeug als Teil einer vernetzten Fahrzeug- und Systemumgebung, das ist das Novum.“ Projektkoordinator Matthias Weiß ergänzt: „Zudem geht es uns darum, die digitale Nachhaltigkeit bestehender und künftiger Fahrzeuggenerationen sowie eine effektive Datennutzung und innovative Anwendungsfälle über den gesamten Lebenszyklus des Fahrzeugs hinweg zu ermöglichen.“

Zwischen allen Elementen der vernetzten Fahrzeuge findet ein kontinuierlicher Informationsaustausch statt – im Fahrzeug selbst, zwischen den Fahrzeugen und zwischen Fahrzeug und Infrastruktur wie etwa einer Ampel oder einem Parkhaus. Die große Frage ist nun, wie man diese Verbindungen mit einer Softwarearchitektur realisieren kann. Hierbei kommt auch bei SofDCar der Digitale Zwilling ins Spiel: Dieser kann den Informationsraum einer gesamten Flotte abbilden und vor allem den sogenannten „Data Loop“ bewerkstelligen, eine Verbindung zwischen den Fahrzeugen im Feld und den Herstellern. Diese Rückkopplung erfolgt bisher noch statisch. Künftig sollen die Messungen dynamisch anpassbar und kontinuierlich über die gesamte Fahrzeugflotte hinweg erfolgen. „Diese Informationen lassen sich über den gesamten Lebenszyklus eines Fahrzeugs hinweg für die Entwicklung nutzen, um die Algorithmen und damit die Fahrzeuge selbst permanent zu verbessern“, so Weiß.

Darüber hinaus führt der Informationsaustausch zu völlig neuen Fahrzeugfunktionen. So kann das Fahrzeug zum Beispiel Warnungen über Verkehrshindernisse im unmittelbaren Umfeld erhalten – und zwar nicht als zeitverzögerte Meldung im Radio, sondern live von einem anderen Fahrzeug, das gerade dort unterwegs ist. Mikrofunktionen dieser Art gibt es bereits, doch die große Vision ist das komplett autonome Fahren. →

PROF. MICHAEL WEYRICH

„Wir betrachten jedes Fahrzeug als Teil einer vernetzten Fahrzeug- und Systemumgebung, das ist das Novum.“

Risikospezialist:
Jun.Prof. Morozov
 sucht nach Fehlern
 in der Software,
 um Risiken zu
 analysieren und
 zu verringern.

DR. ANDREY MOROZOV

„Wir fühlen
 den Daten auf
 den Puls, um
 zu erkennen,
 ob alles okay
 ist.“



→ „Bis dahin wird es zwar noch eine Weile dauern, aber wir legen die Grundsteine dazu“, ist Weyrich überzeugt.

Die Herausforderungen sind allerdings groß, schon aufgrund der schieren Menge der zu vernetzenden Elemente. Noch gravierender – und dies gilt für beide Projekte – sind die Sicherheitsfragen, die mit dem Konzept „Software-defined“ einhergehen. „Das beginnt schon beim schlichten Datenklau, also der Gefahr, dass Software gestohlen oder kopiert wird und zum Schaden des Eigentümers umprogrammiert werden kann“, erläutert Alexander Verl. Noch brisanter sind die Sicherheitsfragen beim autonomen Fahren, wo ein Fehler in der Software schnell Menschenleben kosten kann. „Prozesse und Infrastruktur zur Freigabe und Verteilung der notwendigen Software und Information müssen daher entsprechend abgesichert sein“, ergänzt Weyrich.

FEHLERSUCHE ALS ESSENZIELLE HERAUSFORDERUNG

Dazu freilich muss man die Fehler erst einmal finden. Das ist die Domäne von Dr. Andrey Morozov. Der Juniorprofessor am IAS arbeitet gleich in beiden Projekten mit. In SofDCar ist er auf die Erkennung von Anomalien spezialisiert. „Wir fühlen den Daten auf den Puls, um zu erkennen, ob alles okay ist“, bringt er seine Arbeit auf den Punkt. Wobei es bei komplexen cyberphysischen Systemen schwer zu erkennen ist, wo die Störung tatsächlich sitzt.

Daher setze man bei der Fehlersuche auf unterschiedlichen Ebenen an, erläutert Morozov. Fehler auf der Komponentenebene machen sich beispielsweise durch Störungen der Sensoren, Steuerungen oder Netzwerke bemerkbar. Auf der Ebene der Fahrzeuge lassen sich komplexere Fehler detektieren, die sich aus dem Zusammenspiel der Komponenten ergeben, zum Beispiel, wenn es beschleunigt, aber die Geschwindigkeit laut Sensor sinkt. Auch kann ein ungewöhnliches Verhalten des Fahrers oder der Fahrerin Hinweise geben, ob etwas nicht in Ordnung ist. Auf der Ebene der Fahrzeugflotte schließlich geht es um Anomalien im Verkehr. „Die größte Herausforderung ist dabei, in der unendlich großen Datenmenge zu erkennen, →

→ welche Indikatoren gerade relevant sind“, sagt Morozov. „Es ist wichtig, dass wir unsere Aufmerksamkeit je nach Kontext dynamisch steuern. Wenn zum Beispiel ein Elektroauto in der Garage aufgeladen wird, sollten wir unser Augenmerk auf den Batteriecontroller richten, bei einer Stadtfahrt zur Rushhour dagegen mehr auf unsere Umgebung.“

Um der Vielzahl an Anomalien im Gesamtsystem autonom auf die Spur zu kommen, setzen Morozov und sein Team auf Künstliche Intelligenz und Deep Learning. Bereits 2020 entwickelten die Forschenden eine „KrakenBox“, ein Gerät, das mithilfe eines neuronalen Netzes so trainiert werden kann, dass es Fehler in industriellen cyberphysischen Systemen selbstständig und ohne menschliches Zutun erkennt. Neuronale Netze seien für diese Fragestellungen besonders gut geeignet, betont Morozov: „Sie können sich gut erinnern, wie sich ein Signal in der Vergangenheit entwickelt hat, und dessen künftige Entwicklung vorhersagen. Durch den Abgleich dieser Prognose mit der Realität lässt sich dann abschätzen, ob demnächst etwas falsch laufen könnte.“

Während also im Projekt SofDCar die Risikominimierung im Fokus von Morozovs Arbeit steht, zielt sein Beitrag in SDM4FZI auf die Risikoanalyse. Diese wird bisher einmal durchgeführt, bevor das System in Betrieb geht. Beim Software-defined Manufacturing (SDM) kann jedoch jedes Software-Update den Prozess drastisch verändern und neue potenzielle Risikoszenarien schaffen, es entstehen kontinuierlich neue Gefahren. Daher muss auch die Risikoanalyse automatisiert werden, damit sie vor jedem Software-Update durchgeführt werden kann. Hierzu dienen Risikobewertungsmodelle, die beschreiben, wie wahrscheinlich eine Störung ist und welche Schäden sie bewirken kann. Das Problem dabei: „In einem komplexen System schießt die Zahl der möglichen Risikoszenarien exponentiell nach oben“, sagt Morozov.

RECHTLICHE UND ETHISCHE FRAGEN

Neben diesen technischen Hürden gehen Software-definierte Systeme auch mit verzwickten rechtlichen und ethischen Fragen einher. So erlauben die eingebauten Sensorsysteme für das automatisierte und autonome Fahren die Erfassung einer Vielzahl an Informationen über das Fahrzeug, die Insassen sowie das Umfeld, zum Beispiel Videoaufzeichnungen des Außen- und Innenraums, erläutert Weyrich das „delikate Informationsszenario“. Was wünschenswert, noch erlaubt oder verboten ist, wird in den verschiedenen Ländern und Kontinenten sehr unterschiedlich bewertet, teilweise sind die Anforderungen sogar konträr. „Hier besteht ein enormes gesellschaftliches Spannungsfeld, das noch wenig reflektiert wird“, ist sich Weyrich bewusst. Dieses aufzulösen, führt über den Rahmen des eigentlichen Projekts hinaus. Aber der IAS-Leiter betont: „Wir führen dazu intensive Gespräche, zum Beispiel im Rechtsrahmen der Europäischen Kommission sowie in vielen anderen Initiativen. Das sind schwierige Fragen, aber wir stellen uns der Diskussion.“ →



Prof. Weyrich (M.)
 zusammen mit
 Mitarbeiterinnen
 und Mitarbeitern des
 Projekts Software-
 defined Car

KONTAKT

PROF. DR. ALEXANDER VERL
 Mail: alexander.verl@isw.uni-stuttgart.de Telefon: +49 711 685 82422

PROF. DR. MICHAEL WEYRICH
 Mail: michael.weyrich@ias.uni-stuttgart.de Telefon: +49 711 685 67301

Game-changer in der Energiekrise?

TEXT: Claudia Zöller-Fuß

Alternative grüne Energiequellen und damit die Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern und externen Lieferanten sind zentrale Themen in Forschung und Gesellschaft. Einen wesentlichen Beitrag zur angestrebten Energiewende könnte das Projekt H₂Mare leisten, bei dem die Erzeugung von grünem Wasserstoff auf hoher See erforscht wird. Die Universität Stuttgart ist daran mit zwei Instituten beteiligt.

Die Produktion von grünem Wasserstoff und die direkte Weiterverarbeitung zu Power-to-X-Folgeprodukten (PtX) auf hoher See gelten als vielversprechende Zukunftstechnologien – damit befasst sich auch H₂Mare, eines von drei Wasserstoff-Leitprojekten des Bundesministeriums für Bildung und Forschung zur Umsetzung der Nationalen Wasserstoffstrategie. Das Forschungsprojekt PtX-Wind untersucht in diesem Rahmen, wie neuartige Produktionsverfahren für Wasserstoff und dessen Folgeprodukte aussehen können. Die Förderinitiative soll Deutschlands Einstieg in die Wasserstoffwirtschaft entscheidend voranbringen und ist Hoffnungsträger im Kampf gegen den Klimawandel.

Die Arbeit der Stuttgarter Institute setzt an einer der zentralen Herausforderungen des Forschungsprojekts an: Wie kann ein optimales Zusammenspiel aller Anlagenmodule und Akteure auf der geplanten Forschungsplattform gelingen? Für Antworten auf diese Frage bauen die Forschenden unter anderem auf einen Digitalen Zwilling, der die Arbeit im Offshore-Einsatz detailliert abbilden soll.

Konkret arbeiten das Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) und das Institut für Automatisierungstechnik und Softwaresysteme (IAS) der Universität Stuttgart gemeinsam an einer Anwendung, die einen optimalen Betrieb auf den geplanten Offshore-Plattformen sicherstellen soll. Dafür entwickelt das IAS gemeinsam mit Projektpartnern den Digitalen Zwilling, der alle Anlagenmodule im Offshore-Einsatz über den kompletten Lebenszyklus virtuell abbildet.

DIGITALER ZWILLING UNTERSUCHT ANLAGENMODULE

Im Zentrum der Forschungsarbeit stehen die Container der Projektpartner aus Wissenschaft und Industrie, in denen sich die Anlagenmodule der geplanten Offshore-Plattform befinden, von der Meerwasserentsalzungsanlage über den Elektrolyseur bis hin zu den Synthesenanlagen für die PtX-Produkte. Der Digitale Zwilling soll vor und während des realen Offshore-Einsatzes wichtige Anlagenmodule im Sinne eines „Hardware in the Loop“ (HiL)-Ansatzes untersuchen. Getestet werden beispielsweise unterschiedliche Plattformkonfigurationen oder das Zusammenspiel aus dynamischem Betriebsverhalten und der volatilen Energieversorgung aus dem Windpark.

Die Herausforderungen bei der Simulation mithilfe des Digitalen Zwillings beginnen schon bei der Datenerfassung: „Wir erleben oft, dass wir bei den Projektpartnern Parameter der Anlagen abfragen und diese noch nicht vorhanden sind, dadurch muss dann teilweise mit Dummy-Parametern gearbeitet werden, die zu einem späteren Zeitpunkt durch →



PASCAL HÄBIG

„Das Ziel des Projektes ist, einen Nachweis für die grundsätzliche Machbarkeit des neuartigen Produktionskonzeptes zu erbringen.“

Wegweisendes Vorhaben: Das Projekt H₂Mare hat sich zum Ziel gesetzt, auf hoher See grünen Wasserstoff und auch direkt Power-to-X-Folgeprodukte zu erzeugen.

Illustrationen/Fotos: Projektträger Jülich im Auftrag des BMBF, privat



→ Forschungsergebnisse ersetzt werden können“, berichtet Nikola Mößner. Aber auch der Datenaustausch gestaltet sich teilweise schwierig: „Die Daten und auch die Modelle, in denen die Daten verwendet werden, unterliegen teilweise speziellen Datenschutzerfordernungen“, sagt Daniel Dittler, der sich am IAS mit Digitalen Zwillingen beschäftigt. Um die Information nutzen und gleichzeitig aber auch schützen zu können, müssen die Forschenden spezielle Konzepte entwickeln; denn ohne diesen Datenaustausch können keine simulativen Experimente im Digitalen Zwilling durchgeführt werden.

„Das Spannende dabei ist, dass der Digitale Zwilling zwar die Realität abbilden soll, man aktuell aber noch nicht weiß, wie diese Realität aussehen wird“, erklärt Daniel Dittler. Die Anforderungen, denen die Forschungsplattform im Offshore-Einsatz standhalten muss, sind von Offshore-Windparks und aus der Öl- und Gasindustrie weitestgehend bekannt; die Entwicklung der Anlagenkonfiguration ist aber vollständiges Neuland. Daher muss der Digitale Zwilling alle Änderungen, die sich während des Forschungsprojektes an der Anlage ergeben, berücksichtigen. „Genau wie der Digitale Zwilling müssen sich auch →

Offshore-Windparks spielen eine zentrale Rolle bei der Energiewende.



DANIEL DITTLER

„Das Spannende ist, dass der Digitale Zwilling zwar die Realität abbilden soll, man aktuell aber noch nicht weiß, wie diese Realität aussehen wird.“



Nikola Mößner

„Genau wie der Digitale Zwilling müssen sich auch die Modelle anpassen lassen, um mitwachsen zu können.“

→ die Modelle anpassen lassen, um mitwachsen zu können. So kann später wie bei einem Baukasten Neues dazugenommen werden“, erklärt Nikola Mößner. Um dies zu gewährleisten, müssen die Prozesse unter den wechselnden Bedingungen möglichst realitätsnah beschrieben werden.

GRUNDSTEIN FÜR GROSSE OFFSHORE-PLATTFORMEN LEGEN

Das Forschungsprojekt PtX-Wind soll eine Plattform schaffen, die den elektrischen Strom direkt über einen Offshore-Windpark bezieht und so synthetisch erzeugte, stoffliche Energieträger wie Wasserstoff produziert. Neben der Offshore-Wasserstoffproduktion werden dort auch leicht transportierbare sogenannte PtX-Folgeprodukte produziert. Als Einsatzstoffe für Energieträger wie Methan, Kohlenwasserstoffe, grünes Methanol und grünes Ammoniak werden Kohlendioxid und Stickstoff benötigt – beides soll aus der Luft und dem Meerwasser gewonnen werden.

„Das Ziel des Projektes ist, einen Nachweis für die grundsätzliche Machbarkeit des neuartigen Produktionskonzeptes zu erbringen“, erklärt Pascal Häbig vom IER. „Damit können wir den Grundstein für zukünftige netzunabhängige und großskalige Offshore-Plattformen legen.“ Er ist überzeugt, dass das Leitprojekt H₂Mare dazu beitragen kann, den Klimaschutz voranzubringen und gleichzeitig die Abhängigkeit von Energieexporteuren zu verringern.

HOFFUNGSTRÄGER FÜR EIN NACHHALTIGES ENERGIESYSTEM

Auch die beiden Institutsleiter, Prof. Michael Weyrich und Prof. Kai Hufendiek, gehen davon aus, dass grüner Wasserstoff und dessen grüne PtX-Folgeprodukte als Zukunftsenergie weltweit berechnete Hoffnungsträger für wichtige Aufgaben in einem nachhaltigen Energiesystem darstellen. Zudem wird Deutschland durch die drei Wasserstoff-Leitprojekte mit seinen mehr als 240 Projektpartnern aus Wissenschaft und Industrie stark vom Wissens- und Technologietransfer profitieren, und damit wird nicht zuletzt auch der Wirtschaftsstandort gestärkt. Sind die Forschungen zu H₂Mare erfolgreich, könnte dies eine weltweite Skalierbarkeit solcher Offshore-Windpark-Inselsysteme und damit die netzunabhängige Ausschöpfung geeigneter Potenziale möglich machen. Dies wäre ein wichtiger Meilenstein für die angestrebte Energiewende. →

KONTAKT

DANIEL DITTLER
Mail: daniel.dittler@ias.uni-stuttgart.de Telefon: +49 711 685 67321

PASCAL HÄBIG
Mail: pascal.haebig@ier.uni-stuttgart.de Telefon: +49 711 685 60901

Fotos: IStock/CharlieChesvick, privat