



Universität Stuttgart

# magazin

des stuttgarter maschinenbaus

06  
23

## Neuer Blick auf Forschung und Lehre

Studierende des Stuttgarter Maschinenbaus  
kommen zu Wort

## Unsere Schwerpunktthemen

Software-defined Manufacturing  
Resiliente Versorgung

## Stipendien

Förderung von exzellenter  
Leistung



stuttgarter  
**maschinenbau**  
interdisziplinär und vielfältig



Universität Stuttgart

stuttgarter  
**maschinenbau**  
interdisziplinär und vielfältig



## Magazin des Stuttgarter Maschinenbaus

Blick auf Forschung und Lehre

Universität Stuttgart  
Stuttgarter Maschinenbau  
Fakultäten 4 und 7  
Juni 2023

Fotos Titel: Ludmilla Parsyak

[www.stuttgarter-maschinenbau.de](http://www.stuttgarter-maschinenbau.de)



# Formula Student

Unsere Challenge für ein Jahr

## Rennteam & Greenteam

### FERTIGUNG MONTAGE

Die Bauteile werden, je nach Komplexität, entweder bei Sponsoren oder in Eigenfertigung produziert. Sobald alle Bauteile fertig sind, wird das Fahrzeug in der Werkstatt zusammengebaut.

Mit einem fertigen Gesamtkonzept starten die Teams die Konstruktion der Fahrzeugteile. Um optimale und sichere Bauteile zu erhalten, werden Simulationen z. B. im Bereich Kraftanalyse und Strömung durchgeführt.

### KONSTRUKTION SIMULATION

Zu Saisonstart arbeiten die Teams Ideen und Konzepte aus der Analyse des Vormodells für das neue Fahrzeug aus.

### IDEE KONZEPT

### TEST

Damit das Fahrzeug und das Team bestens für die Wettbewerbe vorbereitet sind, werden möglichst viele Tage auf der Teststrecke verbracht. Hier wird das Fahrzeug auf Herz und Nieren geprüft, um maximale Zuverlässigkeit zu erreichen.

### RENNEN SIEGEN

In den Wettbewerben, welche im Sommer an den Formel 1 Strecken in Europa ausgetragen werden, muss sich das Team in statischen und dynamischen Disziplinen gegen Konkurrenten aus der ganzen Welt behaupten. Das Team mit der besten Gesamtleistung, Ingenieurwissen und Effizienz gewinnt.



### RENNTEAM

Erster Sieg eines deutschen Teams auf einem Formula Student Wettbewerb  
 Erster Sieg eines deutschen Teams auf dem Formula Student Wettbewerb in Michigan, Amerika  
 Weltrekord für die höchste Gesamtpunktzahl auf einem Wettbewerb



### GREENTEAM

Weltrekord für die schnellste Beschleunigung von 0-100 km/h in 1,461s

Weltrekord für die höchste Gesamtpunktzahl auf einem Wettbewerb



Fotos: FSAE Photography, Rennteam & Greenteam  
 Grafik: WeiserDesign

# Beyond the Race



### UNTERSTÜTZUNG

Hinter dem aktiven Team steht eine starke Mannschaft aus Sponsoren, Alumni und Instituten der Universität, ohne deren Unterstützung das Projekt nicht möglich wäre.

### PROJEKTMANAGEMENT

Die begrenzte Zeit von Saisonbeginn bis zu den Wettbewerben erfordert eine gute Projektplanung. Diese wird vor allem durch Meilensteine, wie dem Fertigungsbeginn oder dem ersten Motorstart, geprägt.

### SPONSORING

Tolle Sponsoren unterstützen die Teams: Dazu zählen z. B. Fertigungspartner, welche komplexe Bauteile fertigen, oder Softwarehersteller, die Lizenzen bereitstellen. Im Gegenzug bieten die Teams neben Werbefläche auf dem Fahrzeug eine Recruitingplattform für hervorragende Ingenieurinnen und Ingenieure.

### MARKETING/ ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

Auch Soziale Medien werden immer wichtiger, um gegenüber den Sponsoren und der Presse medienwirksam aufzutreten. Zu dem Bereich Marketing gehört neben der klassischen Öffentlichkeitsarbeit auch die Firmenkommunikation, um den persönlichen Kontakt zu den Sponsoren zu halten.

#### Rennteam und Greenteam in Zahlen

Aktive Mitglieder	48
Sponsoren	92
Institute	19
Alumni	280
Social Media	14,5 K



# Die Formula Student Teams der Uni Stuttgart

Die Formula Student ist ein weltweiter Konstruktionswettbewerb in dem Teams aus Universitäten antreten. Die Teams konzipieren, entwerfen und fertigen innerhalb eines Jahres einen Rennwagen. In den statischen Disziplinen wird die Entwicklungsleistung bewertet. In den dynamischen Disziplinen treten die Rennwagen in echten Rennen an.



Fotos: Rennteam und Greenteam

An der Universität Stuttgart sind seit vielen Jahren zwei der erfolgreichsten Teams zuhause. Seit 2005 gibt es das Rennteam für Verbrennungsmotoren – von Anfang an an der Spitze der Weltrangliste. Als 2009 die Elektroklasse in der Formula Student eingeführt wurde, trat ein hochmotiviertes neues Team an: Das Greenteam wurde gegründet, um Fahrzeuge mit elektrischem Antrieb zu entwickeln.



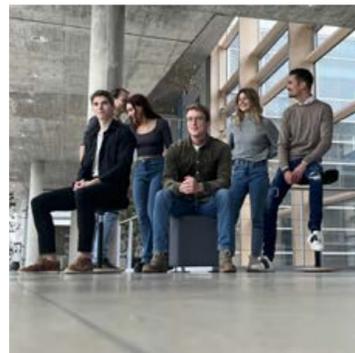
Seitdem sind beide Teams eingetragene studentische Vereine, die nicht mehr aus der Formula Student wegzudenken sind und jede Saison zahlreiche Trophäen nach Stuttgart holen. Herausragende Teams und Akteure im Hintergrund sind dafür notwendig, deshalb werfen wir im Beitrag auch einen Blick hinter die Kulissen.



## INHALT



### STUDIUM IM STUTTGARTER MASCHINENBAU



#### Interview mit unseren Studierenden

- 14 **Studieren mit fachlichem Tiefgang**  
Wir suchen Antworten bei Studierenden

## 11 Editorial



### BEITRÄGE ZU EINER ZUKUNFTSFÄHIGEN GESELLSCHAFT



#### Zukunftsthemen im Blickpunkt

- 28 **Software-defined Manufacturing**
- 32 Software-defined Manufacturing – Für die Fahrzeug- und Zulieferindustrie
- 36 Die Zukunft gestalten mit robotergestützter Vorfertigung
- 40 **Resiliente Versorgung**
- 44 Grüner Wasserstoff
- 48 „UltraPress2“ zur Verfahrensoptimierung bei der Serienfertigung von Bipolarplatten für Brennstoffzellen
- 50 Resiliente Versorgung aus Sicht der Logistik

Fotos von links nach rechts: Ludmilla Parsyuk, ICD, IBVT, IMT



### STUTTGARTER MASCHINENBAU



#### Alles unter einem Dach

- 56 **Mehr als Geld und gute Worte**
- 60 Stipendium für den Wissenstransfer nach Thailand
- 62 Studieren mit einem Stipendium der Studienstiftung
- 64 **Gastbeitrag: Akademische Selbstverwaltung**
- 68 **Die besondere Vorlesung** – Kulinarische Thermodynamik



### HIGHLIGHTS



#### Highlights

- 74 Auszüge aus vielfältigen Projekten



### AUSBLICK

- 82 **Was erwartet uns in der 5. Ausgabe des Magazins des Stuttgarter Maschinenbaus**
- 83 **Impressum**

# AKTUELLE SCHWERPUNKT-FORSCHUNG



## Intelligente Systeme für eine zukunftsfähige Gesellschaft

Grafik: WeiserDesign



## Liebe Leserinnen und Leser,

in dieser Ausgabe stellen wir Ihnen die zwei abschließenden Bausteine unserer Strategie für „Nachhaltige autonome sozio-technische Systeme“ vor und vervollständigen damit unsere sechs Zukunftsthemen, die Teil des Leitbilds für beide Fakultäten sind. Diese zwei Themen sind das „Software-defined Manufacturing“, das unser Denken über Produktentstehung und vor allem die dazu passenden Produktionssysteme revolutionieren wird, und das brandaktuelle Thema „Resiliente Versorgung“, welches aus Sicht der Energiewirtschaft und der Logistik betrachtet wird.

In unserem Interview kommen diesmal die Studierenden zu Wort, die aus verschiedenen Bachelor- und Master-Studiengängen über ihre Motivation für ein Studium an der Universität Stuttgart und Erfahrungen im Stuttgarter Maschinenbau berichten. In diesem Kontext beleuchten wir auch die Notwendigkeit und Wirkung von Stipendien.

Freuen Sie sich auch in dieser Ausgabe wieder über den Bericht aus einer besonderen Vorlesung und Einblicke in die akademische Selbstverwaltung der Universität.

Wir wünschen Ihnen viel Inspiration und Freude bei der Lektüre.  
Für den Stuttgarter Maschinenbau

Univ.-Prof. Dr.-Ing.  
Stefan Weihe, Prodekan Fakultät 4

Univ.-Prof. Dr.-Ing.  
Oliver Riedel, Prodekan Fakultät 7



Foto: Universität Stuttgart



# EINBLICKE INS STUDIUM



STUDIERN MIT FACHLICHEM TIEFGANG

# STU- DI- UM



Mit über 6.000 Studierenden in 27 Studiengängen zählt der Stuttgarter Maschinenbau zu den größten maschinenbaulichen Fakultäten Deutschlands. Doch warum entscheiden sich junge Leute nach dem Abitur für ein Studium an der Uni Stuttgart? Sechs Studierende unterschiedlicher Fachrichtungen erzählen im Round-Table-Gespräch, welche Vor- und Nachteile es hat, an einer Universität zu studieren, und was ihnen am Stuttgarter Maschinenbau gefällt.

„ WIR SUCHEN ANTWORTEN

BEI STUDIERENDEN ”



”

## TIMO KRUCK

## ” DAS REIZVOLLE AN DER FAHRZEUGTECHNIK IST DER ÜBERGANG VON DER THEORIE IN DIE PRAXIS.

Timo

**Timo, Du studierst Fahrzeugtechnik, bist im Rennteam der Uni und hast eine Ausbildung als Berufskraftfahrer gemacht. Was hat Dich dazu motiviert?**

**Timo:** Das hat schon in der Kindheit angefangen. Ich bin in Neckarsulm aufgewachsen und da reingewachsen, denn Neckarsulm ist ein großer Standort von AUDI AG. In Freundeskreis und Familie arbeiteten viele bei diesem Unternehmen. Deshalb habe ich mir überlegt, entweder eine Ausbildung in diese Richtung zu machen oder zu studieren, und es hat mich dann zum Studium der Fahrzeugtechnik gezogen.

**Ada, warum hast Du Dich nach dem Abi für ein Studium entschieden?**

**Ada:** Studieren war zum einen in meinem Freundeskreis ein wichtiges Thema. Zum anderen hat mein Vater so von seiner Studienzeit geschwärmt, dass ich das auch erleben wollte. Und dann natürlich auch der Lernaspekt. Ich hatte nach der Schule nicht das Gefühl, genug zu wissen, und wollte auf jeden Fall noch mehr lernen und tiefer in einen Bereich eintauchen. Ich habe den Medizintechnik-Bachelor in Tübingen und Stuttgart studiert und mich jetzt im Master dann für Stuttgart entschieden, weil das Studium hier stärker technisch orientiert ist.

**Justin, Du stammst aus Thüringen und studierst Deiner Freundin zuliebe in Stuttgart. Warum hast Du Dich für ein Studium entschieden?**

**Justin:** Bei mir war es auch das Wissen und Lernen, die gelockt haben. Ich wollte studieren, wusste aber lange nicht, in welche Richtung ich gehen will, ob Musik oder irgendetwas anderes. Ich habe jedoch entschieden, dass die Musik Hobby bleiben soll. Technik fand ich schon immer interessant. Deshalb habe ich überlegt, was es an technischen Studiengängen gibt, und dann den Maschinenbau gewählt, weil er schön allgemein ist und ich mich dann später spezialisieren kann.

**Michelle, Du studierst Technische Biologie. Wie bist Du auf das Studium gekommen?**

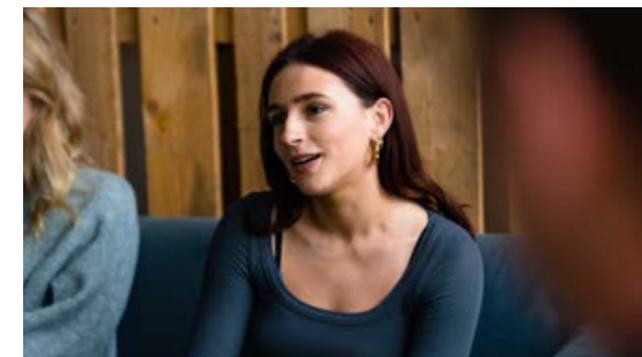
**Michelle:** Ich habe die Entscheidung nicht bewusst getroffen – es war eigentlich immer klar, dass ich studieren würde. Als Kind wollte ich Meeresbiologin werden und hatte dann das Glück, dass dieser Kindheitswunsch für mich zumindest als grobe Richtung in das Studium gepasst hat.

Das Automobil und die Technik faszinieren ihn seit seiner Kindheit, die er in der AUDI-Stadt Neckarsulm verbrachte: Jetzt studiert Timo Kruck (25) im Master-Studiengang Fahrzeugtechnik. Die fahrzeugspezifischen Vorlesungen am Institut für Fahrzeugtechnik (IFS) sind seine liebsten Veranstaltungen. Neben dem Studium engagiert er sich im Rennteam der Universität und arbeitet als studentische Hilfskraft am Studierendenprüffeld des IFS. Außerdem hat er nebenbei eine Ausbildung zum Berufskraftfahrer und Verkehrsleiter absolviert.

” Reicht Dir der Bachelor oder willst du den Master machen? Ich habe schon mit dem Master-Studium begonnen. Es ist meiner Meinung nach eine wichtige Grundlage für das spätere Ingenieursleben und weitere Karriereschritte wie z. B. eine Promotion.

” Was macht Stuttgart als Stadt für Studierende attraktiv und was stört Dich? Attraktiv ist für mich die Industriestärke der Stadt. Sie bietet einerseits Karriere- und Praktika-Chancen, andererseits aber auch die wirtschaftlichen und sozialen Projekte, die durch Firmen ins Leben gerufen oder unterstützt werden.

” Was machst Du am liebsten, wenn Du gerade nicht studierst? Im Moment findet man mich neben meinem Studium im Rennteam. Außerdem bin ich leidenschaftlicher Jäger und verbringe somit gerne und viel Zeit in der Natur.



**Lars, wie war das bei Dir? Was hat Dich zum Studium der Verfahrenstechnik motiviert?**

**Lars:** Ich habe mich immer schon für Chemie interessiert. Dann wurde ich in der Berufsberatung in der elften Klasse, von der man immer denkt, dass sie einem überhaupt nichts bringt, gefragt, ob ich nicht Verfahrenstechnik studieren wolle, weil diese die technische Anwendung der Chemie sei. Mittlerweile weiß ich, dass die Verfahrenstechnik noch viel mehr Anwendungsbereiche in allen Naturwissenschaften beinhaltet.

**Can, warum studierst Du und warum studierst Du Mechatronik?**

**Can:** Mir war nach dem Abi klar, dass ich auf jeden Fall ein Studium machen wollte, einfach aus Wissensdurst. Ich habe aber nicht direkt angefangen, sondern wollte eigentlich erst ein Jahr ins Ausland gehen, doch dann kam Corona. Wie Justin habe auch ich überlegt, Musik zu studieren, und mich ein Jahr auf die Aufnahmeprüfung vorbereitet, dann aber das Handtuch geworfen. Mechatronik ist es geworden, weil ich auf einem Technischen Gymnasium war. Ich hatte dort allerdings nicht Mechatronik, sondern Informationstechnik als Profilmfach und war immer neidisch auf die Mechatroniker:innen, weil die so coole Sachen gemacht haben.

**In Deinem Steckbrief hast Du unterschlagen, dass Du sehr gut Klarinette spielst. Du spielst doch noch, oder?**

**Can:** Jein, momentan lasse ich es ein bisschen schleifen, aber es ist natürlich oben auf der To-do-Liste.

**Can wollte bewusst weg aus Bremen, wo er aufgewachsen bist. Warum seid Ihr anderen in Stuttgart gelandet?**

**Timo:** Bei mir war es auf jeden Fall die Nähe zur Heimat. Außerdem gab es Fahrzeugtechnik damals, als ich mich beworben habe, nur an zwei Universitäten.

**Michelle:** Ich komme von hier, wohne noch bei meinen Eltern und wollte auch nie wegziehen. Deshalb habe ich mich in Hohenheim und hier an der Uni beworben – Stuttgart hat schneller geantwortet.

**Ada:** Bei mir gab die Medizintechnik den Ausschlag und die Besonderheit, dass man sie gleichzeitig an zwei Unis, in Tübingen und Stuttgart, studieren konnte. Das fand ich faszinierend.



**Frage: Warum habt Ihr Euch für ein Studium an der Universität und nicht an einer Fachhochschule entschieden?**

**Lars:** Nach dem Abitur dachte ich eigentlich, dass ich eher an eine Fachhochschule passen würde, weil dort der Praxisbezug mehr im Fokus steht. Aber inzwischen habe ich gemerkt, dass der theoretische Wissensschatz, den man an einer Uni erlernen kann, deutlich tiefer ist als an einer Fachhochschule. An der Uni geht es auch darum, auf eine Promotion oder eine wissenschaftliche Karriere vorzubereiten.

**Timo:** Vielleicht ist die Selbständigkeit, die man mitbringen muss, und die Eigenmotivation an einer Uni höher. Man ist mehr auf sich allein gestellt als an einer Fachhochschule, wo man noch so ein bisschen wie in einer Schulklasse betreut wird.

**Justin:** Mir war der Unterschied vorher gar nicht so richtig bewusst, aber ich treffe jetzt viele Kommiliton:innen, auch in meinem Studiengang, die eigentlich an einer Fachhochschule besser aufgehoben wären, weil es da diesen Klassenverband gibt und man nicht so viel Selbstmotivation braucht.

**Can:** Ich habe das ganz klar abgewogen, noch vor der Standortwahl. Besonders die geistige Enge, wie man sie manchmal in den Ingenieurwissenschaften trifft, wollte ich umgehen und dabei schien die Uni mehr Freiräume und Möglichkeiten zu bieten. Ich studiere tendenziell eher für die Inhalte und nicht nur für den Abschluss.

**Ada:** Ich fand es wichtig, das selbstständige Arbeiten zu lernen, was an der Uni, glaube ich, intensiver ist. Wobei ich das Praktische, das mehr an den Fachhochschulen gelehrt wird, auch cool gefunden hätte.

**Frage: Fehlt Euch das hier ein bisschen? Eigentlich soll das Studium im Stuttgarter Maschinenbau sehr praxisorientiert sein.**

**Justin:** Mir fehlt es. In vielen Bereichen könnte das Studium anwendungsbezogener sein. Wir könnten z. B. in der Konstruktionslehre einfache Dinge konstruieren, die nicht nur in der Theorie existieren, sondern die man vielleicht in 3D druckt.

**Lars:** Im Bachelor haben wir bereits viele kurze Praktika und einige Projektarbeiten. Der echte Praxisbezug kommt dann aber irgendwann im Master. In der Verfahrenstechnik muss man so viele Grundlagen lernen, bevor man überhaupt in der Lage ist, die Prozesse vollständig zu verstehen und zu modellieren. Deshalb braucht es halt den langen Atem, bis man im ersten Mastersemester die Fächer hat, in denen dann wirklich alles zusammentrifft, von der Thermodynamik, der Strömungsmechanik bis hin zu biologischen und chemischen Reaktionen, um solch große Prozesse auszulegen.

**” ICH PLANE AUF JEDEN FALL, NÄCHSTES JAHR INS AUSLAND ZU GEHEN, WENN ICH DIE ZUSAGE BEKOMME.**

Ada

ADA BACHMANN

”



**Can:** Das ist nicht nur in der Verfahrenstechnik so. Man hat in allen Studiengängen am Anfang die unbeliebteren Grundlagenvorlesungen. Grundlagen haben ihren Sinn, aber praktisches Tun ist gerade für die Studienmotivation wichtig. In diesem Punkt ist die Uni nicht besonders weit. Es gibt nicht viele Möglichkeiten, sich Skills für die Praxis zu erarbeiten.

**Ada:** Am Institut für Medizingerätetechnik, an dem ich auch HiWi bin, dürfen wir unser Wissen praktisch anwenden und kleine Entwicklungsprojekte realisieren. Unser Professor meint auch, dass die Praxis wichtig ist. Sie hilft, das theoretische Wissen zu fixieren.

**Justin:** Ich muss mich etwas korrigieren. Es gibt jetzt im vierten Semester in der Vorlesung Feinwerktechnik, die die Fortsetzung der Konstruktionslehre ist, einen Konstruktionswettbewerb, wo wir eine praktische Aufgabenstellung bekommen. Im letzten Jahr war das z. B. ein kleiner Roboter, der Bier ausschenkt, und der im Wettbewerb konstruiert wurde. Das finde ich sehr cool.

**Bekommt Ihr im Studium nicht auch praktische Erfahrungen aus der Industrie vermittelt? Es gibt ja viele Profs, die aus der Industrie kommen.**

**Justin:** Das auf jeden Fall. Prof. Kreimeyer, der jetzt bei uns Konstruktionslehre lehrt, hat vorher bei einem großen Lkw-Hersteller gearbeitet und bringt immer wieder coole Beispiele aus der Praxis. Dadurch kann man sich den Stoff gut merken.

**Ada:** Ich habe gerade ein Fach, in dem die großen Medizingeräte vorgestellt werden und wie sie funktionieren. Das finde ich wirklich gut, denn man bekommt Einblick in die Praxis und lernt grundlegende Medizingeräte kennen.

**Lars:** Ich habe auch noch ein Beispiel: Wir haben in der Modellierung verfahrenstechnischer Prozesse eine Espresso-Kanne modelliert. Dazu gehört, wie die Wärme eingebracht wird, sich Druck und Temperatur erhöhen und das Wasser durch das Kaffeepulver gedrückt wird. In der Verfahrenstechnik kommt im ersten Master-Semester alles zusammen, danach kann man so etwas „Einfaches“ wie eine Espresso-Kanne komplett mathematisch beschreiben.

Sie reizte die Möglichkeit, an zwei Universitäten Medizintechnik zu studieren: Ada Bachmann (22) kennt sowohl die Tübinger als auch die Stuttgarter Uni, die im Bachelor-Studiengang kooperieren. Jetzt vertieft sie im Master-Studium in Stuttgart ihr Grundlagenwissen. Praktische Entwicklung von Medizinprodukten war im letzten Semester ihr liebstes Fach. Neben ihrem Studium jobbt Ada als HiWi am Institut für Medizingerätetechnik (IMT). Sie ist noch unentschlossen, ob sie danach in die Wissenschaft oder die Industrie geht.

**” Was sind für Dich die größten Hürden im Studium?** Das Zeitmanagement war und ist für mich die größte Hürde. Die große Freiheit, die einem das Studium lässt, erfordert eine gute Selbstorganisation. Das ist nicht immer leicht.

**” Was machst Du am liebsten, wenn Du gerade nicht studierst?** Für mich ist der beste Ausgleich zum Studieren, mit Freunden etwas zu unternehmen. Stuttgart bietet dafür tolle Möglichkeiten. Man hat sowohl das Studierendenleben als auch das Großstadt-Flair.

**” Ist das Essen in der Mensa genießbar oder kochst Du lieber selbst?** Mittlerweile weiß ich, was in der Mensa gut ist und wann ich mir lieber selbst etwas koche. Alternativ gibt es die Burgerbar oder die vegane Currywurst in der Cafeteria.



”

## JUSTIN WÖLLERT

## ” DER ERSTE UND WICHTIGSTE SCHRITT IM STUDIUM IST, DIE PROKRASTINATION ZU BEKÄMPFEN.

Justin

**Aufgewachsen ist er auf einem Biobauernhof: Justin Wöllert (21) stammt aus Haina, einem kleinen Dorf in Thüringen, und studiert Maschinenbau in Stuttgart. Konstruktionslehre und Feinwerktechnik sind seine Lieblingsfächer. Als HiWi am Institut für Kunststofftechnik (IKT) hilft er bei der Forschung zum Thema Additive Fertigung – allerdings mehr aus Interesse als des Geldes wegen. Nach dem Studium würde er gerne Erfahrung in der Industrie sammeln, kann sich aber vorstellen, später wieder an die Uni zurückzukehren.**

” **Reicht Dir der Bachelor oder willst Du den Master machen?** Das habe ich noch nicht entschieden. Beides hat seine Vor- und Nachteile. Möglicherweise werde ich versuchen, den Master berufsbegleitend zu machen.

” **Was macht Stuttgart für Studierende attraktiv und was stört Dich?** Stuttgart ist eine lebendige Stadt, dadurch ist es attraktiv hier zu studieren. Dank der vielen jungen Menschen ist immer was los. Mich stören jedoch die schlechte Luft und der viele Verkehr in der Stadt.

” **Was machst Du am liebsten, wenn Du gerade nicht studierst?** Ich verbringe Zeit mit meiner Freundin, spiele Klavier, mache anderweitig Musik, spiele Ultimate Frisbee, gehe schwimmen oder bastele an kleinen Ingenieursprojekten.

**Drei von Euch studieren einen Master-Studiengang. Würdet Ihr empfehlen, auf jeden Fall den Master zu machen, oder reicht auch der Bachelor?**

**Lars:** Da sind wir bei der Frage nach Hochschule oder Universität. An der Hochschule würde ich behaupten, dass der Bachelor eher ausreicht, weil man da mehr praxisorientiert studiert, aber bei den Ingenieurstudiengängen an der Uni braucht man in den allermeisten Fällen den Master, um die Grundlagen zu vertiefen.

**Ich möchte nochmal aufgreifen, was Du, Lars, eben über die Perspektive einer Promotion an der Uni sagtest. Ist das für Euch eine Option?**

**Lars:** Ich wollte mir zumindest die Möglichkeit zur Promotion offenhalten und mich nicht von vorneherein festlegen. Promovieren ist bisher nämlich nur an ausgewählten Hochschulen möglich. Man kann ja nach dem Master dann immer noch sagen, das reicht mir jetzt.

**Michelle:** Man weiß am Anfang vom Studium ja auch noch nicht, wo es einen am Ende hinführt. Man entdeckt im ersten Semester ganz viele Facetten von einem Riesenthema und kann noch nicht sagen, wofür man sich so begeistern wird, dass man darüber promovieren möchte. Aber es wäre schade, sich diesen Weg von vorneherein zu verbauen.

**Welches sind die größten Herausforderungen im Studium? Du, Ada, nanntest im Steckbrief das Zeitmanagement.**

**Ada:** Ich finde es eine große Herausforderung, weil man während des Semesters recht viel Zeit hat und erst in der Prüfungsphase merkt, dass man doch sehr viel zu tun hat. Mir hilft es deshalb, das Arbeitspensum in kleine Aufgaben herunterzubrechen.

**Justin:** Der erste und wichtigste Schritt ist, die Prokrastination zu bekämpfen. Der größte Feind sind YouTube oder irgendwelche Serien. Wenn man das geschafft hat, gibt es immer noch viele schöne Dinge, die man neben dem Studium machen kann, damit z. B. der Sport oder die Musik nicht zu kurz kommen. Ich würde mir deshalb auch einen Plan machen, wann ich was lerne.



**Vielleicht hat Lars eine Lösung parat? Er hat neben dem Studium als Tutor, HiWi und Praktikant gejobbt, engagiert sich in der Fachgruppe etc.**

**Lars:** Schön wär's. Ich persönlich finde es wichtig, dass man sich unter der Woche eine Kernarbeitszeit definiert und versucht, sich an diese zu halten. Natürlich kommt da meist etwas dazwischen, zum Beispiel muss es sich mit den Vorlesungen und Übungen vertragen. Wichtig ist auch zu wissen, wann man mit Kommiliton:innen bei Übungen schneller vorankommt. Und als Tutor oder HiWi lernt man unheimlich viel dazu.

**Was reizt Euch am meisten an Eurem Studienfach, was ist besonders?**

**Ada:** Bei mir ist es sicher das Gefühl, etwas Sinnvolles zu tun, mit dem man den Menschen ihr Leben vereinfachen kann. Medizintechnik kann so viel bewirken. Das finde ich sehr faszinierend.

**Timo:** Das Reizvolle an der Fahrzeugtechnik ist der Übergang von der Theorie in die Praxis. Man hat da gerade an der Uni Stuttgart viele Möglichkeiten, es gibt viele Projekte, in denen man sein theoretisches Wissen anwenden kann. Ich bin z. B. dieses Jahr im Rennteam.

**Hoffentlich im Elektro-Rennteam...**

**Timo:** Nein, im Hybrid-Team. Das gibt es erst seit diesem Jahr. Wir sind gerade dabei, ein Hybrid-Konzept auf die Beine zu stellen. Außerdem bin ich HiWi am IFS und am FKFS. Da nimmt man eine Menge für die Praxis mit.

**Can:** Mich hat von Anfang an begeistert, wie die Mechatronik die verschiedenen Disziplinen verbindet: Auf der einen Seite das Programmieren und die Elektrotechnik und auf der anderen die mechanische Konstruktion.

**Diese Interdisziplinarität ist der Anspruch des Stuttgarter Maschinenbaus. Habt Ihr im Bachelor-Studium viele gemeinsame Veranstaltungen?**

**Lars:** Auf jeden Fall. Als Ingenieurin bzw. Ingenieur hat man einen mathematischen Grundbaustein und kann danach wählen, was einen interessiert: Die Fahrzeugtechnik, die Mechatronik, den klassischen Maschinenbau, die Medizintechnik oder die Technische Biologie. Gerade wenn wir in der Verfahrenstechnik die Bio-Vertiefung wählen, haben wir viele Veranstaltungen gemeinsam mit den Technischen Biolog:innen.

**Michelle:** Ich habe als Fach auch die Verfahrenstechnik. Das Problem im Bachelor-Studium ist allerdings, dass man von allem nur ein Fitzelchen mitbekommt. Man streift jedes Grundthema, aber vertieft es nicht. Theoretisch hat man den Überblick über alles, aber das Wissen ist so lose, dass man es auch schnell wieder verliert.



”

MICHELLE GRAU

” **DAS PROBLEM IM BACHELOR-STUDIUM IST, DASS MAN VON ALLEM NUR EIN FITZELCHEN MITBEKOMMT.**

Michelle

Sie ist in Stuttgart geboren und aufgewachsen und sie will auch gar nicht weg: Jetzt studiert Michelle Grau (21) an der Uni Stuttgart im Bachelor-Studiengang Technische Biologie. Nebenbei jobbt sie als „HiWine“ am Institut für Arbeitswissenschaft und Technologie-management (IAT). Michelle steht noch am Anfang des Studiums und hatte dadurch bislang wenig Möglichkeiten, sich zu spezialisieren. Ihre liebsten Veranstaltungen waren die Module zur biologischen Praxis. Nach dem Studium möchte sie in der Forschung oder der Pharmazie arbeiten.

” **Reicht Dir der Bachelor oder willst Du den Master machen?** Ich möchte auf jeden Fall den Master machen. Ein Bachelor wird in vielen Fällen mit einer Ausbildung gleichgesetzt und man hat geringere Aufstiegschancen im Beruf.

” **Was macht Stuttgart für Studierende attraktiv und was stört Dich?** Die guten Anbindungen und die schöne Innenstadt machen die Stadt auch für Nicht-Stuttgarter:innen attraktiv. Mich stört die Tatsache, dass es für die Technische Biologie keinen einheitlichen Campus gibt.

” **Was machst Du am liebsten, wenn Du gerade nicht studierst?** Die üblichen Sachen – ich treibe Sport, lese gerne und verbringe meine Freizeit mit der Familien und den Freunden.

**Das Studienangebot in Stuttgart ist ja sehr breit. Wie habt Ihr Euch als Studienanfänger einen Überblick verschafft?**

**Timo:** Den ersten Kontakt zur Uni hatte ich im letzten Jahr vor dem Abi. Da gab es einen Tag der offenen Tür mit einer Vorlesungsreihe, in der jeder Studiengang vorgestellt wurde. Dadurch hatte ich einen gewissen Rahmen, bevor ich mir den Studiengang Fahrzeugtechnik näher angeschaut habe.

**Ada:** Ich habe auch den Studieninformationstag an der Uni ausgenutzt. Außerdem hatte ich eine Studienberatung an der Schule, und ich habe verschiedene Tests gemacht, die es im Internet gibt. Außerdem hatte ich schon einen groben Plan, in welche Richtung ich gehen wollte.

**Wie gut werdet Ihr im Studium durch die Lehrenden oder andere Studierende betreut?**

**Michelle:** Das hängt davon ab, wie man sich einbringt. Ich habe wenig Kontakt zu Studierenden höherer Semester, andere aber schon. Die haben dadurch viele gute Tipps bekommen.

**Ada:** Ich habe mich eigentlich auch immer gut betreut gefühlt. Ich hatte viele Kontakt zu Kommiliton:innen, und da hat man sich immer geholfen. Dann gibt es das Mentoring, bei dem man Fragen stellen kann. Und bei speziellen Fragen findet man im Internet recht schnell die richtigen Ansprechpersonen.

**Hat die Fachgruppe für Euch eine Rolle gespielt, speziell in den letzten zwei Jahren?**

**Ada:** Das Wichtigste, was ich da mitgenommen habe, waren die ganzen Veranstaltungen, bei denen man sich mit anderen vernetzen konnte, um sich gegenseitig zu helfen. Die wurden von der Fachgruppe organisiert.

**Justin:** Ich glaube, die kann sehr gut helfen, wenn man auf sie zugeht. Aber für mich hat sie keine große Rolle gespielt.

**Can:** Genau, die Eigeninitiative spielt eine große Rolle. Ich nutze die Fachgruppe total, gerade die Veranstaltungen zum Kennenlernen und Vernetzen. Sie ist aber auch Anlaufstelle, um Kontakte zu Leuten aus höheren Semestern zu knüpfen, die sich auskennen.



**Lars:** Ich engagiere mich in der Fachgruppe und auch im Arbeitskreis Verfahrenstechnik, den ich zwei Jahre lang geleitet habe. Wir organisieren jedes Jahr mehrere Veranstaltungen, Sommerfeste, Winterfeste, das Maschinenbau-Fest etc., was eine unglaubliche ehrenamtliche Leistung ist. Wir sind in der Hochschulpolitik aktiv und vertreten die Interessen der Studierenden in den verschiedenen Organen der Uni.

**Würdet Ihr ein Semester oder zwei ins Ausland gehen und wenn ja wohin?**

**Ada:** Ich plane auf jeden Fall, im Januar nächsten Jahres ins Ausland zu gehen, wenn ich die Zusage bekomme. Ich will nach Schweden, da gibt es in Lund eine Uni, die auch Medizintechnik anbietet. Ich würde es aber als Addition sehen, das heißt meine Fächer hier in Stuttgart regulär besuchen und dazu noch weitere Fächer im Auslandssemester anhören, die mich interessieren. Dadurch kann ich mich weiter vertiefen.

**Lars:** Ich habe mich gerade für das nächste Frühjahrssemester in Lyon beworben, will aber trotzdem den Master in Stuttgart komplett normal studieren. Es gibt in Lyon Fächer auf Englisch und auf Französisch, und ich will Fächer in beiden Sprachen wählen. Ich möchte nicht nur der Sprache wegen, sondern auch wegen der Erfahrung und des Faches ins Ausland.

**Michelle:** Ich habe gehört, dass man das Auslandsstudium nicht im Bachelor machen sollte, sondern dass es sich im Master mehr lohnen würde. Es wäre eine Überlegung wert, aber ich könnte auch ohne leben.

**Justin:** Ich war in der Schule schon ein Jahr im Ausland. Deshalb ist es momentan nicht auf meiner Prioritätenliste.

**Timo:** Ich finde es persönlich eine gute Sache und würde es auch jedem empfehlen, der es machen kann. Ich persönlich habe mir die zwei Semester Auszeit jetzt für das Rennteam gegönnt. Das ist ein internationaler Wettbewerb unter dem Dachverband der Formula Student mit Rennen in ganz Europa, in den USA und in Asien.

**Ist es eigentlich leicht, hier Anschluss zu finden, gerade für Leute, die nicht aus Stuttgart kommen?**

**Can:** Ich würde sagen, das ist so leicht oder so schwer wie überall sonst auch. Man muss halt auf die Leute zugehen und bereit sein, viele neue Leute kennenzulernen.

**Lars:** Viele Studierende aus der näheren Umgebung haben natürlich noch ihren Freundeskreis von zuhause. Aber dadurch, dass Stuttgart so groß ist, kann man genügend Kontakte knüpfen.



”

LARS KUFFERATH-SIEBERIN

” ICH WOLLTE MIR DIE MÖGLICHKEIT ZUR PROMOTION OFFENHALTEN UND MICH NICHT VON VORNEHER EIN FESTLEGEN.

Lars

**Michelle:** Dadurch, dass ich von hier komme und auch die meisten meiner Freunde hiergeblieben sind, habe ich es nicht darauf angelegt, neue Freunde zu finden. Aber die Leute sind hier unheimlich offen. Man wird ständig angesprochen, sodass man gar nicht umhinkommt, Freunde zu finden.

**Was macht Stuttgart über die Uni hinaus für Euch als Studienort attraktiv?**

**Timo:** Die Vielfalt, die man im Stuttgarter Maschinenbau und bei den Studierenden erlebt, findet sich auch im Studienort wieder. Es gibt eine starke Wirtschaft, man kann freizeitmäßig alles machen etc. Diese Vielfalt, die sich durch alles zieht, macht Stuttgart attraktiv.

**Can:** Es ist eine gute Kombination aus Größe und Übersichtlichkeit. Stuttgart ist eine Großstadt, aber eben nicht Berlin, das ein bisschen unübersichtlicher ist. Man ist nahverkehrsmäßig gut angebunden, auch wenn sich immer alle beschweren. Mich stört allerdings die mangelhafte Fahrrad-Infrastruktur.

**Lars:** Es gibt eine Haupt-Fahrradstrecke, die führt von Vaihingen durch das Kaltental, Stuttgart Süd, mittendurch den Schlossgarten bis nach Bad Cannstatt. Was die Stadt für mich attraktiv macht, ist, dass sie trotz ihrer Größe überschaubar ist. Ich finde auch die Kessellage sehr schön, weil man ganz plakativ einfach mal irgendwo raufgehen und runterschauen kann. Man hat sehr viel Grün drumherum und auf der anderen Seite gibt es alles an Kultur- und Sportveranstaltungen, an Kneipenszene und Nachtleben, was man sich wünscht.

**Wo geht Ihr nach einem langen Unitag am liebsten hin?**

**Ada:** Ich finde, dass es sogar auf dem Campus ein paar nette Plätze gibt, sodass man keine weiten Wege hat, wenn man mit den Kommiliton:innen noch ein Bierchen trinken will. Z. B. das Unithekle.

**Justin:** Ich finde auch den Uni Sport ziemlich gut, der hat ein breites Angebot. Ich trainiere zweimal die Woche mit dem Ultimate Frisbee-Team. Das ist ein cooler Ausgleich nach einem langen Tag Vorlesungen oder Lernstoffbüffeln.

**Autor: Michael Wendenburg**

Fotos: Ludmilla Parsyak

” STUTTGART BIETET ALS STADT EINE GUTE KOMBINATION AUS GRÖSSE UND ÜBERSICHTLICHKEIT.

Can

Er ist in Berlin geboren und in Bremen aufgewachsen, suchte aber ein seinen Interessen entsprechendes Studienangebot fern der bisherigen Heimat: Deshalb studiert Can Heinrichs (22) jetzt in Stuttgart im Bachelor-Studiengang Mechatronik, mit der Idee, auch den Master zu machen. Das Modul Programmierung und Software-Entwicklung ist seine liebste Veranstaltung. Can engagiert sich in der Fachgruppe Mach & Co. Nach dem Studium kann er sich vorstellen, sowohl in der Wissenschaft als auch in der Industrie zu arbeiten.

” Was sind für Dich die größten Hürden im Studium? Mir gefällt das Studieren gut, aber der Umgang mit Motivationslücken und Misserfolgen fällt mir schwer.

” Was macht Stuttgart für Studierende attraktiv und was stört Dich? Für mich macht die schnelle Anbindung des Campus und die schöne Umgebung die Stadt attraktiv. Mich stört aber der übermäßige Autoverkehr und die mangelhafte Fahrrad-Infrastruktur.

” Ist das Essen in der Mensa genießbar oder kochst Du lieber selbst? Mein Tipp für die, die weder kochen noch in der Mensa essen wollen: Der Falafel-Montag im Ökumenischen Zentrum! Dort ist auch der Kaffee am besten.



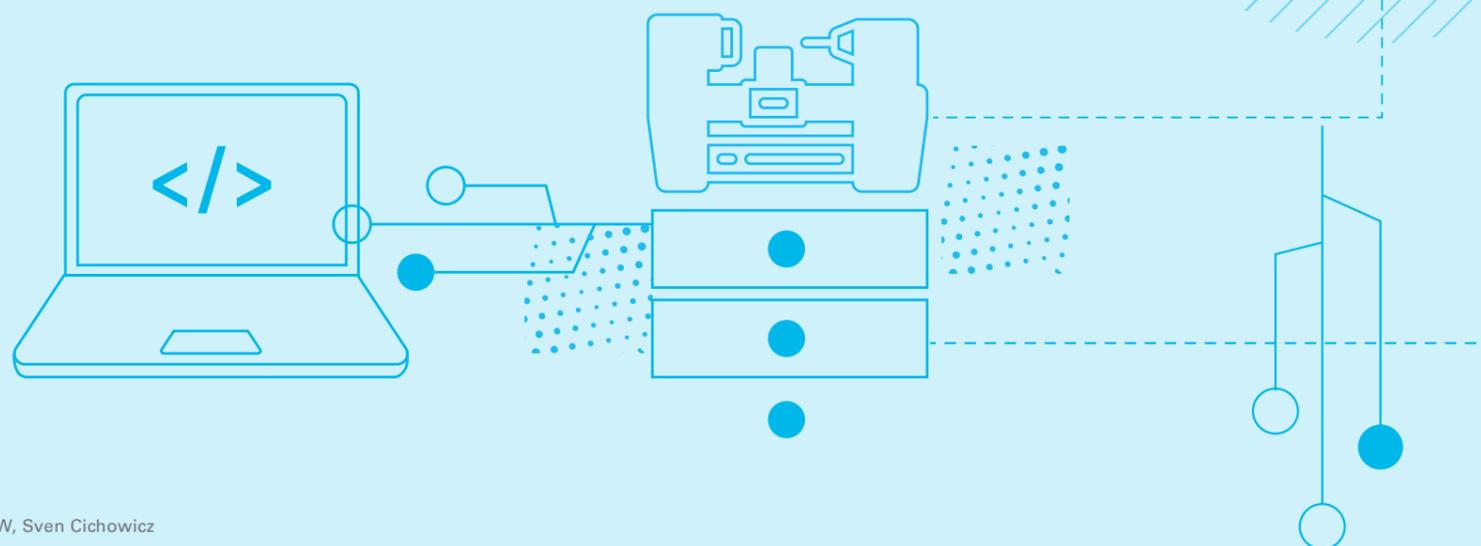
**BEITRÄGE  
ZU EINER  
ZUKUNFTSFÄHIGEN  
GESELLSCHAFT**



Foto: ICD

# SOFTWARE- DEFINED MANU- FACTURING

»Software-defined X« umfasst eine Reihe von Ansätzen aus der IT, die mittels Virtualisierung Software-Applikationen von der Hardware entkoppeln. Die konsequente Umsetzung dieses Paradigmas verspricht höhere Agilität und Flexibilität. Software-defined Manufacturing (SDM) überträgt diese Idee auf die Produktionstechnik.



Fotos: ISW, Sven Cichowicz



Software spielt in der Produktionstechnik eine immer größere Rolle. Moderne Methoden aus der Informations- und Kommunikationstechnik halten schrittweise Einzug in die industrielle Produktion. Dies wurde durch Ausrufung des strategischen Ziels der vierten industriellen Revolution befeuert und ist bis heute von entscheidender Bedeutung zur Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit des Standorts Deutschland.

Allerdings hinkt die Umsetzung dieser sogenannten digitalen Transformation den Erwartungen hinterher. Die in der Produktionstechnik vorherrschenden Systemarchitekturen und Vorgehensmodelle sind historisch gewachsen und stellen ein Ökosystem getrennter, monolithischer und meist inkompatibler Speziallösungen dar. Derartig starre Strukturen standen in der Vergangenheit auch in der IT Innovationen entgegen. Erst durch Einführung von Software-defined X Lösungen konnte dieses Hemmnis aufgelöst werden. Konkrete Beispiele sind Software-defined Networking, Software-defined Storage oder Software-defined Radio.

## Transfer des „Software-defined“-Gedankens in die Produktionstechnik

Diesem Vorbild folgend, überträgt SDM das zentrale Element aller Software-defined Ansätze – die Abstraktionsschicht – in das produktionstechnische Umfeld. Die Abstraktionsschicht dient zur konsequenten Trennung von Applikationen und Ressourcen, indem sie Hard- und Softwareobjekte darüber- bzw. darunterliegender Schichten abstrahiert und deren Verhalten gegenüber Objekten der jeweilig anderen Schicht emulieren kann. Auf diese Weise können Produktionsprozesse mittels Software definiert sowie flexibel anpassbar und unabhängig von den produzierenden Ressourcen gestaltet werden. Dem Vorbild der IT weiter folgend, ist festzustellen, dass es nicht ausreicht, lediglich eine Abstraktionsschicht einzuführen. Auf Computersystemen gibt es zwischen Benutzeranwendungen und Computerhardware mehrere Zwischenschichten wie Systemdienste, Treiber oder das



Betriebssystem. Die Notwendigkeit dieser Schichten ist in der Produktionstechnik nicht nur absehbar, sondern bereits Gegenstand der aktuellen Betrachtung. Auch bei den eingesetzten Virtualisierungstechnologien können viele Lösungen aus der IT-Branche übernommen werden. Hierzu zählen beispielsweise virtuelle Maschinen, Docker-Container, Kubernetes und andere mehr.

## Mehrwerte von SDM

SDM ist bereits in der Engineeringphase von Maschinen und Fabriken vorteilhaft, da Softwareapplikationen ohne Kenntnis und Berücksichtigung der ausführenden Hardware entwickelt werden können. Standardisierte Schnittstellen ermöglichen es, die Applikationen mit einem digitalen Abbild eines noch zu entwickelnden realen Systems zu koppeln und Softwaretests in dieser frühen Phase durchzuführen. Sobald das reale System vorliegt, kann die Applikation damit gekoppelt werden, ohne dass sich aus Applikationssicht etwas ändert.

Aber auch in der späteren Betriebsphase ergeben sich Vorteile. Softwareupdates können on-the-fly eingespielt werden. Dazu ist es nicht mehr erforderlich, das System in einen sicheren Zustand zu überführen. Die Aktualisierung kann zur Laufzeit des Systems durchgeführt werden, indem alte und neue Version temporär parallel betrieben und miteinander synchronisiert werden. Sobald beide Applikationen denselben Zustand erreicht haben, kann auf die neue Version gewechselt und die alte abgeschaltet werden. Applikationen lassen sich auf weitestgehend beliebigen Rechenplattformen ausrollen und auslastungsgerecht dynamisch umverteilen. Die gesamte Produktion kann auf unerwartete Änderungen oder Störungen reagieren und geplante Produktionsstrategien kurzfristig anpassen. Dies ist einerseits der Effizienz zuträglich, da zu jedem Zeitpunkt die optimale Lösungsstrategie berechnet und zur Umsetzung gebracht werden kann. Andererseits verbessert sich auch die Nachhaltigkeit, indem auf gemachte Fehler mit Kompensationsstrategien reagiert und damit Ausschuss reduziert werden kann. Darüber hinaus lässt sich durch die flexible Kopplung von Computern und Applikationen insgesamt Rechenkapazität einsparen.

Last but not least ermöglicht die konsequente Umsetzung von SDM neue, innovative Geschäftsmodelle. Durch eine modular aufgebaute Softwarearchitektur ist es auch kleinen und mittelständischen Unternehmen möglich, Lösungsbau- steine zum Ökosystem beizusteuern.

## SDM in der Forschungslandschaft der Universität und darüber hinaus

Die Institute des Stuttgarter Maschinenbaus erforschen – teils in Kooperation mit der Industrie – in mehreren interdisziplinären Verbundprojekten, wie SDM die Produktion von morgen revolutionieren kann. Allen voran ist die Universität mit 4 Instituten (IAS, IFF, ISTE, ISW) im Großprojekt SDM-4FZI mit einem Projektvolumen von über 73 Millionen Euro auch in leitender Funktion beteiligt. Im Innovationscampus Mobilität der Zukunft (ICM) bildet SDM die Schnittmenge zwischen den ICM-Forschungsfeldern: Manufacturing Systems und Software System Architectures. In diesem Bereich sind eine Vielzahl an universitätsübergreifenden Projekten zwischen Universität Stuttgart und dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) entstanden. Gemeinschaftlich treiben wir die Thematik voran, was die nachfolgenden Artikel aus- zugsweise verdeutlichen.

Autoren: Prof. Dr.-Ing. Alexander Verl, Michael Neubauer, M.Sc.



Software-defined Manufacturing

### Ansprechpartner

Prof. Dr.-Ing. Alexander Verl  
[alexander.verl@isw.uni-stuttgart.de](mailto:alexander.verl@isw.uni-stuttgart.de)

Michael Neubauer, M.Sc.  
[michael.neubauer@isw.uni-stuttgart.de](mailto:michael.neubauer@isw.uni-stuttgart.de)



Digitaler Zwilling eines Schweißroboters

# SOFTWARE-DEFINED MANUFACTURING

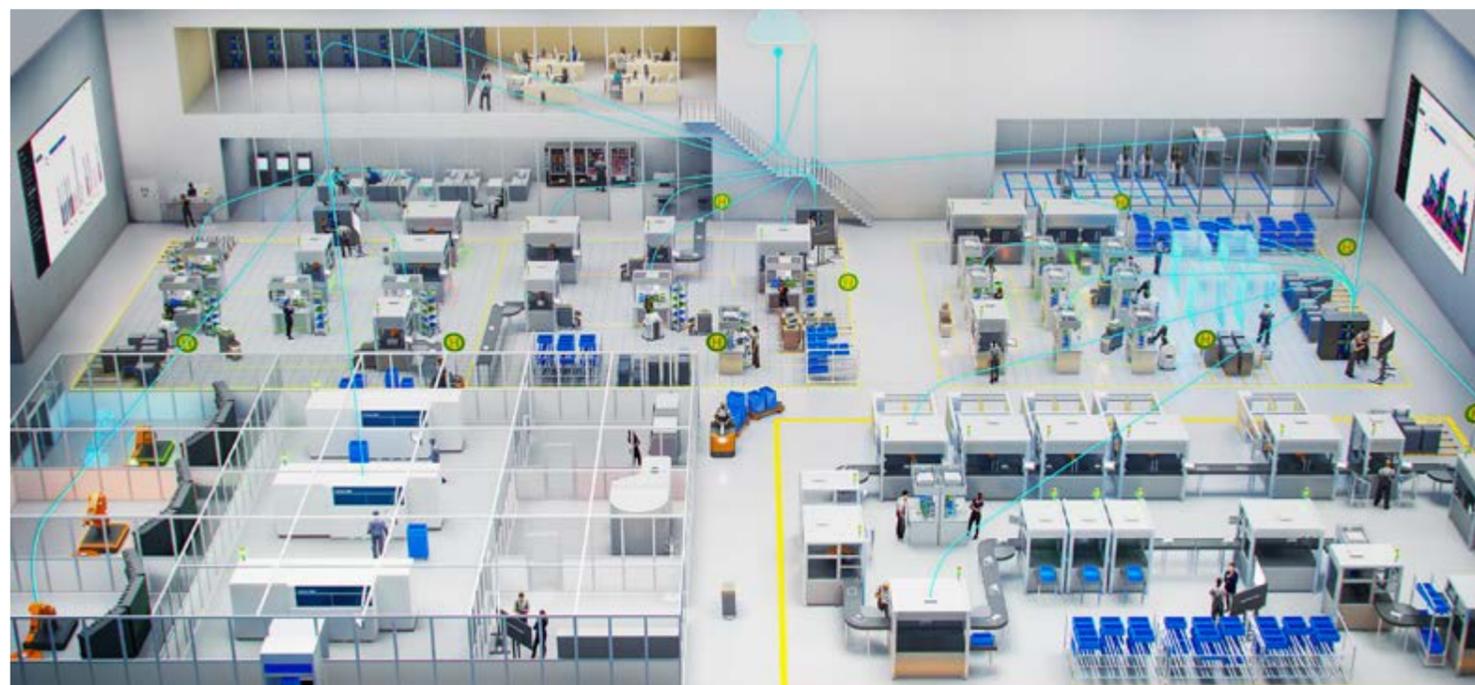
für die Fahrzeug- und Zulieferindustrie

SDM4FZI

**Hochvolatile Märkte, unsichere Lieferketten und der allgemeine Wandel hin zur Elektrifizierung in der Automobilindustrie fordern die Produktionstechnik heraus. Software-defined Manufacturing flexibilisiert Produktionssysteme und ermöglicht dadurch den Bau einer wandlungsfähigen Fabrik.**

Flexibler, schneller, effizienter: Diese Eigenschaften stehen bei der Entwicklung von Produktionssystemen auf der Wunschliste der Automobil- und Zulieferindustrie ganz weit oben. Die Produktionsmittel der Branche werden seit Jahrzehnten hinsichtlich dieser Kriterien optimiert und weiterentwickelt. Allerdings reicht die alleinige Erfüllung dieser Anforderungen in der heutigen Zeit nicht mehr aus, um sich im hart umkämpften und ständig wandelnden Markt durchzusetzen. Veränderung ist das neue Normal. Wandlungsfähigkeit wird immer mehr zum Differenzierungsmerkmal. Innovationssprünge bezüglich der traditionellen und neuen Anforderungen sind nur durch einen Paradigmenwechsel herbeizuführen. Die Art und Weise wie heute produziert wird, muss grundlegend hinterfragt werden. Dieses Ziel haben sich die Teilnehmenden des Forschungsprojektes „Software-defined Manufacturing für die Fahrzeug- und Zulieferindustrie (SDM4FZI)“ gesetzt.

Unter der Koordination von Bosch und des Instituts für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen (ISW) der Universität Stuttgart wollen insgesamt 30 Partner aus Industrie und Forschung die erforderlichen Grundlagen erarbeiten. Das Ziel besteht darin, einzelne Komponenten bis hin zu ganzen Produktionsnetzwerken flexibel durch den intelligenten Einsatz von Software planen, steuern und verändern zu können. Dies ebnet der Produktionstechnik den Weg trotz hoher Marktvolatilität, unsicheren Lieferketten und starken Wandlungstreibern produktiv zu fertigen. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) fördert das Forschungsprojekt mit rund 35 Millionen Euro.



Über Software-definierte, wandlungsfähige Fabrik  
Fotos: Bosch

## SDM-fähige Architektur

Die aktuelle Operational Technology (OT) zeichnet sich durch heterogene Technologien, proprietäre Ökosysteme und monolithische Strukturen aus. SDM erfordert eine neue Systemarchitektur mit horizontaler (über die Lieferkette hinweg) und vertikaler (vom Sensor bis in die Cloud) Durchgängigkeit. Dies erfolgt nach dem Vorbild der Informationstechnik (IT) und dem dort vorherrschendem Muster, komplexe Anwendungen in kleine, unabhängige Services mit offenen, aber standardisierten Schnittstellen aufzuteilen. Der konsequente Einsatz von Virtualisierungsmethoden und das damit einhergehende Schichtenmodell unterstützt diese Herangehensweise. Anwendungen (Produktionsplanungssysteme, CNC-/PLC-Steuerungen, Zustandsüberwachungssysteme etc.) werden mithilfe von Abstraktionsschichten strikt von der technologischen Infrastruktur (Produktionsmittel, Computer, Netzwerktechnik etc.) getrennt. Auf diese Weise lassen sich Anwendungen losgelöst und ohne tiefere Kenntnis über die darunterliegende Infrastruktur entwickeln und betreiben.

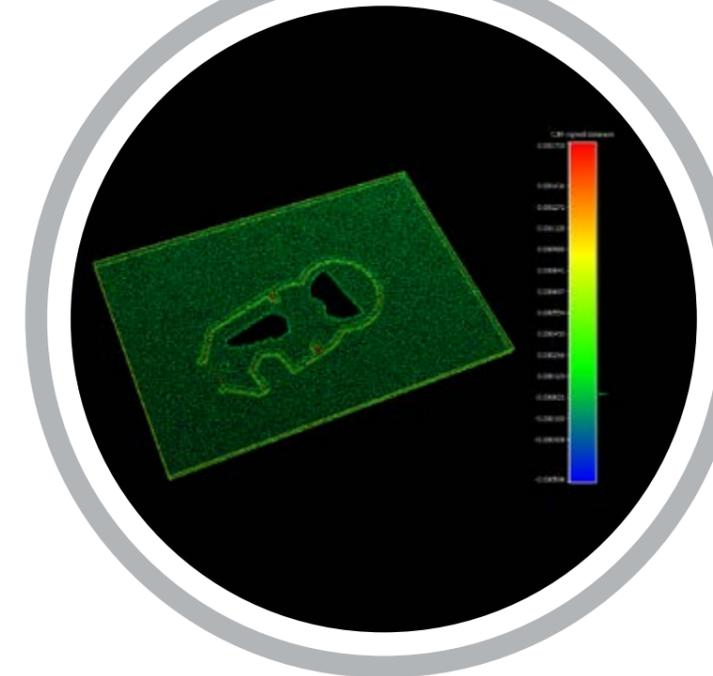
## Digitale Zwillinge als Abstraktionsschicht

Eine Abstraktionsschicht trennt Anwendungen von der Infrastruktur, indem Hard- und Software-Objekte (nachfolgend: Assets) mittels digitaler Zwillinge emuliert werden. Die technologische Umsetzung erfolgt in SDM4FZI durch Verwaltungsschichten nach dem Standard der Industrial DigitalTwin Association (IDTA). Im klassischen, produktionstechnischen Umfeld lassen sich die Assets in Produkte, Prozesse und Ressourcen (PPR) untergliedern. Beim Produkt handelt es sich um das Erzeugnis, das mithilfe der Produktionsmittel (Ressourcen) gefertigt werden soll. Unter Ressourcen werden nicht nur Maschinen, Werkzeuge und Transportsysteme verstanden, sondern auch Computer- und Netzwerkinfrastrukturkomponenten. Mithilfe der Prozesse werden die Produkte von einem Zustand in den nächsten überführt, wobei die Transition unter Verwendung der Ressourcen bewerkstelligt wird. Der Betrieb einer software-definierten Fabrik erfordert zusätzlich eine digitale Repräsentation der digitalen Services. Nur dadurch lässt sich eine durchgängige Informationsbeschreibung für die gesamte Fabrik erreichen, die als zentrale Datenplattform für verschiedene digitale Anwendungen und Services dient.

On-premise Cloud-Infrastruktur zur Fabriksteuerung  
Foto: Bosch



Ergebnis der Vermessung eines virtuellen Produkts



## Virtuelle Fabrik als Test- und Optimierungsplattform

Die Vorteile einer wandlungsfähigen SDM-Fabrik sind ebenso wie die darin realisierbaren Anwendungsfälle vielfältig. Ein hohes Maß an Zuverlässigkeit ergibt sich z. B. daraus, dass Produktionsabläufe vorab simuliert, getestet und optimiert werden können. Die Abstraktionsschicht erlaubt es, den Anwendungen die Ansteuerung der realen Fabrik vorzutauschen, während tatsächlich eine virtuelle Fabrik betrieben wird. Eine Vielzahl an Szenarien (verschiedene Produktionsabläufe, Fertigungsstrategien etc.) können parallel und in Überechtzeit vorab simuliert und optimiert werden. Dabei werden virtuelle Produkte gefertigt, vermessen und mit dem Sollprodukt bzw. untereinander verglichen. Ein beispielhaftes Ergebnis solch einer virtuellen Produktvermessung ist in obiger Abbildung dargestellt. Grün dargestellte Bereiche entsprechen einer guten Übereinstimmung zwischen Soll- und Istgeometrie, während für rote Bereiche größere Abweichungen vorhergesagt werden. Die beste Lösung lässt sich im Anschluss in der realen Fabrik ausrollen. Es kann sogar auf spontane Änderungen oder Störungen flexibel reagiert werden. Die Erprobung in der virtuellen Fabrik wird nicht nur einmalig durchlaufen, sondern erfolgt kontinuierlich parallel zum Betrieb in der realen Welt. Sobald sich bessere Lösungen als der ursprüngliche Plan ergeben, wird in der realen Fabrik ein Update ausgerollt. Dieses Anwendungsbeispiel zeigt anschaulich, wie flexibel in der SDM-fähigen Fabrik der Zukunft gefertigt werden kann.

Autor:innen: Prof. Dr.-Ing. Alexander Verl, Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza



[sdm4fzi.de](http://sdm4fzi.de)



**Ansprechpartner:innen**  
Prof. Dr.-Ing. Alexander Verl  
[alexander.verl@isw.uni-stuttgart.de](mailto:alexander.verl@isw.uni-stuttgart.de)

Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza  
[gisela.lanza@kit.edu](mailto:gisela.lanza@kit.edu)



# DIE ZUKUNFT GESTALTEN MIT ROBOTERGESTÜTZTER VORFERTIGUNG



Rekonfigurierbares Fertigungssystem

## IM HOLZBAU

**Das Baugewerbe steht vor großen Herausforderungen. Zu den vorherrschenden Problemen gehören Arbeitskräftemangel, geringe Produktivität, hoher Ressourcenbedarf, starke Umweltauswirkungen sowie die schleppende Einführung neuer Technologien. Im Exzellenzcluster IntCDC forscht die Universität Stuttgart an der Lösung dieser Probleme und macht das Baugewerbe bereit für die Zukunft.**

Graphbasierte  
Aufgabenbeschreibung  
Fotos: ISW

### Das Exzellenzcluster Integrative Computational Design and Construction for Architecture (IntCDC)

betreibt integrative Grundlagenforschung zu Technologien für das Bauen der Zukunft. Ziel ist es, das volle Potenzial digitaler Technologien zu nutzen, um Design, Fertigung und Konstruktion auf der Grundlage von Integration und Interdisziplinarität neu zu denken.

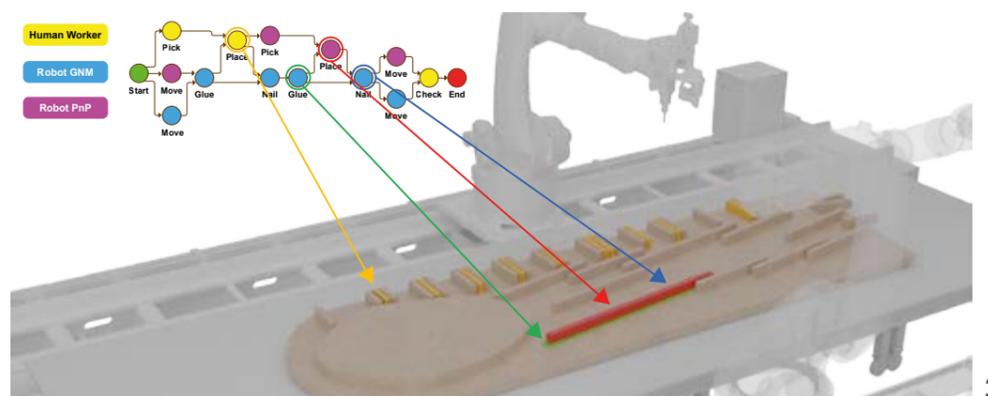
Der Schwerpunkt liegt hierbei auf der Entwicklung neuer Ansätze und Methoden für einen nachhaltigen, effizienten und innovativen Gebäudeentwurf und -bau mit besonderem Augenmerk auf dem Holzbau, Faserleichtbau und Betonbau.

Eine Schlüsselkomponente des IntCDC-Forschungsansatzes, welche die Integration von computerbasiertem Entwurf, Engineering und Fertigung für nachhaltige und innovative Gebäudelösungen ermöglicht, ist das Co-Design.

### Co-Design

Co-Design ist ein gemeinschaftlicher und integrierter Planungsansatz, der alle am Bauprozess Beteiligten parallel einbezieht und darauf abzielt, die Leistungsfähigkeit, die Nachhaltigkeit und den Entstehungsprozess von Gebäuden zu optimieren, indem verschiedene Entwurfskriterien und Bedingungen, wie z. B. strukturelle, ökologische, wirtschaftliche und soziale Faktoren, berücksichtigt werden.

Ein Kernaspekt von IntCDC ist die Entwicklung von Methoden, Prozessen und Systemen für mehrgeschossige Gebäude, die exploratives Entwerfen, Optimierung, Analyse, Visualisierung und robotische Vorfertigung im Co-Design-Ansatz integrieren. Dabei sollen die mit diesem architektonischen Anwendungsbereich verbundenen Herausforderungen wie divergierende Entwurfsfaktoren, multidimensionale Optimierungsparameter und vielfältige Interessengruppen berücksichtigt und die Wechselbeziehung zwischen räumlichen und konstruktiven Ordnungssystemen, struktureller und bauphysikalischer Leistung sowie ökologischen und wirtschaftlichen Anforderungen berücksichtigt werden.





Entwurf des LCRLs für den Campus in Stuttgart-Vaihingen, Foto: ICD

## Parametrische Bausysteme und computergestützte Entwurfsverfahren ermöglichen individuelle Lösungen abseits vorgegebener Raster

Im Bereich des Holzbaus erforscht IntCDC Lösungen für die Probleme der Bauindustrie, indem es computergestützte Entwurfs- und Roboterfertigungstechniken entwickelt. Hier ist das konkrete Ziel, die Produktivität zu steigern, den Ressourcenbedarf zu verringern, die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu senken und dem Fachkräftemangel zu begegnen.

Zu diesem Zweck wird ein parametrisches Holzbausystem entwickelt, das die Designbeschränkungen derzeitiger Holzbausysteme überwinden soll, indem es offene, flexible Räume und maßgeschneiderte architektonische Lösungen ermöglicht. Dieses neue Bausystem ist rasterunabhängig und ermöglicht punktgestützte Flachdecken mit großen, bidirektionalen Spannweiten. Dies wird durch neu entwickelte Verbindungssysteme und Leichtbaulösungen für das ressourcensparende Bauen ermöglicht.

Auf Basis dieses Bausystems können projektspezifisch geplante, maßgeschneiderte Gebäudeentwürfe entstehen. Hierbei werden die entwickelten computergestützten Entwurfsmethoden eingesetzt, um die strukturelle Leistungsfähigkeit der Gebäudekomponenten und den Materialeinsatz zu optimieren und schnell viele Entwurfsalternativen zu generieren. Die entwickelten computerbasierten Modellierungs- und Optimierungstechniken umfassen beispielsweise agentenbasierte Methoden, die zur Optimierung von Spannweiten und Stützenanordnung eingesetzt werden.

Dieser Ansatz führt zu leistungsfähigen und individuell angepassten Gebäudeentwürfen mit einer großen Anzahl topologisch ähnlicher, jedoch individueller Bauteile, die gefertigt werden müssen. Hierbei hat jedes Bauteil die Losgröße 1. Dies stellt eine große Herausforderung für die robotische Vorfertigung der Gebäudeelemente dar.

Im Co-Design-Ansatz wird die Herstellbarkeit von Gebäudekomponenten bereits während der Planung validiert. Mithilfe einer Optimierungsschleife sollen die Gebäudekomponenten und das Layout des IntCDC-Fertigungssystems angepasst werden, um eine optimale Lösung zu finden, die alle Randbedingungen erfüllt.

## Roboter vor Ort – ein adaptives, rekonfigurierbares Fertigungssystem für den Holzbau

Für die Fertigung der Gebäudekomponenten wurde eine neuartige Roboterplattform entwickelt. Der Grundgedanke hinter der Anlage ist ein rekonfigurierbares Fertigungssystem, das entweder direkt auf der Baustelle oder bei lokal ansässigen Holzbauunternehmen für die Durchführung eines spezifischen Projekts aufgestellt wird. Um dies zu ermöglichen, sind die Schwerlastindustrierober auf Containern nach ISO-668 montiert. Somit können die einzelnen Module des Systems wie herkömmliche Frachtcontainer transportiert, schnell aufgebaut und integriert werden.

Aktuell besteht das modulare Vorfertigungssystem aus 4 Containerplattformen mit Industrierobotern. Die Container haben eine Größe von 40 und 20 Fuß und verfügen über Linearachsen mit 10,5 bzw. 4,56 Metern Verfahrweg. Nach dem Aufstellen müssen die einzelnen Container nur mit Strom und Druckluft versorgt werden und sind daraufhin direkt betriebsbereit. Ein neues Schwerlast-AMR (Autonome Mobile Roboter) für das Bauteilhandling ermöglicht auch die zellenübergreifende Logistik und Fertigung sowie die Vergrößerung des Arbeitsraums einzelner Zellen.

Für die Steuerung der Anlage wird ein rekonfigurierbares Steuerungssystem entwickelt, das sich an die Konfiguration des Fertigungssystems anpasst. Ein Skill basierter Aufgabengraph bildet die Schnittstelle zwischen robotischer Fertigung und computergestütztem Entwurf. Die modellbasierte Generierung der Steuerungskonfiguration und eines Simulationsmodells der Anlage ermöglicht die automatisierte Simulation vieler Varianten und bildet damit die Grundlage für die Optimierung im Co-Design.

## Ausblick

Als Demonstrator für die Leistungsfähigkeit der entwickelten Methoden und Systeme wird das Exzellenzcluster ab dem Jahr 2024 mit dem Bau des „Large Construction Robotics Laboratory“ (LCRL) auf dem Campus in Stuttgart-Vaihingen beginnen. Das neue Gebäude des IntCDC basiert auf den entwickelten Methoden und dem neuartigen Bausystem. Die Bauteile des Gebäudes werden mit der entwickelten Roboteranlage gefertigt. Nach der Fertigstellung werden die Roboter aus dem provisorischen Labor in Waiblingen in das neue Zuhause des IntCDC umziehen.

Autoren: Prof. Dr.-Ing. Alexander Verl, Prof. Achim Menges



IntCDC



### Ansprechpartner

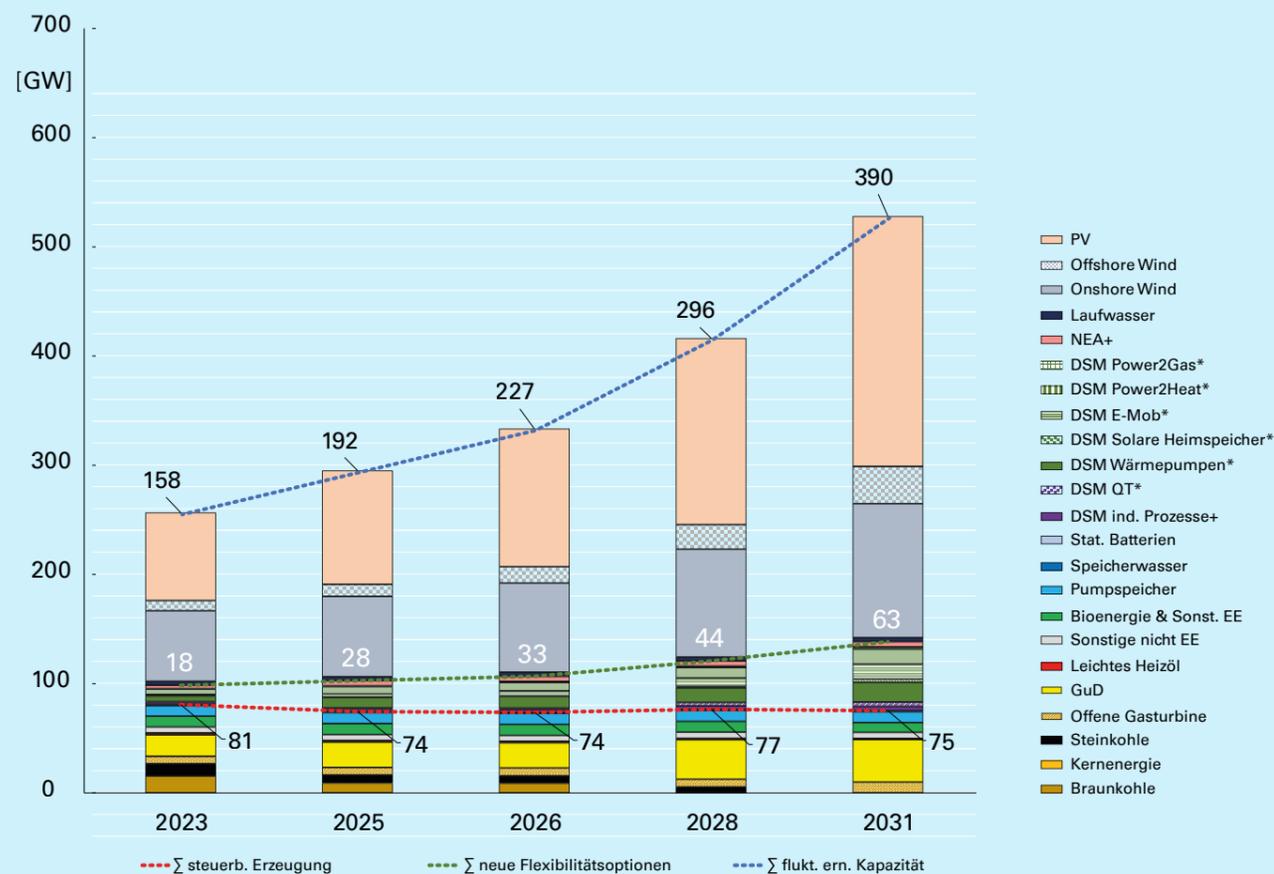
Prof. Dr.-Ing. Alexander Verl  
[alexander.verl@isw.uni-stuttgart.de](mailto:alexander.verl@isw.uni-stuttgart.de)

Prof. Achim Menges  
[achim.menges@icd.uni-stuttgart.de](mailto:achim.menges@icd.uni-stuttgart.de)

# RESILIENTE VERSORGUNG

In vielen Sektoren wichtig, im Energiesektor ein „Muss“

Mit dem Angriff Russlands auf die Ukraine ist die Resilienz unserer Versorgung mit Gütern und Dienstleistungen wieder verstärkt in den Fokus gerückt. Bereits die Corona-Krise hat uns die Folgen von Brüchen in den Wertschöpfungsketten der Unternehmen deutlich vor Augen geführt.



Grafik: Entwicklung der installierten Kapazitäten des Anlagenparks im Marktgebiet Deutschland/Luxemburg für ein versorgungssicheres System<sup>1</sup>

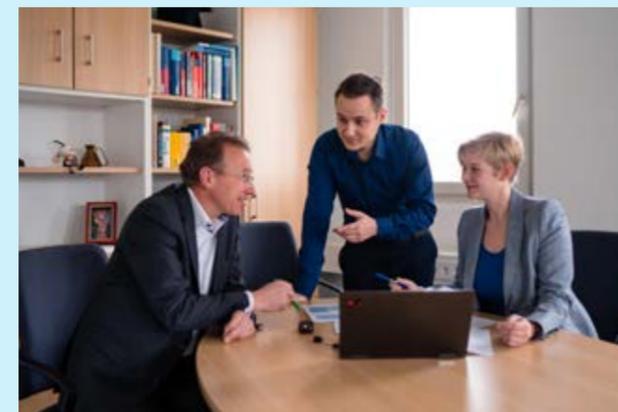


Foto: Ludmilla Parsyak



Foto: NASA visible earth

## Was bedeutet Resilienz?

In der Systemwissenschaft ist es die Fähigkeit eines Systems, auf unerwartete Störungen zu reagieren, indem das System so verändert werden kann oder sich selbst verändert, dass es seine Bestimmung weiterhin erfüllt, d. h. sein Ziel weiterhin erreicht.

Insbesondere in der Energieversorgung wurde der Resilienz schon immer eine hohe Bedeutung eingeräumt. Das „muss“ so sein, weil eine umfassende und dauerhafte Versorgung unseres Wirtschaftssystems, aber auch unseres täglichen Lebens, mit den jeweils benötigten Energieträgern zum notwendigen Zeitpunkt am richtigen Ort eine unabdingbare Voraussetzung für dessen Funktionieren darstellt. Dies gilt in ähnlicher Weise beispielsweise auch für die Logistik von Waren: Hier ist eine störungsfreie und resiliente Supply-Chain für unsere Wirtschaft von hoher Bedeutung. In vielen Bereichen leistet die Forschung des Stuttgarter Maschinenbaus wichtige Beiträge, resiliente Systeme zu gestalten.

**Zurück zur Energie:** Bei elektrischem Strom wird das schnell klar: Er muss immer zeitgleich mit der Nachfrage ins Netz eingespeist werden. Die Resilienz der Energieversorgung ist dann hoch, wenn eine hohe „Versorgungssicherheit“ bzw. „Versorgungszuverlässigkeit“ mit Strom und anderen Energieträgern auch bei unerwarteten Störungen gewährleistet ist. Hierzu tragen mehrere Aspekte bei. Zum einen muss eine entsprechende Infrastruktur (Netze, Erzeugungs-, Umwandlungskapazitäten etc.) vorhanden und einsatzbereit sein. Dies erfolgt über entsprechende technische Redundanzen und Diversifizierung. Zum anderen müssen die benötigten Energieträger für die Stromerzeugung in ausreichender Menge und zum richtigen Zeitpunkt am richtigen Ort vorhanden sein. Dies waren bislang hauptsächlich importierte fossile Energieträger, die einem Lieferrisiko ausgesetzt sind. Mit zunehmendem Einsatz erneuerbarer Energien entfällt dieses Problem. Dafür wird die Erzeugung aber wetterabhängig.

Auch das zukünftige System ist daher auf steuerbare Leistung angewiesen, um das Leistungsgleichgewicht auch zu halten, wenn wenig Wind- und Solarenergie verfügbar ist. Bislang kommt diese Leistung vor allem aus fossilen Kraftwerken – aufgrund der geringeren Emissionen zunehmend aus Erdgaskraftwerken. Da aber 55 Prozent des Erdgases aus Russland stammte, kam es hier im vergangenen Jahr zu einer kritischen Situation, die im vergangenen Winter nur unter hoher Anstrengung aller Beteiligten beherrscht werden konnte: Durch noch vorhandene Diversifikationsmöglichkeiten (Reaktivierung von Kohlekraftwerken, Verlängerung der Kernenergie) und die schnelle Erschließung neuer Lieferquellen (LNG), aber auch einer erheblichen Absenkung der Nachfrage durch Einbußen von Komfort (Raumtemperatur) und wirtschaftlicher Produktion. Am Ende half auch das Wetter glücklicherweise deutlich mit.

## Legende

	Betrachtungsgebiet
	< 100 kW/km <sup>2</sup>
	< 200 kW/km <sup>2</sup>
	< 300 kW/km <sup>2</sup>
	< 400 kW/km <sup>2</sup>
	< 500 kW/km <sup>2</sup>
	< 600 kW/km <sup>2</sup>
	≥ 600 kW/km <sup>2</sup>

Insgesamt hat das Energiesystem sowohl durch technisches als auch ökonomisches, politisches und gesellschaftliches Zusammenwirken eindrucksvoll bewiesen, wie resilient es in einer solchen Krisensituation reagieren kann. Langfristig bleibt aber die Herausforderung, es weiterhin ausreichend resilient und wettbewerbsfähig zu erhalten.

Dies wird beispielsweise regelmäßig im Monitoring der Versorgungssicherheit durch die Bundesnetzagentur (BNetzA) geprüft, das im vergangenen Jahr auf Gutachten<sup>1</sup> aufbaute, an denen das Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart beteiligt war. Es wird untersucht, durch welche Maßnahmen das Energiesystem im europäischen Verbund versorgungssicher bleiben kann und gleichzeitig die gesteckten Klimaziele erreicht werden. Dies wird durch einen massiven Ausbau der erneuerbaren Erzeugung und die gleichzeitige Bereitstellung von steuerbarer Leistung erreicht<sup>2</sup>: Klimaneutrale steuerbare Erzeugung (aus z. B. Biomasse, erneuerbar erzeugtem Wasserstoff oder synthetischen Brennstoffen), Speicher oder flexible Lasten (Demand Side Management (DSM)).<sup>2</sup>

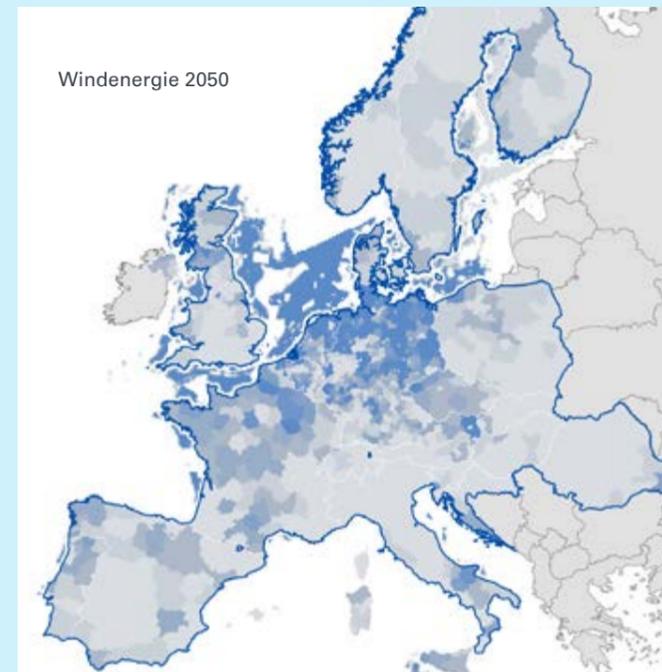
In allen drei Feldern sind Forschende der Universität Stuttgart und des Stuttgarter Maschinenbaus in wegweisenden Projekten aktiv: Mit der Erzeugung von synthetischen Brennstoffen in direkter Kombination mit Offshore-Windparks vor Ort befasst sich beispielsweise das Projekt P2X-Wind im Leitprojekt H<sub>2</sub>Mare, das zur nationalen Wasserstoffstrategie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) gehört. Hier ist das IER gemeinsam mit Partnern von anderen Fakultäten und anderen Forschungseinrichtungen beteiligt.

Seit vielen Jahren befasst sich auch das Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik (IFK) oft gemeinsam mit dem IER mit der Erzeugung von Strom, Wärme und Gas aus Biomasse. Das Institut für Energieeffizienz in der Produktion (EEP) untersucht, wie Biomasse u. a. über Bakterien zur Wasserstofferzeugung genutzt werden kann. Ihre Kompetenzen bringen die Institute auch in den neuen Forschungsverbund Valorisation of Bioresources (ValBio) ein, der unter Federführung des Instituts für Bioverfahrenstechnik (IBVT) die Nutzung nachwachsender Rohstoffe in verschiedenen Wirtschaftsbereichen, auch in der Energieerzeugung, in den Fokus genommen hat. Das Institut für Konstruktion und Fertigung in der Feinwerktechnik (IKFF) forscht seit vielen Jahren ebenso wie das Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicher (IGTE) an Brennstoffzellen.

Neben klassischen Wasserspeicherkraftwerken, die am Institut für Strömungsmechanik und Hydraulische Strömungsmaschinen (IHS) seit vielen Jahre erforscht werden, stehen insbesondere Wärmespeicher und Technologien zur Nutzung von Erneuerbaren Energien wie z. B. Wärmepumpen im Fokus des IGTE. Auch diese stellen wichtige Bausteine für das resiliente klimaneutrale Energiesystem der Zukunft dar.



Verwaltungsgrenzen: Europa: © OpenStreetMap-Mitwirkende | Deutschland: © GeoBasis-DE / BKG 2017 | Generalisierung: FFE e.V.<sup>3</sup>



Die Fragestellung der Flexibilisierung sowohl der vorhandenen Stromnachfrage als auch neuer Stromanwendungen, wie beispielweise der Elektromobilität und elektrisch angetriebener Heiz- und Lüftungssysteme, werden in verschiedenen Projekten am IGTE und IER erforscht. Im vom BMBF geförderten Schaufensterprojekt c/sells war das IER an der Entwicklung eines dezentralen zellulären Energiesystems im Sonnenbogen Süddeutschlands beteiligt.

Das EEP entwickelt auf der vom BMBF geförderten Plattform Wave-H2 resiliente industrielle Energiesysteme unter Verwendung von Wasserstoff und entwickelt Produktionstechnologie, die mit unterschiedlichen Energieträgern betrieben werden kann.

Am IER, aber insbesondere auch am EEP werden die Möglichkeiten und notwendigen Steuerungstechnologien für die geeignete Flexibilisierung der Stromnachfrage in der Wirtschaft untersucht. Das EEP leitet in diesem Feld eines der nationalen vom BMBF geförderten Kopernikusprojekte für die Energiewende: Das Projekt SynErgie, das voraussichtlich noch in diesem Jahr in die dritte Förderphase gehen wird und zu den Leuchtturmprojekten der Digitalstrategie der Bundesregierung gehört.

Die verschiedenen Projekte verdeutlichen, welche vielfältigen Beiträge die Institute des Stuttgarter Maschinenbaus leisten, um die technischen, ökonomischen und gesellschaftlichen Herausforderungen meistern zu können, die das Energiesystem und andere wichtige Systeme unserer Wirtschaft resilient und gleichzeitig klimaneutral verändern.

Autoren: Prof. Dr.-Ing. Kai Hufendiek, Prof. Dr.-Ing. Alexander Sauer

<sup>1</sup> Consentec, IER Universität Stuttgart und FfE (2023): Gutachten für den Monitoringbericht 2022 zur Versorgungssicherheit mit Strom gem. § 63 EnWG-E. Gutachten im Auftrag der BNetzA, Bonn, abzurufen unter [https://www.bmwf.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/gutachten-fuer-den-monitoringbericht-2022.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=8](https://www.bmwf.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/gutachten-fuer-den-monitoringbericht-2022.pdf?__blob=publicationFile&v=8)

<sup>2</sup> IER Universität Stuttgart in <sup>1</sup>, S. 139

<sup>3</sup> FfE e.V.



Resiliente Versorgung



**Ansprechpartner**

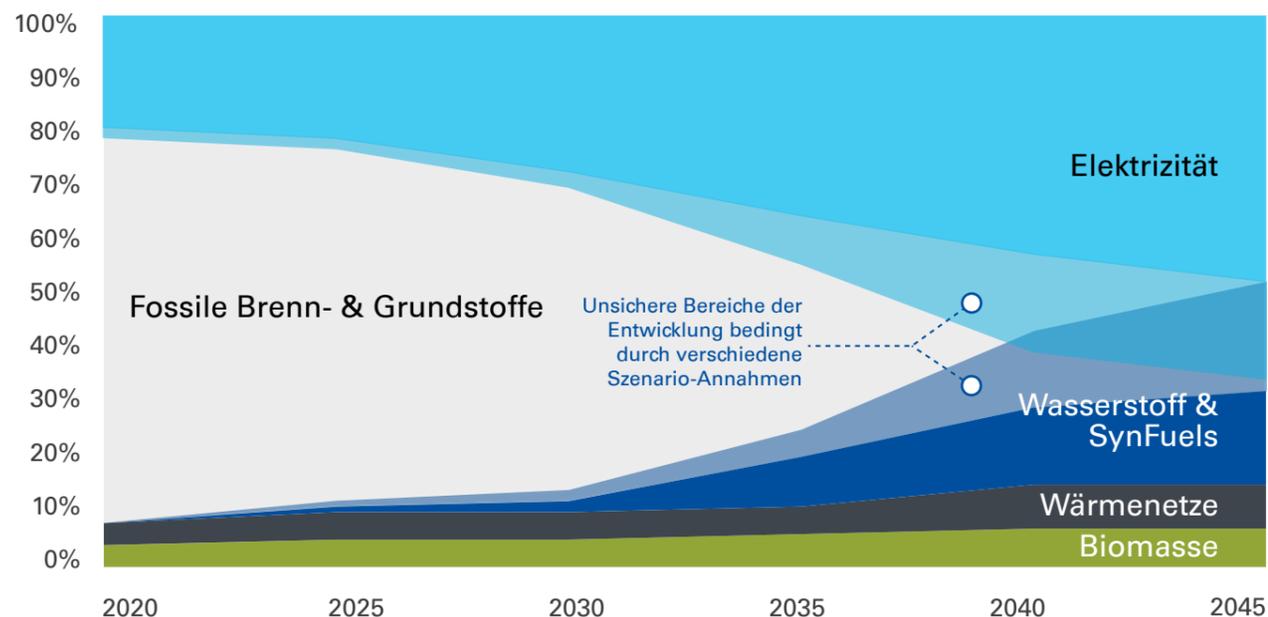
Prof. Dr.-Ing. Kai Hufendiek  
[kai.hufendiek@ier.uni-stuttgart.de](mailto:kai.hufendiek@ier.uni-stuttgart.de)

Prof. Dr.-Ing. Alexander Sauer  
[alexander.sauer@eep.uni-stuttgart.de](mailto:alexander.sauer@eep.uni-stuttgart.de)

# GRÜNER WASSERSTOFF

**Für die Erreichung der Klimaziele ist neben dem Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen auch eine Elektrifizierung der meisten Energieanwendungen notwendig. Wo eine direkte Elektrifizierung nicht möglich oder aufwendig ist, kommen grüner Wasserstoff und synthetische Kraftstoffe (SynFuels) ins Spiel.**

Im Jahr 2020 lag der Endenergiebedarf in Deutschland bei rund 2.300 TWh.<sup>1</sup> Laut Studien, die im Rahmen des Kopernikus-Projekts Ariadne durchgeführt wurden, könnte dieser vor allem durch Elektrifizierung und damit einhergehende Effizienzsteigerungen bis 2045 auf 1.300 bis 1.700 TWh verringert werden.<sup>2</sup> Um all diese Energietreibhausgasneutral bereitzustellen, ist ein struktureller Wandel notwendig. In der Stromerzeugung wurden in den letzten Jahren bereits Fortschritte erzielt. Im Jahr 2021 stammten rund 41 Prozent unseres Stroms aus erneuerbaren Energiequellen (EE). Auf den gesamten deutschen Endenergieverbrauch bezogen belief sich der Anteil allerdings nur auf 19,2 Prozent.<sup>3</sup>



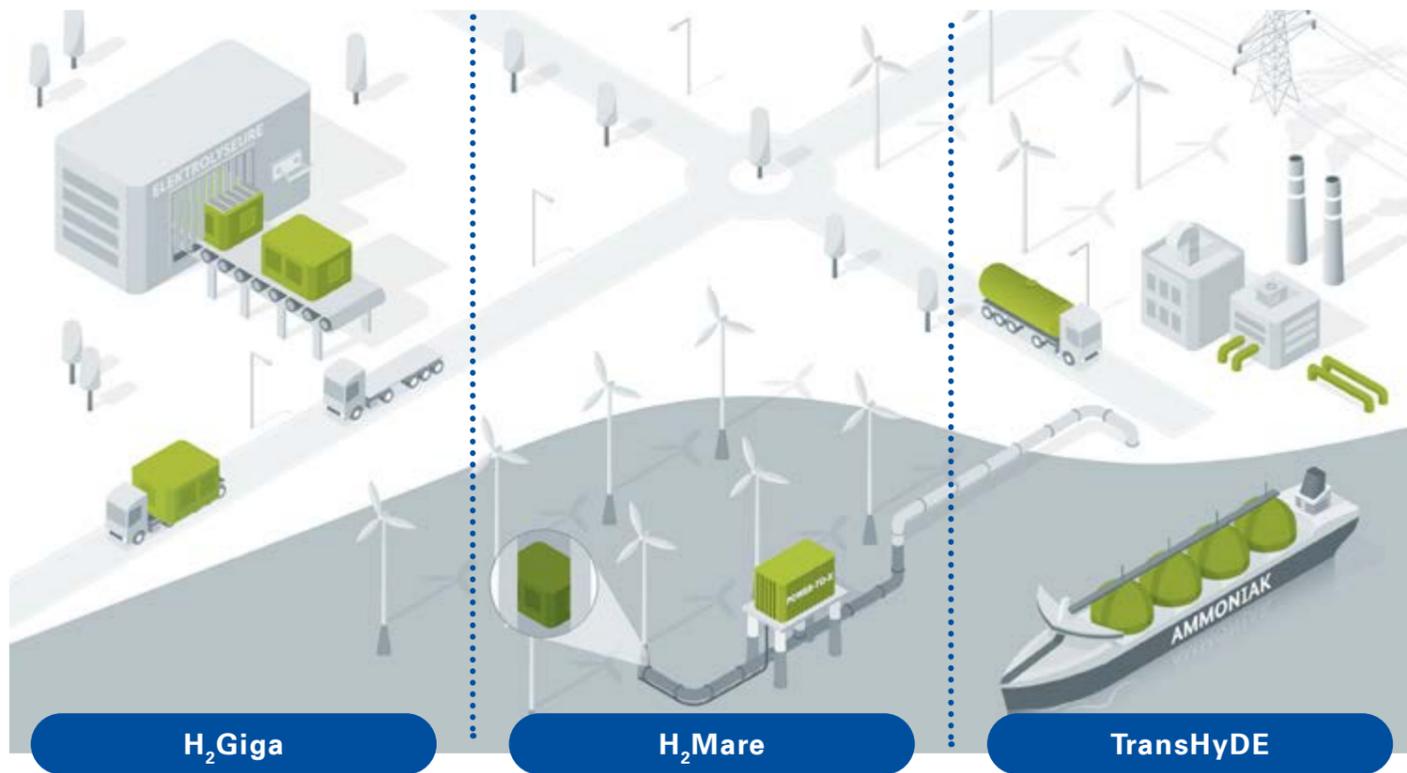
Grafik: Entwicklung des Endenergie-Mix nach Energieträgern in den Szenarien des Kopernikusprojektes<sup>4</sup>

Die Abbildung zeigt mögliche Entwicklungspfade des deutschen Endenergie-Mix für verschiedene Szenarien des strukturellen Wandels zur Klimaneutralität bis zum Jahr 2045. Die transparent dargestellten Endenergieformen (Elektrizität, Wasserstoff und SynFuels) stellen unsichere Bereiche dar, die durch unterschiedliche Szenarien zu Stande kommen. Um ein klimaneutrales Energiesystem zu erreichen und die Lücke zu schließen, muss die fossile Endenergie (grauer Bereich) durch klimaneutral erzeugte Endenergie ersetzt werden. In den Szenarien wird davon ausgegangen, dass ein großer Teil durch eine erweiterte Elektrifizierung (hellblauer Bereich) und durch den Einsatz von grünem Wasserstoff bzw. SynFuels (dunkelblauer Bereich) erfolgt.

## FÜR EIN KLIMANEUTRALES ENERGIESYSTEM

Allerdings können nicht alle Anwendungen (z. B. Flugverkehr sowie bestimmte Prozesse in der chemischen Industrie) direkt elektrifiziert werden. In anderen Bereichen geht eine Elektrifizierung mit einem erheblichen Umbau von Infrastrukturen und Endanwendungstechnologien einher. Grüner Wasserstoff sowie SynFuels präsentieren sich hier als vielversprechende Lösungsansätze. Mit Strom aus erneuerbaren Quellen erzeugt, können sie als Energieträger zur Dekarbonisierung dieser sogenannten „Hard-to-abate“-Anwendungen beitragen. In welchem Umfang am Ende eine direkte Elektrifizierung oder der Einsatz von Wasserstoff oder SynFuels erfolgen wird, ist derzeit noch nicht abzuschätzen, was der Unsicherheitsbereich in der Mitte von Abbildung links veranschaulicht.

SynFuels, zu denen u. a. Methanol, Ammoniak und die sogenannten Fischer-Tropsch-Kraftstoffe zählen, werden auf Basis von „grünem“ Wasserstoff in verfahrenstechnischen Prozessen hergestellt. Da der Ausgangspunkt immer Strom aus EE darstellt, werden diese Stoffe auch als Power-to-X-Produkte (PtX) oder SynFuels bezeichnet. Sie zeichnen sich durch eine hohe Energiedichte sowie gute Speicherbarkeit aus und eignen sich daher beispielsweise für den Flug- und Schiffsverkehr und auch für saisonale Energiespeicher. Die größte Bedeutung werden sie allerdings im Industriesektor entfalten, wo sie entweder direkt stofflich genutzt oder zur Erzeugung von Hochtemperaturwärme herangezogen werden können. Mit geringfügigen Anpassungen der Infrastrukturen geht der Vorteil einer relativ guten Transportfähigkeit über weite Seestrecken bzw. über vorhandene Versorgungsinfrastruktur an Land einher.

Abbildung: © Drei Wasserstoff-Leitprojekte H2Giga, H2Mare und TransHyDE <sup>5</sup>

Aktuell beschäftigt sich eine Vielzahl internationaler Projekte mit dem Forschungsbereich der Offshore-Herstellung von PtX-Produkten. In Deutschland wird beispielsweise im Leitprojekt H2Mare, einem der drei Wasserstoff-Leitprojekte (vgl. Abbildung oben) des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), die Erzeugung von Wasserstoff und Folgeprodukten auf hoher See erforscht.

Im Forschungsprojekt PtX Wind im H2Mare-Leitprojekt wird dazu zunächst auf einer Versuchsplattform mit einem kleinskaligen Produktionssystem ein ganzheitliches Konzept für die Herstellung von PtX-Produkten auf hoher See entwickelt und mithilfe einer Pilotanlage ein Proof-of-Concept erreicht. Neben technischen Innovationen und der Untersuchung vielversprechender Produktionsprozesse müssen insbesondere Methoden zur Prozessführung identifiziert und weiterentwickelt werden.

Im Rahmen dessen entwickeln zwei Institute der Universität Stuttgart (Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) sowie Institut für Automatisierungstechnik und Softwaresysteme (IAS)) gemeinsam neue Konzepte für die Offshore-Anwendung, die auf bestehenden Ansätzen der Leittechnik, Prozessautomatisierung und Teleoperation aufbauen. Dabei werden für zukünftige Produktionsplattformen, welche eine großskalige Ausführung der Versuchsplattform darstellen, auf Basis eines Digitalen Zwillings simulative Experimente durchgeführt. Darauf aufbauend wird ein System zur optimalen Betriebsführung entwickelt, das auf Prognosen und stochastischen Optimierungsansätzen aus der Energiewirtschaft basiert.<sup>6</sup>

Ob und in welchem Umfang die PtX-Produktion auf See gegenüber Alternativen vorteilhaft sein wird, hängt stark von der Entwicklung der eingesetzten Stromerzeugungstechnologien ab. Die Erschließung von Windenergiepotentialen auf

hoher See gilt wegen der geringeren Flächenkonkurrenz und der wesentlich besseren Windverhältnisse als attraktiv. Durch eine Offshore-Produktion könnten zudem die Kosten für einen Stromnetzanschluss eingespart werden. Ergänzend zur inländischen Produktion können SynFuels zukünftig auch aus Weltregionen mit hohen EE-Potentialen (bspw. Chile, Marokko, Saudi-Arabien) importiert werden. Sollte die Preisentwicklung für Erdgas aus dem Jahr 2022 anhalten, könnten grüner Wasserstoff und SynFuels schon bald konkurrenzfähig sein und sind, anders als Erdgas, klimaneutral.

Im Hinblick auf die Resilienz des Energiesystems weisen solche SynFuels erhebliche Vorteile auf, da diese in der Regel einfacher und lokal speicherbar sind, sodass sie durch die Entkopplung von wetterabhängiger Erzeugung und Nachfrage einen wichtigen Beitrag zur Versorgungssicherheit leisten können. Darüber hinaus eröffnen sie aufgrund der einfachen Transportfähigkeit auch zusätzliche Potentiale durch ggf. mögliche weltweite Importe. Gleichzeitig können hieraus jedoch auch neue Abhängigkeiten entstehen, auf die für eine geeignete Gestaltung geachtet werden sollte.

Alles in allem haben Wasserstoff und SynFuels mittel- bis langfristig die Chance, einen wichtigen Beitrag für eine resiliente und klimaneutrale Energieversorgung zu leisten. Dabei sind in der Forschung längst nicht alle Fragen geklärt, sodass weiterhin intensive Forschungsaktivitäten erforderlich sind.

Autor: Prof. Dr.-Ing. Kai Hufendiek

<sup>1</sup> Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2022) Zahlen und Fakten: Energiedaten, Nationale und internationale Entwicklung, Berlin.

<sup>2</sup> Kopernikus-Projekt Ariadne Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (Hrsg.) (2021) Ariadne-Report: Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 - Szenarien und Pfade im Modellvergleich. <https://doi.org/10.48485/pik.2021.006>, Potsdam, abzurufen unter <https://data.ece.iiasa.ac.at/ariadne/#/workspaces>

<sup>3</sup> Umweltbundesamt (15.12.2022) Erneuerbare Energien in Zahlen.

<sup>4</sup> In Anlehnung an Kopernikus-Projekt Ariadne Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (Hrsg.) (2021) Durchstarten trotz Unsicherheiten: Eckpunkte einer anpassungsfähigen Wasserstoffstrategie, Potsdam, abzurufen unter <https://ariadneprojekt.de/publikation/eckpunkte-einer-anpassungsfahigen-wasserstoffstrategie/>

<sup>5</sup> Projektträger Jülich im Auftrag des BMBF (2023) Willkommen bei den Wasserstoff-Leitprojekten, abzurufen unter: <https://www.wasserstoff-leitprojekte.de/>

<sup>6</sup> Dittler, Daniel; Häbig, Pascal; Gökhan, Demirel; Mößner, Nikola; Müller, Timo; Jazdi, Nasser; Hufendiek, Kai; Weyrich, Michael (2022): Digitaler Zwilling für eine modulare Offshore-Plattform. Effizienzsteigerung grüner Power-to-X-Produktionsprozesse. In: atp Magazin (6-7), S. 72-80, abzurufen unter: <https://www.wasserstoff-leitprojekte.de/>



H<sub>2</sub>Mare

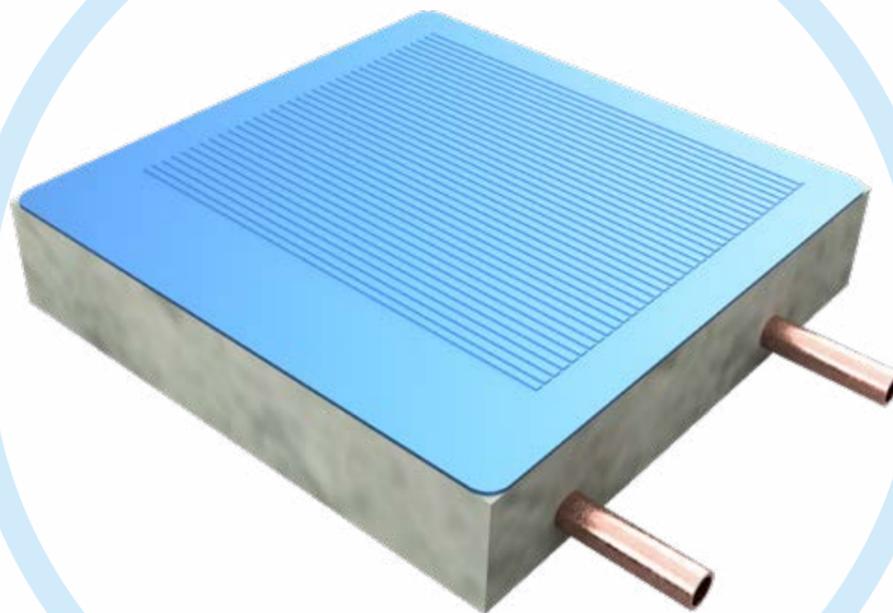
**Ansprechpartner**  
Prof. Dr.-Ing. Kai Hufendiek  
[kai.hufendiek@ier.uni-stuttgart.de](mailto:kai.hufendiek@ier.uni-stuttgart.de)

## FOLGEPROJEKT

# ULTRAPRESS2

## ZUR VERFAHRENSOPTIMIERUNG BEI DER SERIENFERTIGUNG VON BIPOLARPLATTEN FÜR BRENNSTOFFZELLEN

**Innovative Technologien sind die Voraussetzung für das Gelingen der Energiewende und zur Erreichung von Klimazielen. Ein wichtiger Baustein hierfür ist die Brennstoffzelle. Im vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz geförderten Projekt „UltraPress2“ forscht eine Gruppe aus acht Partnern seit mehreren Jahren an der optimierten Herstellung von Bipolarplatten, welche eine zentrale Rolle für die Funktion der Brennstoffzelle spielen. Mit seiner langjährigen Erfahrung in der induktiv-variothermen Prozessführung gehört das Institut für Konstruktion und Fertigung in der Feinwerktechnik (IKFF) der Universität Stuttgart von Beginn an zum Projektkonsortium.**



UltraPress2

**Ansprechpartner**

Prof. Dr.-Ing. Bernd Gundelsweiler  
[bernd.gundelsweiler@ikff.uni-stuttgart.de](mailto:bernd.gundelsweiler@ikff.uni-stuttgart.de)

Milan Fitzlaff, M.Sc.  
[milan.fitzlaff@ikff.uni-stuttgart.de](mailto:milan.fitzlaff@ikff.uni-stuttgart.de)

Graphitischer Bipolarplatten-Probekörper auf UHPC-Werkzeug mit vergossenem Induktor  
Foto: IKFF

Die Schlüsselkomponenten innerhalb von Brennstoffzellen sind die Bipolarplatten. In Brennstoffzellenstapeln, sogenannten „Stacks“, erfüllen die Bipolarplatten eine wichtige Mehrfachfunktion: die elektrische Verbindung der Zellen, Verteilung des Gases über die Fläche der Platte und die Trennung des Gases zwischen angrenzenden Zellen. Weiterhin wird durch die Form der Bipolarplatte die Kühlung des Systems ermöglicht. Die Herstellung ist bisher jedoch teilweise aufwendig und teuer.

Mit den Projektpartnern Boyke Technology GmbH, Eisenhuth GmbH und dem Zentrum für Brennstoffzellentechnik (ZBT) konnte das IKFF im vorangegangenen Förderprojekt „UltraPress“ in den letzten Jahren bereits den Herstellungsprozess optimieren und die Grundlagen für ein innovatives Heißpressverfahren entwickeln. In „UltraPress2“ erhält dieses Konsortium nun Unterstützung durch die Proton Motor Fuel Cell GmbH, Runkel Fertigteilbau GmbH, MC-Bauchemie Müller GmbH sowie die eldec Induction GmbH, um die zuvor geschaffenen Grundlagen nah an die Serienreife zu führen.

Die Basis bildet ein im Projekt UltraPress entwickeltes Werkzeug aus ultrahochfestem Beton, dem Ultra-High Performance Concrete (UHPC), in Verbindung mit einem darin vergossenen Induktor. Dieses Werkzeug dient zur Herstellung von graphitbasierten Bipolarplatten für die NT-PEM-Brennstoffzellen (Niedertemperatur-Polymerelektrolyt). Durch die induktive Temperierung bei gleichzeitiger Nutzung von Beton als Presswerkzeug konnten lange Zykluszeiten und hohe Stromverbräuche aufgrund normalerweise benötigter Aufwärm- und Abkühlphasen stark verringert werden, da der Beton sich weniger stark erwärmt als der ansonsten genutzte Stahl. Mit dem nun initiierten Verfahren soll die Herstellung der Bipolarplatten innerhalb eines Bruchteils der Zeit gegenüber einem konventionellen Heißpressverfahren ermöglicht werden. Zusätzlich wird durch die homogenere Erwärmung und gezielte Steuerung der Erstarrung gleichzeitig eine deutliche Verbesserung der Produktqualität erwartet.

Die Herstellung im Heißpressverfahren bringt den Vorteil, dass Bipolarplatten mit einem sehr hohen Füllgrad und damit einer verbesserten elektrischen Leitfähigkeit gefertigt werden können, was wiederum die Herstellung kompakter Brennstoffzellen mit hoher elektrischer Leistung ermöglicht. Das ist nun in einer signifikant kürzeren Zeit und mit einem geringeren Energieeinsatz machbar.

Seit September 2021 wird im Projekt UltraPress2 der Herstellungsprozess weiterentwickelt und in eine Serienproduktion überführt. Ein zentraler Bestandteil ist das Zusammenspiel des Betons und des darin eingegossenen Induktors. Unterschiedliche Kräfte, die auf den Induktor und den Beton einwirken, müssen simulativ untersucht und quantifiziert werden und es werden für den Anwendungsfall optimierte Induktoren entwickelt. Zum aktuellen Projektstand sind auf einer Laborpresse des Forschungspartners ZBT bereits Probekörper mit beispielhaften Geometrien aus speziell entwickelten Compound-Rezepturen gefertigt worden. Diese weisen bereits ein hervorragendes Abformverhalten von feinsten Strukturen auf. Ebenfalls werden weitere Anforderungen hinsichtlich elektrischer Leitfähigkeit und Gas-Dichtheit erfüllt. Damit wird ein großer Schritt in Richtung kostengünstiger und energieeffizienter Großserienfertigung von Brennstoffzellen mit graphitischer Bipolarplatten gemacht.

Autoren: Prof. Dr.-Ing. Bernd Gundelsweiler, Milan Fitzlaff, M.Sc.

# RESILIENTE VERSORGUNG AUS SICHT DER

# LOGISTIK



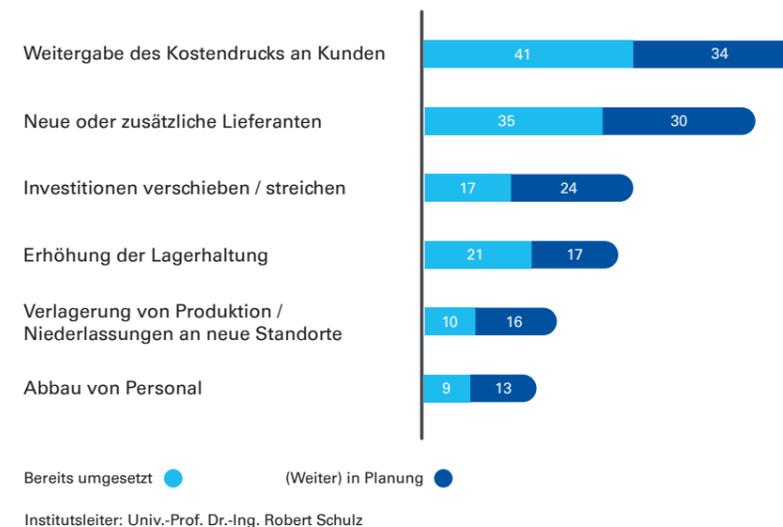
Foto: Corona Borealis Studio/Shutterstock.com, Ever Given

**Eine sich wandelnde, unsichere Welt mit Ereignissen wie der Corona-Pandemie und Energiekrise zeigt, Lieferketten sind. Für die Logistik stellt sich die Frage, wie eine resiliente Versorgung sichergestellt werden kann, um langfristig erfolgreich zu sein.**

Zum Begriff „Resilienz“ gibt es eine Vielzahl von Definitionen. Das Wort stammt vom lateinischen Verb „resilire“ ab, das für „zurückspringen, abprallen“ steht. In der Naturwissenschaft beschreibt der Begriff beispielsweise die Fähigkeit von Materialien, nach einer Verformung wieder in die ursprüngliche Form zurückzufinden.

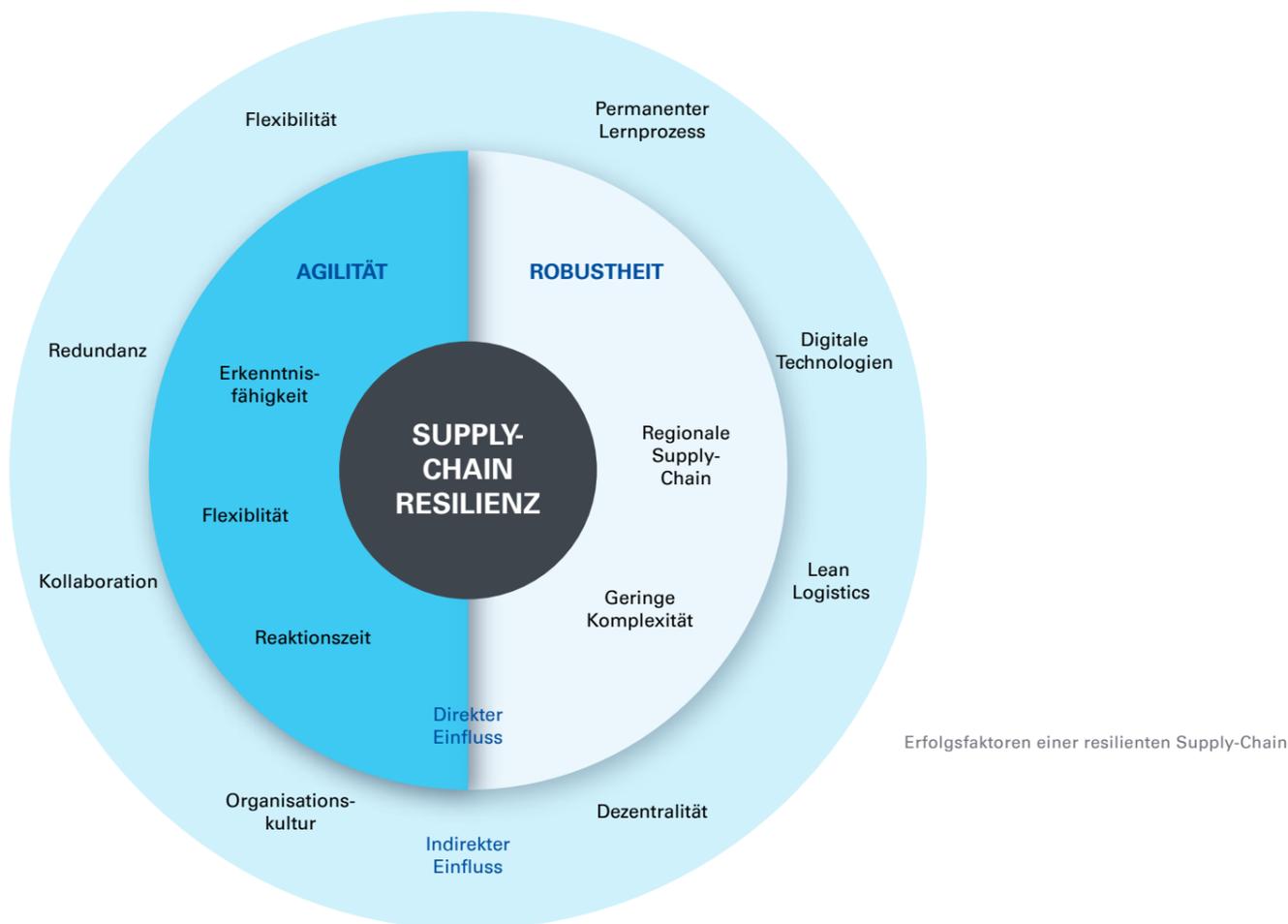
Es wurden sieben verschiedene Perspektiven und Ansätze identifiziert, mit welchen das Konzept der Resilienz in Zusammenhang steht: die sozialwissenschaftliche, die psychologische, die ökologische, die ökonomische und die organisationstheoretische Perspektive sowie die neu entstehenden interdisziplinären Perspektiven des Notfallmanagements und der nachhaltigen Entwicklung sowie des Supply-Chain-Risikomanagements. Unter Berücksichtigung dieser verschiedenen Forschungsperspektiven wurde folgendes übergeordnetes Begriffsverständnis abgeleitet: „Resilienz beschreibt die Fähigkeit eines Systems, unvorhersehbare Störungen zu kompensieren und in den vorherigen oder einen höheren Systemzustand zurückzukehren.“

Aktuelle Krisen, wie die Corona-Pandemie, der Krieg in der Ukraine oder globale Lieferengpässe – beispielhaft die im Foto gezeigte Blockade des Suez-Kanals durch die Ever Given, erfordern eine Reaktion der Unternehmen. Bereits von diesen umgesetzte oder geplante Maßnahmen sind in der folgenden Grafik dargestellt.



Grafik: Maßnahmen der Unternehmen weltweit in Prozent

Die Betrachtung der Logistik-Resilienz bzw. Supply-Chain-Resilienz ist ein noch sehr neuartiges Konzept im Risikomanagement von Lieferketten. Die Supply-Chain-Resilienz ist „die adaptive Fähigkeit einer Supply-Chain, sich auf unvorhersehbare Ereignisse vorzubereiten, auf Störungen zu reagieren, und durch die kontinuierliche Ausführung der Geschäftsprozesse auf das angestrebte Leistungsniveau zurückzukehren, mit dem Ziel, die Leistungsfähigkeit und Wettbewerbsfähigkeit einer Supply-Chain zu steigern.“ Bei den Störungen kann es sich um vorhersehbare oder unvorhersehbare Ereignisse handeln, welche abhängig von ihrer Ursache, Intensität, Reichweite und dem Zeitpunkt eine unterschiedliche Auswirkung auf die Supply-Chain haben. Die Logistik hat zum Ziel, die Versorgungssicherheit mit Rohstoffen, Technologien und Energien für die Industrie zu gewährleisten. Dabei ist sie auf stabile Verkehrsträger und eine stabile Kommunikation angewiesen.



## Einflussfaktoren auf die Resilienz

Das Ziel einer hohen Resilienz von Wertschöpfungsketten kann durch mehrere direkte und indirekte Erfolgsfaktoren beeinflusst werden (siehe Grafik). Diese Faktoren werden vom Unternehmen und dessen Umfeld maßgeblich geprägt und können die Resilienz einer Supply-Chain nachhaltig und positiv beeinflussen. Neben den Erfolgsfaktoren Agilität und Robustheit, welche einen direkten Einfluss auf die Supply-Chain-Resilienz haben, zählen Flexibilität, Redundanz, Kollaboration, Organisationskultur, Dezentralität, Lean Logistics, digitale Technologien sowie ein permanenter Lernprozess zu den indirekt wirkenden Faktoren. Diese Erfolgsfaktoren beeinflussen die Resilienz nur indirekt über die Faktoren Agilität und Robustheit.

Eine Diversifikation innerhalb der Supply-Chain steigert die Resilienz. Sourcing-Strategien werden beispielsweise neu ausgerichtet. Single-Sourcing mit nur einem Lieferanten erhöht die Ausfallwahrscheinlichkeit. Zwei (Double-Sourcing) oder mehrere (Multiple-Sourcing) Lieferanten gewährleisten eine schnelle, alternative Bezugsquelle und erhöhen die Stabilität der Supply-Chain. Ein breites Lieferantenportfolio stützt folglich die Resilienz. Gleichzeitig hat uns die Corona-Pandemie Schwächen der globalen Lieferketten aufgezeigt. Eine Mischung aus regionalen und globalen Lieferanten, die sogenannte Glokalisierung, scheint sinnvoll. Die Anpassung der Lieferketten erfordert ebenso eine Anpassung der internen Logistik von Unternehmen, beispielsweise in Distributionszentren.

Die Agilität, also die Anpassungsfähigkeit, ist hier ein entscheidender Punkt. Unternehmenseigene und -übergreifende Logistik verschmelzen folglich miteinander und können nicht getrennt betrachtet werden. Das Institut für Förder-technik und Logistik (IFT) der Universität Stuttgart beschäftigt sich mit beiden Herausforderungen – sowohl der Resilienz im intralogistischen Bereich als auch der Supply-Chain. Beide Betrachtungsweisen erfahren durch die Digitalisierung von Logistikdaten und der Schaffung einer Datentransparenz großes Potenzial für die Gestaltung resilienter und diversifizierter Lieferketten. Liegt die Datentransparenz vor, kann mithilfe von digitalen Prognoseverfahren die Lieferfähigkeit einzelner Lieferanten in der weit verzweigten Supply-Chain rechtzeitig ermittelt werden, sodass der Mensch auf Basis der aufgezeigten Ereignisse kurzfristig entscheiden kann. Der Mensch nimmt dabei eine zentrale Position ein. Er kann jedoch durch Automatisierung in Form von Datenaufbereitung und Künstlicher Intelligenz sowie von automatisierten Fördertechnikanlagen oder fahrerlosen Transportsystemen unterstützt werden.

## Steigende Komplexität durch volatile Märkte

In den letzten Jahren kam es immer wieder zu globalen Veränderungen, welche international aufgestellte Lieferketten vor große Herausforderungen stellten und zeigen, wie wichtig die Berücksichtigung einer Supply-Chain-Resilienz in der aktuellen Zeit ist. Mit der weltweiten wirtschaftlichen Öffnung durch die Gründung der Welthandelsorganisation (WTO) im Jahr 1995 wurden Lieferketten feingliedriger und internationaler. Nach einem Referendum im Jahr 2016 erfolgte 2020 mit dem Brexit – dem Austritt des Vereinigten Königreichs aus der Europäischen Union und dem gemeinsamen Binnenmarkt – die Umkehrung dieses Trends hin zu protektionistischen Maßnahmen, wie beispielweise erhöhten Zöllen mit der Folge höherer Kosten und administrativem, personellem und zeitlichem Mehraufwand. Dies stellte die Logistikabläufe in Supply-Chains vor einige Herausforderungen: Es kam zu komplizierteren Transportrouten, Überlastungen von Schnittstellen in übergreifenden Logistikketten wie Häfen und zusätzliche Zollgebühren führten zu steigenden Transportkosten. Supply-Chains mit einer hohen Resilienz sollten durch ihre höhere Stabilität und Flexibilität besser und schneller als andere mit diesen Herausforderungen umgehen können. Die Komplexität der Logistik wird auch zukünftig weiter zunehmen und die Resilienz somit weiter an Wichtigkeit gewinnen. Das IFT partizipiert folglich an einem zukunftsorientierten Themengebiet.

Autor: Prof. Dr.-Ing. Robert Schulz



IFT Logistik 

**Ansprechpartner**  
Prof. Dr.-Ing. Robert Schulz  
[robert.schulz@ift.uni-stuttgart.de](mailto:robert.schulz@ift.uni-stuttgart.de)

# STUTTGARTER MASCHINENBAU



Foto: Ludmilla Parsyak



# MEHR ALS GELD UND GUTE WORTE

**Ein Stipendium bietet mehr als nur finanzielle Unterstützung: vielfältige Themen und Kontakte, Netzwerke und interessante Veranstaltungen. Es gibt eine Vielzahl unterschiedlicher Stipendienggeber mit verschiedenen Schwerpunkten. Wir möchten allen Studierenden Mut machen, sich zu bewerben, da häufig die Mittel mangels Bewerbungen nicht ausgeschöpft werden.**

## STIPENDIEN FÜR STUDIERENDE



Foto: Ludmilla Parsyak

„Stipendiatin“ oder „Stipendiat“: Das liest sich gut im Lebenslauf. Dafür gibt es deutschlandweit über 2.500 Stiftungen und andere Stipendienggeber, die sich an unterschiedliche Zielgruppen richten – nicht nur an Hochbegabte. Bei der Vergabe spielen auch andere Kriterien als Schul- und Studienleistungen eine Rolle, wie Engagement im gesellschaftlichen Bereich, familiärer oder kultureller Hintergrund. „Soziales und gesellschaftliches Engagement“ ist dabei weit gefasst. Hier kann es sich z. B. um Kinderbetreuung oder ehrenamtlichen Deutschunterricht handeln, um Engagement in einem Musik- oder Sportverein oder in einer Umwelt- oder Seniorengruppe. Waren Sie Klassensprecher:in, haben in der Schulvertretung oder der Schülerzeitung mitgewirkt? Sind Sie an Ihrer Hochschule oder einer gesellschaftlichen Vereinigung aktiv? Dies und vieles mehr kann relevant sein, wichtig ist ein objektiver Nachweis durch Zeugnisse, Zertifikate oder Bescheinigungen.

Die häufigste Förderform ist das Studiums- oder Jahresstipendium oder auch die gezielte (vollständige oder teilweise) Förderung von Vorhaben wie Auslandsaufenthalten oder Promotion. Auch Angebote zur punktuellen Förderung von Abschlussarbeiten gibt es – denn manchmal fehlt nur noch der letzte „Schub“, um den Studienabschluss zu erreichen, bevor es ins Berufsleben geht.

### Deutschlandstipendium

Die Universität Stuttgart ist seit zehn Jahren Partnerin des Deutschlandstipendiums. Hier besteht jeweils im Januar für exzellente und engagierte Studierende die Möglichkeit, sich auf eine Förderung von 300 Euro/Monat zunächst für ein Jahr zu bewerben. Zahlreiche Firmen, Stiftungen und Privatpersonen finanzieren das Deutschlandstipendium zu jeweils 50 Prozent zusammen mit dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).

### Die Studienstiftung des deutschen Volkes...

ist das größte und älteste Begabtenförderungswerk in Deutschland. Sie fördert besonders talentierte und engagierte Studierende und Promovierende finanziell und ideell. Die monatliche Studienkostenpauschale für Studierende beträgt wie beim Deutschlandstipendium 300 Euro. Abhängig von der finanziellen Situation der Familie kann zusätzlich noch ein BAföG ähnlicher Betrag hinzukommen, der nicht zurückgezahlt werden muss. Die meisten Bewerber:innen werden von ihrer Schule oder Universität für ein Stipendium vorgeschlagen. Wenn Sie Ihr Studium vor Kurzem begonnen haben, besteht außerdem die Möglichkeit einer Selbstbewerbung mit Auswahltest.

### Politische und konfessionelle Stiftungen

Viele der bundesweit verfügbaren Stipendien werden vor allem von großen politischen und konfessionellen Stiftungen vergeben. Die sechs großen politischen Stiftungen werden vom Land gefördert und sind parteiunabhängig, stehen aber deren Werten nahe. Des Weiteren gibt es mehrere konfessionelle Stiftungen. Bei einer Bewerbung sollten die jeweiligen Werte zu den individuellen Wertvorstellungen passen. Es ist wenig erfolgversprechend sich bei mehreren Stiftungen gleichzeitig zu bewerben. Neben diesen großen Anbietern gibt es aber auch eine Vielzahl von kleineren Stiftungen, die häufig sehr gezielt, lokal und mit besonderen Schwerpunkten fördern. Ein Blick auf die Website der Servicestelle Stipendien der Universität Stuttgart lohnt sich.

### Stiftung der Deutschen Wirtschaft

Das Begabtenförderungswerk Klaus Murmann der Stiftung der Deutschen Wirtschaft (sdw) bietet neben der finanziellen Förderung ein interdisziplinäres Angebot im Sinne unternehmerischen Denkens und gesellschaftlicher Verantwortung.

### Firmenstipendien

Stipendien von Firmen sind oftmals für bestimmte Fachrichtungen und Berufsgruppen gedacht. So richtet sich z. B. das FESTO-Stipendienprogramm an Mechatronik-Studierende und das Huawei-Scholarship an Studierende des Studiengangs Technologiemanagement. Der Verein der deutschen Ingenieure bietet ebenfalls gezielte Programme für Studierende der Ingenieurwissenschaften an. Das Femtec Netzwerk ist ein spezielles studienbegleitendes Careerbuilding-Programm für MINT-Studentinnen mit einem mittlerweile weltumspannenden Netzwerk.

Es empfiehlt sich, zunächst gründlich zu recherchieren, welche Stipendien für Sie passen könnten. Als Einstieg empfehlen wir Ihnen die Seiten der Universität Stuttgart oder andere am Ende des Beitrags verlinkte Internetseiten. Dort finden Sie auch Ansprechpartner:innen an der Universität Stuttgart. Beim Stuttgarter Maschinenbau können Sie Frau dos Santos Costa oder Professorin Dr. Katharina Hölzle ansprechen.

Eine Möglichkeit, sich persönlich über Bewerbung, Auswahlverfahren und Profile großer Stiftungen zu informieren, bietet die virtuelle Veranstaltung „Marktplatz Stipendien – Fördermöglichkeiten im Studium“, die im November an der Universität Stuttgart stattfindet. Sie bietet Orientierung zu Fragen rund um das Thema Fördermöglichkeiten im Studium: „Welches Stipendium passt zu mir?“ – „Komme ich für eine Bewerbung in Frage?“ Auf dem Marktplatz begegnen Studierende Mitarbeitenden der großen Begabtenförderungswerke, von denen sie im direkten Austausch Einzelheiten zu den Bewerbungs- und Auswahlverfahren erfahren können.

**Marktplatz  
Stipendien –  
Fördermöglichkeiten im  
Studium,  
Universität Stuttgart**

### ArbeiterKind.de

Die Organisation ArbeiterKind.de unterstützt Interessierte rund um das Thema Stipendien. Sie vergibt zwar selbst keine Stipendien für Studierende, berät jedoch zu allen auftauchenden Fragen. Die Bildungslaufbahn ist in Deutschland immer noch eng mit dem Elternhaus verknüpft. So zeigt ein Blick in die Statistik, dass von 100 Kindern aus nicht-akademischen Familien nur 27 ein Studium aufnehmen obwohl doppelt so viele das Abitur erreichen. Von 100 Akademiker:innen-Kindern studieren dagegen 79. ArbeiterKind.de verfolgt daher die Vision, dass in Deutschland jedes Kind aus einer nicht-akademischen Familie mit geeigneter Qualifikation die Chance auf einen Bildungsaufstieg erhält und hat sich in den letzten zehn Jahren zur größten gemeinnützigen Organisation zur Unterstützung von „Studierenden der ersten Generation“ in Deutschland entwickelt. Über 6.000 Ehrenamtliche engagieren sich in 80 lokalen Gruppen bundesweit und informieren Schüler:innen, Studierende und Eltern über den Studienalltag und Möglichkeiten der Studienfinanzierung. Ein besonderer Arbeitsschwerpunkt ist die enge Zusammenarbeit mit den Begabtenförderungswerken. Darüber hinaus begleiten die ehrenamtlich Engagierten Schüler:innen und Studierende auf ihrem Weg vom Studieneinstieg bis zum erfolgreichen Studienabschluss und Berufseinstieg.

Bei Fragen zum Studium können Sie sich jederzeit an die Stuttgarter Ortsgruppe unter [stuttgart@arbeiterkind.de](mailto:stuttgart@arbeiterkind.de) wenden oder an einem offenen Treffen der Gruppe teilnehmen. Diese finden an jedem 3. Mittwoch im Monat um 19.00 Uhr im Café Forum 3 in der Gymnasiumstraße 21 in Stuttgart statt.

Wichtig zu wissen ist noch, dass man für Bewerbungen auf Stipendien entsprechend Zeit einplanen muss. Eine Zusage für ein Stipendium kann durchaus einige Monate auf sich warten lassen. Übrigens: Selbst, wenn Sie bei der Vergabe eines Stipendiums oder bei der ersten Bewerbung nicht ausgewählt werden: Allein die Teilnahme am Bewerbungsverfahren, welches häufig Auswahlseminare oder individuelle Bewerbungsgespräche umfasst, bietet einen großen Mehrwert. Dadurch lernen Sie viel und erlangen einiges an Selbstsicherheit und neuen Kompetenzen, die Ihnen in späteren Bewerbungsverfahren sehr nützlich sein können.

Wir wünschen Ihnen viel Glück und Erfolg bei Ihren Bewerbungen!

**Autorinnen:**

**Univ.-Prof. Dr. Katharina Hölzle, MBA Dipl.-Ing. Christine dos Santos Costa**

### Welche Stipendien gibt es?

Einen ersten Überblick über die verschiedenen Fördermöglichkeiten finden Sie in der verlinkten Tabelle.

#### Quellen/Ergänzungen zum „Glücks-Kleeblatt“

Stipendien-Datenbanken:

- Stipendium plus:  
Übersicht über die 13 großen Begabtenförderungswerke  
[www.stipendiumplus.de/startseite.html](http://www.stipendiumplus.de/startseite.html)
- e-fellows.net:  
Stipendiendatenbank für die gezielte Suche nach geeigneten Fördermöglichkeiten  
[www.e-fellows.net/Studium/Stipendien/Stipendien-Datenbank/Stipendium-suchen-finden](http://www.e-fellows.net/Studium/Stipendien/Stipendien-Datenbank/Stipendium-suchen-finden)
- Suchmaschine des deutschen Stiftungszentrums:  
Überblick über Stiftungen von A – Z  
[www.e-fellows.net/Studium/Stipendien/Stipendien-Datenbank/Stipendium-suchen-finden](http://www.e-fellows.net/Studium/Stipendien/Stipendien-Datenbank/Stipendium-suchen-finden)
- mystipendium:  
Stipendiendatenbank  
[www.mystipendium.de/](http://www.mystipendium.de/)
- „Servicestelle Stipendien“ der Universität Stuttgart:  
[www.uni-stuttgart.de/studium/leben-in-stuttgart/finanzen/stipendium/stipendium@uni-stuttgart.de](http://www.uni-stuttgart.de/studium/leben-in-stuttgart/finanzen/stipendium/stipendium@uni-stuttgart.de)

My Stipendium



Stipendium plus



Stifterverband



## STIPENDIUM FÜR DEN WISSENS- TRANSFER NACH THAILAND

Thiansiri Kertthong (Jahrgang 1990) schreibt gerade ihre Dissertation zum Thema Methanreformierung am Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik (IFK). Finanziert wird ihre Promotion durch ein Stipendium des thailändischen Staats, der schon für ihr Bachelor- und Master-Studium an der Uni Stuttgart aufkam. Bedingung ist, dass sie nach Abschluss ihres Studiums für eine staatliche Stelle, Universität oder Forschungseinrichtung in Thailand arbeitet und so ihr Wissen und ihre Erfahrungen weitergibt.

„Zwischen 50 und 100 solcher Auslandsstipendien vergibt der thailändische Staat jedes Jahr“, sagt Thiansiri. Allerdings decken nicht alle das komplette Studium inklusive Sprachkurse ab. Sie bekam es dank ihrer guten Schulnoten und einer schriftlichen Prüfung, bei der sie landesweit als eine der Besten abschnitt. Deutschkenntnisse musste sie noch nicht vorweisen, denn das Stipendium wird nicht für ein bestimmtes Land vergeben. Es deckte aber die Kosten für die Zeit ab, die sie in Schwäbisch Hall verbrachte, um Deutsch zu lernen. Damit war der Weg nach Stuttgart sprachlich geebnet.

Thiansiri wusste, dass sie Umwelt- und Energietechnik studieren wollte, aber nicht wo. Sie entschied sich für Deutschland auf Empfehlung von Landsleuten, die ebenfalls hier studiert hatten und jetzt wieder in Thailand arbeiten. „Deutschland ist nach wie vor ein Vorbild in Technik und Ingenieurwesen“, erläutert sie die Gründe. „Hier wird im Studium nicht nur die Theorie gelehrt, sondern auch die Praxis vermittelt, was ich sehr sinnvoll finde. Außerdem wollte ich eine weitere Fremdsprache lernen.“

Geboren und aufgewachsen ist Thiansiri im Nordosten Thailands. Im Jahr 2009 kam sie mit gerade mal 18 Jahren erstmals nach Deutschland. Derzeit wohnt sie in Obertürkheim direkt an den Weinbergen, „von wo man einen schönen Blick auf Stuttgart hat und wo man sehr schön wandern kann.“ Das Wandern hat sie in Deutschland als Hobby entdeckt. Außerdem macht sie Yoga, kocht leidenschaftlich und verbringt gerne Zeit mit Freunden, wenn ihr die Promotion dazu Zeit lässt.

Thiansiri studierte im Bachelor zunächst Umweltschutztechnik. „Das war ein guter Startpunkt, denn der Studiengang ist sehr interdisziplinär. Man ist bis ins vierte Semester mit Studierenden anderer Studiengänge wie z. B. der Verfahrenstechnik zusammen“, sagt die Stipendiatin, die im Master dann Umweltschutztechnik mit der Vertiefung Energie wählte. Dadurch kam sie in Kontakt zum IFK, wo sie dann ihre Masterarbeit schrieb – mit so gutem Resultat, dass der thailändische Staat auch ihre Promotion finanziert.

Jedes Semester muss Thiansiri einen Bericht über ihre Studienfortschritte nach Thailand schicken. Der Aufwand sei aber nicht sehr groß, meint sie. Die größte Schwierigkeit bestehe darin, ihre wissenschaftliche Arbeit für Nicht-Wissenschaftler verständlich zu beschreiben. Thiansiri beschäftigt sich in ihrer Promotion mit der Frage, wie das im Synthesegas aus der Biomassevergasung enthaltene Methan so in Wasserstoff und Kohlenstoffmonoxid umgewandelt werden kann, dass es optimal für die Synthese von Kraftstoffen oder Chemikalien genutzt werden kann.

In ihren Berichten beschreibt Thiansiri auch ihr Leben in Deutschland, z. B. dass die Lebenshaltungskosten in den letzten Jahren so stark gestiegen sind, dass sie mit ihrem Stipendium nicht mehr ganz über die Runden kommt und einen kleinen Nebenjob am IFK angenommen hat. Oder über den öffentlichen Nahverkehr in Stuttgart, der trotz häufiger Verspätungen im Vergleich zu Thailand sehr gut funktioniert.

Stuttgart gefällt Thiansiri. Sie findet sogar das Wetter hier ganz passabel, weil es abwechslungsreicher ist als in ihrer Heimat, wo entweder die Sonne brennt oder es in Strömen regnet. „Die Stadt ist vielleicht nicht so schön wie München oder Hamburg, hat aber viel zu bieten – kulturelle Veranstaltungen, Einkaufsmöglichkeiten, Restaurants etc. Sogar Thailändisch kann man hier sehr gut essen, z. B. im „Kwan Kao“, versichert sie. Ihr Lieblingsrestaurant ist allerdings das „Esszimmer“.

Autor: Michael Wendenburg



Fotos: Ludmilla Parsyak

**„Deutschland ist nach wie vor ein Vorbild in Technik und Ingenieurwesen. Hier wird im Studium nicht nur die Theorie gelehrt, sondern auch die Praxis vermittelt.“**

# STUDIERN MIT EINEM STIPENDIUM DER STUDIENSTIFTUNG



Fotos: Ludmilla Parsyak

Erik Laicher (Jahrgang 2000) hätte auch ohne Stipendium studiert, aber er freute sich natürlich, als seine Schule ihn aufgrund seiner guten Leistungen der Studienstiftung des deutschen Volkes zur Förderung vorschlug. Als Stipendiat der Studienstiftung studiert er seit dreieinhalb Jahren Technische Kybernetik an der Uni Stuttgart, mittlerweile im ersten Master-Semester. Nachdem er den Bachelor-Abschluss in Regelstudienzeit und mit sehr guten Noten absolvierte, hat die Studienstiftung auch seinen Antrag auf Weiterförderung bewilligt.

Die Studienstiftung des deutschen Volkes fördert aktuell mehr als 14.200 besonders begabte Studierende und etwa 1.400 Doktorand:innen. Einer von ihnen ist Erik, dem die Chancengerechtigkeit bei Begabtenförderungen wichtig ist: „Grundsätzlich sollte jeder die Chance haben, ein Stipendium zu bekommen. Begabung äußert sich nicht allein in bisher erbrachten schulischen oder akademischen Leistungen. Deshalb finde ich es sehr gut, dass die Studienstiftung nicht nur auf die Leistungen, sondern beispielsweise auch auf soziales Engagement achtet.“

Es gibt vielfältige Wege, die zum Stipendium führen. Die Kandidaten:innen für die Stipendien werden entweder von den Schulen und Hochschulen vorgeschlagen oder können sich selbst bewerben. In Frage kommende Bewerber:innen stellen sich dann in einem Auswahlseminar in Einzelgesprächen der Auswahlkommission vor und präsentieren in einem Gruppengespräch ein bestimmtes Thema, das dann mit den anderen diskutiert wird. Auswahlkriterien sind intellektuelle Fähigkeiten, Leistungsbereitschaft und Motivation, soziale Kompetenz, Kommunikations- und Artikulationsfähigkeit sowie breite außerfachliche Interessen oder ein ausgeprägtes Engagement. „Die Gespräche waren aber total locker und freundlich“, sagt Erik. „Die Kommission hat gleich gesagt, dass wir uns so natürlich wie möglich geben sollen und dass es keine festen Quoten gibt, sondern jede Person einzeln betrachtet wird.“

Während ihrer Zeit als Stipendiat:innen werden die Studierenden individuell begleitet und verfassen kurze Semesterberichte, damit ihre Vertrauensdozent:innen und Referent:innen wissen, wie sie mit dem Studium zurechtkommen. „Man lässt einfach das Semester Revue passieren“, sagt Erik. „Für mich bedeutet das Stipendium keinen höheren Leistungsdruck als den, den ich mir selbst mache. Die Leistungen werden erst überprüft, wenn man den Antrag auf Weiterförderung stellt.“



**„Für mich bedeutet das Stipendium keinen höheren Leistungsdruck als den, den ich mir selbst mache.“**

Erik studiert jetzt im Master Technische Kybernetik an der Uni Stuttgart. Die Wahl des Studienorts lag für ihn deshalb nahe, weil er im benachbarten Gerlingen aufgewachsen ist und es in Deutschland nur zwei Unis gibt, an denen man diesen Studiengang studieren kann. Womit er sich beschäftigt, erklärt Erik wie folgt: „Die Technische Kybernetik behandelt Methoden, um ein technisches System zu analysieren, zu modellieren, zu simulieren und am Ende zu regeln – allerdings auf einer abstrakteren, mathematisch-theoretischen Ebene als verwandte Studiengänge, wie z. B. Mechatronik.“

Mit dem Studium in Stuttgart ist Erik sehr zufrieden. Die Dozenten:innen und Verlesungen seien überwiegend sehr gut, und auch die Organisation der Uni funktioniere hervorragend. Über das Leben in der Schwäbischen Metropole kann er hingegen wenig sagen, obwohl er direkt nebenan wohnt, weil er hier höchstens mal ins Kino oder ins Fußballstadion geht. Erik ist sozial noch stark in Gerlingen verankert, wo er im Chor singt und im MundArtTheater der Chorvereinigung auf der Bühne steht. Ab Juni ist er in der Komödie „Funny Money – Geld stinkt nicht“ zu sehen.

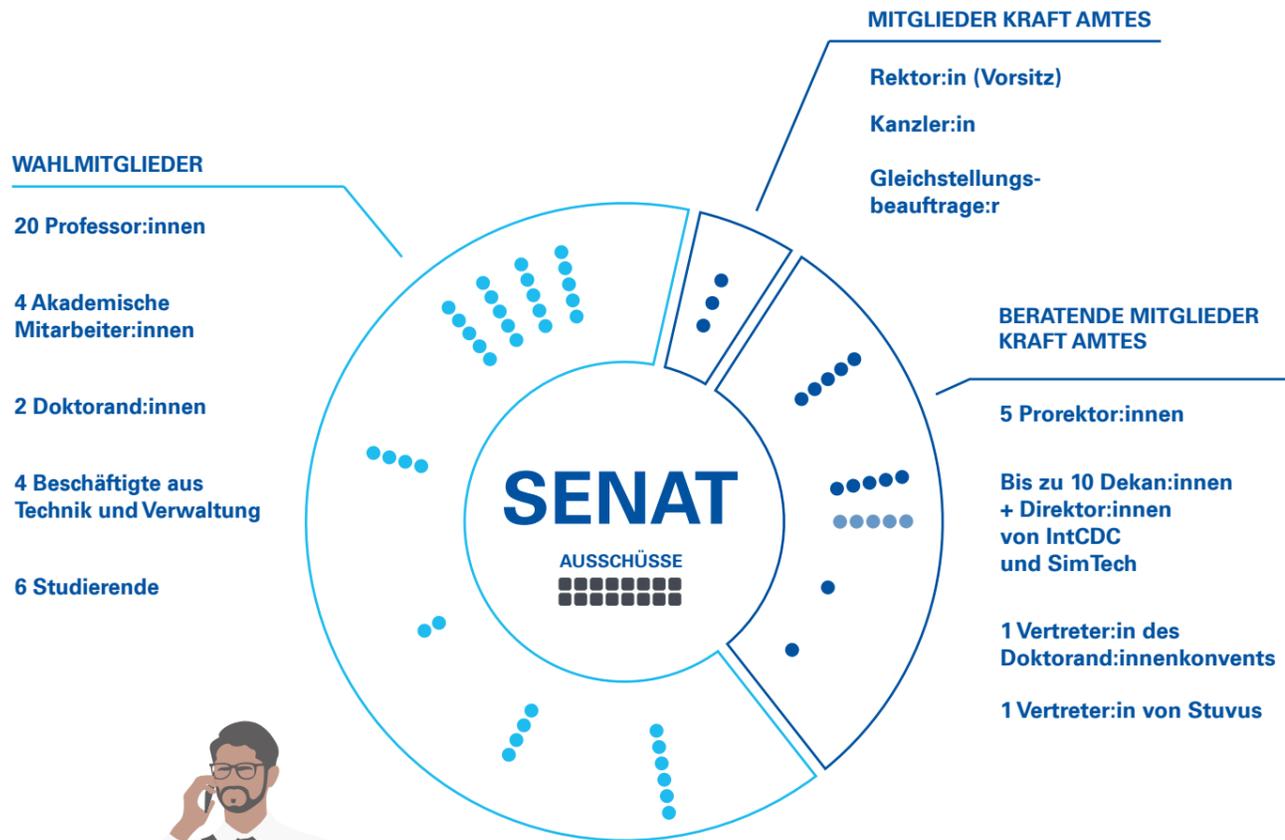
Erik könnte von dem Stipendium leben, da er noch bei seinen Eltern in Gerlingen wohnt. Wenn die Ausgaben für Miete dazu kämen, würde es allerdings nicht reichen, meint er, zumal die Kosten für die Lebenshaltung in Deutschland spürbar gestiegen sind. So erlaubt ihm das Stipendium, finanzielle Rücklagen zu bilden, z. B. für das geplante Auslandsjahr. Auch die Studienstiftung unterstützt weltweite Auslandsaufenthalte. Unabhängig davon hat er immer wieder HiWi-Jobs angenommen, um Erfahrungen in der Forschung zu sammeln.

„Fast noch wichtiger als die finanzielle Förderung ist die ideelle Unterstützung durch die Studienstiftung mit den Bildungsveranstaltungen und den Netzwerken, in denen man sich austauschen kann“, meint Erik. Es gibt regelmäßige Stammtische der Regionalgruppen der Stipendiat:innen, an denen Studierende unterschiedlicher Fachbereiche teilnehmen, Angebote wie Sommerakademien oder Sprachkurse und Seminare zu bestimmten Themen wie Berufsorientierung, Nachhaltigkeit und Engagement-Förderung. Erik ist außerdem Mitglied des Botschafterprogramms. Er geht mit anderen Stipendiat:innen an Schulen und auf Hochschulmessen und ermutigt Schüler:innen zur Bewerbung um ein Stipendium. Damit möchte er seinen Beitrag zur Chancengerechtigkeit leisten.

Autor: Michael Wendenburg

Gastbeitrag

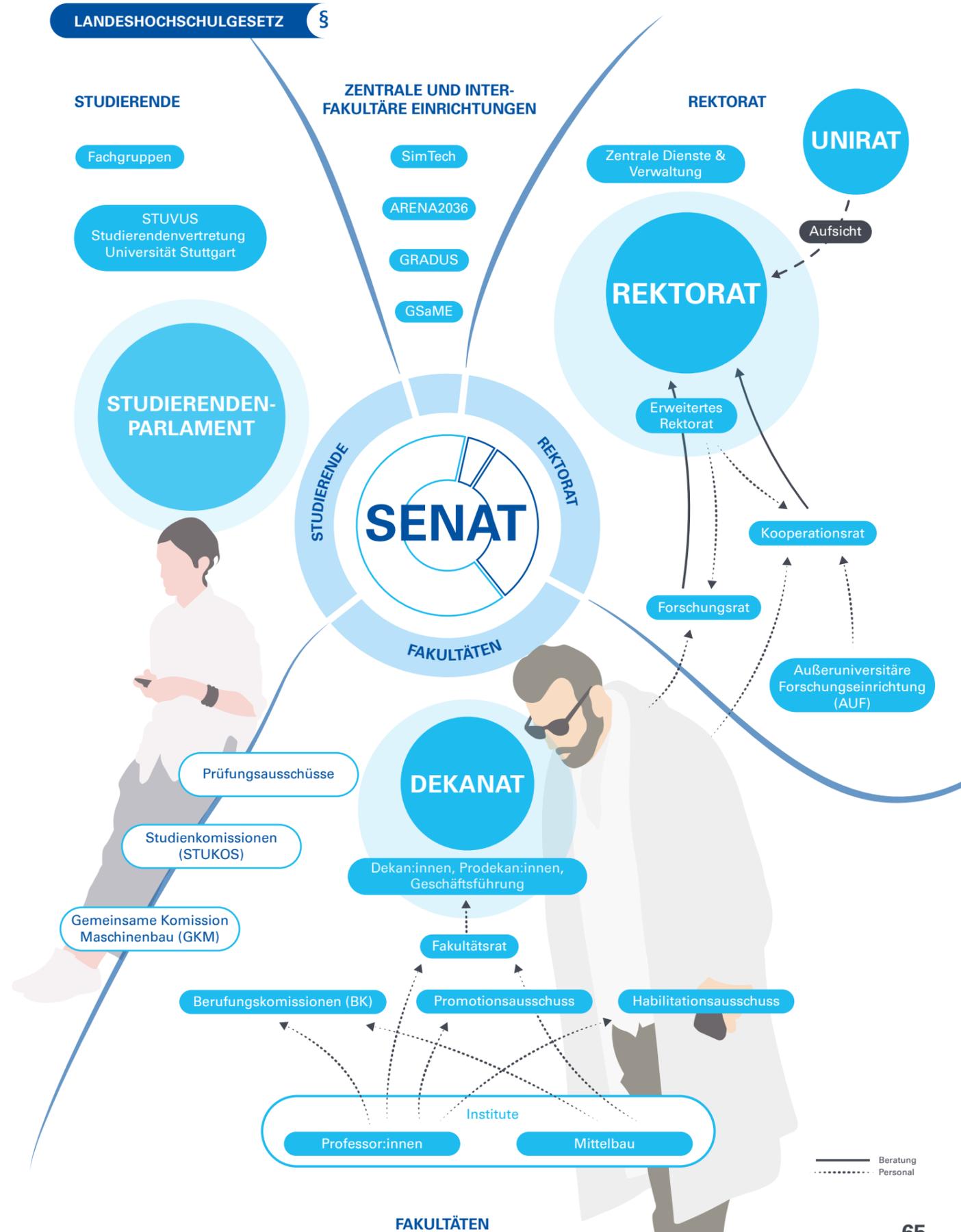
# AKADEMISCHE SELBSTVERWALTUNG



Die akademische Selbstverwaltung ist die zentrale Säule des Hochschulsystems und bedeutet, dass die Hochschule sich und ihre Mitglieder selbst organisiert.

Zur Selbstverwaltung gehören neben den Professor:innen, dem Mittelbau und den Studierenden auch zentrale Organe wie das Rektorat und der Hochschulrat. Das Landeshochschulgesetz (LHG) und die Grundordnung der Universität regeln das Zusammenwirken.

Grafiken: WeiserDesign



**INA MAIER**

Ina Maier ist Studiengangsmanagerin des Bachelor- und Master-Studiengangs Technologiemanagement im Stuttgarter Maschinenbau und gehört als gewählte Vertreterin der wissenschaftlichen Mitarbeiter:innen seit 2019 dem Senat der Universität Stuttgart sowie dem Großen Fakultätsrat der Fakultät 7 an. Außerdem ist sie seit 2020 gewähltes Mitglied des Verwaltungs- und Wirtschaftsausschusses und seit 2022 stellvertretendes Mitglied in der Gemeinsamen Kommission Maschinenbau und vielen weiteren Gremien.

„ Ich engagiere mich in der akademischen Selbstverwaltung, um die Interessen und Standpunkte der wissenschaftlichen Mitarbeiter:innen in den Gremien zu vertreten. So haben wir die Möglichkeit zur Mitbestimmung und Mitgestaltung in den Entscheidungsprozessen hinsichtlich Forschung und Lehre. Die wissenschaftlichen Mitarbeiter:innen sind mit über 3200 Beschäftigten nach den Studierenden die zweitgrößte Interessengruppe an der Universität Stuttgart. Durch die Vielzahl an Gremien, in denen ich mitwirken darf, habe ich die Chance, die Anliegen der Kolleginnen und Kollegen in den unterschiedlichen Ebenen der Universitätsorganisation sichtbar zu machen und zu vertreten. Hierdurch bietet sich mir die Möglichkeit zur aktiven Mitgestaltung an Forschung und Lehre auch über die Fakultätsgrenzen hinweg. Besonders schätze ich die Vernetzung innerhalb der Universität, die durch die vielschichtigen Gremienarbeiten entstanden ist.

Wichtige Entscheidungen in Forschung und Lehre, z. B. über die Besetzung von Professuren oder Ämtern und teilweise über die Verteilung der zur Verfügung stehenden Mittel, werden an den Universitäten in zentralen und dezentralen Gremien getroffen. Akademische Selbstverwaltung ist die aktive Mitwirkung der Hochschulmitglieder in diesen Gremien. Sie gehört zu den Dienstaufgaben der Professor:innen, aber auch die anderen an der Universität vertretenen Statusgruppen – Studierende, Promovierende, wissenschaftliche Mitarbeiter:innen und Personal aus Technik und Verwaltung – sind in die akademische Selbstverwaltung eingebunden. Diese Beteiligung fördert eine offene und konstruktive Entscheidungsfindung und eine Kultur der Mitverantwortung für die Belange der Universität. Für einige Entscheidungen, die die Freiheit der Wissenschaft in starkem Maße betreffen, verfügt die Gruppe der Professor:innen allerdings über die Stimmenmehrheit in den Gremien. In einigen Gremien werden zusätzlich zu den Mitgliedern der Universität noch universitätsexterne Expert:innen hinzugezogen.

Das LHG bestimmt das Rektorat, den Senat und den Universitätsrat als zentrale Organe der Universität. Das Rektorat leitet die Universität – ihm gehören der Rektor, der Kanzler und die Prorektor:innen an. Die nebenamtlichen Mitglieder des Rektorats werden vom Senat gewählt, die hauptamtlichen Mitglieder vom Senat und vom Universitätsrat bestellt. Das Rektorat wird von drei weiteren Gremien beraten: Das Erweiterte Rektorat bei der strategischen Weiterentwicklung, der Forschungsrat bei Forschungsförderung und Forschungsstrategie und der Kooperationsrat bei der Zusammenarbeit mit außeruniversitären Forschungseinrichtungen und Industrieverbänden. Der Universitätsrat begleitet die Hochschule, übernimmt strategische Verantwortung – quasi als Aufsichtsrat der Hochschule – und entscheidet über die Struktur- und Entwicklungsplanung der Hochschule.

Der Senat entscheidet als zentrales Organ der akademischen Selbstverwaltung über Angelegenheiten der Forschung, der Lehre und des Studiums. Ihm gehören von Amts wegen der Rektor, der Kanzler und die Gleichstellungsbeauftragte an. Hinzu kommen von den jeweiligen Statusgruppen gewählte Vertreter:innen der Professor:innen, der akademischen Mitarbeiter:innen, der Studierenden, der Promovierenden und der Beschäftigten aus Technik und Verwaltung sowie einige beratende Mitglieder. Die Arbeit des Senats wird durch verschiedene Senatskommissionen mit unterschiedlichen thematischen Schwerpunkten wie Struktur, Forschung und wissenschaftlicher Nachwuchs oder Lehre und Weiterbildung unterstützt.

Wichtige Gremien auf dezentraler Ebene sind die Großen Fakultätsräte (GFR) und die Dekanate der einzelnen Fakultäten. Dem Großen Fakultätsrat gehören alle hauptberuflichen Hochschullehrer:innen der Fakultät sowie gewählte Vertreter:innen weiterer Statusgruppen an. Die Dekanate (Dekan:in und bis zu zwei Prodekan:innen) werden durch den GFR aus der Gruppe der hauptberuflichen Professor:innen gewählt. Im GFR werden alle Fakultätsangelegenheiten behandelt, die für die jeweilige Fakultät von grundsätzlicher Bedeutung sind. Die Dekanate sind für alle Fakultätsangelegenheiten zuständig. Sie bestimmen nach Anhörung des GFR z. B.

die Lehraufgaben und haben die Dienstaufsicht über die der Fakultät zugeordneten Einrichtungen für Forschung und Lehre. Sie sind für die wirtschaftliche Verwendung der den Fakultäten zugewiesenen Mittel verantwortlich. Die Gruppe der hauptberuflichen Professor:innen besetzt auch den Promotions- und Habilitationsausschuss der jeweiligen Fakultät, der die Verfahren nach Maßgabe der Promotions- bzw. Habilitationsordnung durchführt.

Wichtige Gremien auf Studiengangsebene sind im Stuttgarter Maschinenbau die Gemeinsame Kommission Maschinenbau (GKM), die Studienkommissionen (StuKos) und die Prüfungsausschüsse. Die GKM berät die beiden Fakultäten des Stuttgarter Maschinenbaus in allen Fragen von Studium und Lehre. Insbesondere in den Studienkommissionen, die von den Studiendekan:innen geleitet werden, haben die Studierenden die Möglichkeit, sich in die Durchführung der Lehre und die Gestaltung ihrer Studiengänge einzubringen. Zu den Aufgaben der Studienkommissionen gehören insbesondere die Erarbeitung von Empfehlungen zur Weiterentwicklung der Inhalte und Formen des Studiums sowie zur Verwendung der für Studium und Lehre vorgesehenen Mittel und die Mitwirkung an der Evaluation der Lehre unter Einbeziehung studentischer Veranstaltungskritik. Den Prüfungsausschüssen obliegt die Auslegung der Prüfungsordnungen, z. B. bei Entscheidungen über Fristverlängerungen, Prüfungsrücktritt oder Nachteilsausgleich.

Neben den ständigen Kommissionen werden immer wieder temporäre Kommissionen eingesetzt, um spezielle Fragestellungen zu bearbeiten. Ein typisches Beispiel hierfür sind Berufungskommissionen, die einen Berufungsvorschlag für eine zu besetzende Professur zur anschließenden Abstimmung im GFR, Senat und Rektorat erarbeiten. Von der akademischen Selbstverwaltung zu unterscheiden, ist die studentische Selbstverwaltung, in der sich Studierende eigenständig organisieren, um Ziele zu formulieren und Entscheidungen zu treffen. Aber dazu mehr in einer der nächsten Ausgaben.

Die akademische Selbstverwaltung erfordert inhaltliches und zeitliches Engagement, bietet aber auch allen Statusgruppen die Möglichkeit, auf unterschiedlichen Ebenen die Entwicklung des Stuttgarter Maschinenbaus und der Universität Stuttgart mitzugestalten und positiv zu beeinflussen.

**Autor:innen:** Ralph-Walter Müller, Geschäftsführung Fakultät 4,  
Dr.-Ing. Charlotte Kuhn, Geschäftsführung Fakultät 7

**PETER EBERHARD**

Peter Eberhard ist seit 2002 Leiter des Instituts für Technische und Numerische Mechanik (ITM) und als Professor für Mechanik für sehr viele Studierende aktiv. Er ist seit dieser Zeit in vielen Gremien der Selbstverwaltung tätig. Derzeit ist er u. a. gewählter Sprecher der professoralen Mitglieder des Senats und Mitglied verschiedener Senatsausschüsse.

„ Eine Universität ist ein ungeheuer komplexer und vielschichtiger Organismus. Die Mitarbeit in der akademischen Selbstverwaltung ermöglicht es uns, das Profil unserer Uni zu schärfen und zum Erfolg beizutragen. Die Zusammenarbeit zwischen unterschiedlichen Fachkulturen schafft ein lebendiges Miteinander und fördert die Kooperation in Forschung und Lehre.

**Ansprechpartner:innen**  
Ralph-Walter Müller  
[ralph-walter.mueller@f04.uni-stuttgart.de](mailto:ralph-walter.mueller@f04.uni-stuttgart.de)

Dr.-Ing. Charlotte Kuhn  
[charlotte.kuhn@f07.uni-stuttgart.de](mailto:charlotte.kuhn@f07.uni-stuttgart.de)

**Landesrecht-BW****Grundordnung**

# KULINARISCHE THERMODYNAMIK



**Als einzige deutsche Hochschule bietet die Universität Stuttgart ihren Studenten eine praxisnahe Einführung in die Fächer Bratpfannenwissenschaft, Esspressowesen, Mayonnaisenkunde, Gemüsebrühen(al)chemie, Bierkühldynamik, Schnapsbrennkunst und Thermomixmarketing an. Ein Plädoyer für Frontalunterricht mit Geschmacksverstärker.**

Immer am ersten  
Mittwoch  
des Sommersemesters  
11:30 – 13:00 Uhr

Unserer modernen Gesellschaft ist die Fähigkeit zur Herstellung schmackhafter Bratkartoffeln weitgehend abhandengekommen. Das liegt daran, dass heute meistens teflonbeschichtete Aluminiumpfannen zum Einsatz kommen, während unsere Großmütter Eisenpfannen für die Zubereitung von Bratkartoffeln benutzten. Die erste Vorlesung der Lehrveranstaltung Kulinarische Thermodynamik (KTD) – als fachübergreifende Schlüsselqualifikation oder Studium Generale belegbar – greift diesen gesellschaftlichen Missstand auf.

Sie vermittelt den Studenten erstens durch Lösung der eindimensionalen Wärmeleitungsgleichung die thermodynamische Begründung für die Überlegenheit der Eisenpfanne über die teflonbeschichtete Aluminiumpfanne. Zweitens regt sie die Hörer zum Verzicht auf Fertignahrung und zum selbstständigen Braten von Hamburgern, Steaks, Kartoffeln und Eiern an. Drittens schlägt die Vorlesung mittels soziotechnischer Analyse des Entscheidungsprozesses zwischen Eisenpfanne und Aluminiumpfanne die Brücke zu energiepolitischen Entscheidungsprozessen wie etwa zwischen dem Elektro- und Benzinauto. Weitere energiepolitische Fragestellungen und deren soziotechnische Analyse werden in dem Buch „Sieben Energiewendemärchen?“ von André D. Thess beleuchtet, erschienen im Springer-Verlag 2020.

Die Vorlesung KTD umfasst insgesamt acht Themen. Jedes Kapitel wird mit einer kulinarischen Frage eingeleitet und führt auf ein thermodynamisches Problem. Die Eingangsfragen und jeweils in Klammern die zugehörigen thermodynamischen Gebiete lauten: Bratpfanne (zeitabhängiger Wärmetransport), Mayonnaise (Kolloide und Emulsionen), Gemüsebrühe (Osmose), Kaffeekochen (Strömung durch poröse Medien), Wasserkochen (Energieeffizienz), Bierkühlen (Kälteerzeugung und Energiespeicher), Schnapsbrennen (Destillation) und Thermomix (Marketing). Nachdem der Dozent jeweils die Eingangsfrage formuliert hat, zum Beispiel „Aus welchem Material ist die beste Bratpfanne?“, präpariert er das zu lösende thermodynamische Problem heraus. Dessen Behandlung erfolgt auf dem mathematisch-physikalischen Niveau des gymnasialen Leistungskurses Physik und setzt kein Spezialwissen voraus. Die Vorlesung ist deshalb grundsätzlich für alle Studenten der Universität Stuttgart geeignet. In der Vorlesung wird das Gelernte anhand eines Experiments demonstriert und am Ende der Vorlesung wird der Vorlesungsgegenstand verkostet. So können die Studenten etwa am Ende der Mayonnaisen-Vorlesung Fleischsalat aus selbstgerührter Mayonnaise mit Industriefleischsalat vergleichen.



Bratergebnisse im Vergleich: Die Eisenpfanne liefert bessere Bratkartoffeln.

Die Vorlesung verfolgt zum einen das Ziel, Studenten für Thermodynamik zu begeistern. Zum anderen soll die Vorlesung KTD zum selbstständigen Kochen, Braten, Backen und zum (ordnungsgemäß lizenzierten) Schnapsbrennen anregen. Außerdem werden in der Vorlesung Bezüge zu aktuellen Forschungsthemen hergestellt. Dies lässt sich anhand der Vorlesung zum Thema Bierkühlen veranschaulichen.



Thermodynamisches Grundwissen über Osmose fließt in die Zubereitung von Gemüsebrühe ein.

Studentisches Feedback aus Evaluierungsbogen

Lob:  
Beste Vorlesung in 5 Jahren Studium – Danke

Kritik:  
Größere Portionen!

## Die Ausgangsfrage lautet: „Wie kann ein selbstkühlendes Bierfass konstruiert werden, welches kein Kälteaggregat und keinen Stromanschluss benötigt?“

Im Hauptteil der Vorlesung wird das Prinzip der thermochemischen Energiespeicherung behandelt. Speziell wird erläutert, wie Zeolithkörner durch Adsorption von Wasserdampf in einem Wasserreservoir Kälte durch Verdampfung erzeugen und somit ein Bierfass autark kühlen können. Am Ende der Vorlesung wurde in Vergangenheit das Resultat des Kühlprozesses verkostet. (Leider wird das selbstkühlende Bierfass aktuell aus wirtschaftlichen Gründen nicht mehr in Getränkemärkten angeboten.)

Teil der Vorlesung ist der Bezug zur aktuellen Forschung des Lehrstuhls für Energiespeicherung am Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE) der Fakultät 4 im Rahmen des Sonderforschungsbereiches (SFB) 1244 „Adaptive Hüllen und Strukturen für die gebaute Umwelt von morgen“. In einem von den beiden Autoren dieses Artikels geleiteten Teilprojekt untersucht der Doktorand Olaf Böckmann die Möglichkeit, die Kühlfunktion des selbstkühlenden Bierfasses auf eine innovative solarbetriebene Fassadenkühlung für Gebäude zu übertragen. In einem weiteren Projekt unter Beteiligung von Dr. Marc Linder vom DLR-Institut für Technische Thermodynamik untersuchen Forscher die reversible Reaktion von Branntkalk  $\text{CaO}$  mit Wasserdampf zu Löschkalk  $\text{Ca(OH)}_2$  als mögliche Technologie zur saisonalen Wärmespeicherung. Die Ergebnisse beider SFB-Projekte sollen als Demonstratoren in das Forschungshochhaus auf dem Campus in Vaihingen einfließen. So lässt sich in der Vorlesung KTD die Brücke vom selbstkühlenden Bierfass zum nachhaltigen Gebäude schlagen.

Das Lifestyle-Produkt Thermomix sorgt regelmäßig für Debatten zwischen Befürwortern und Kritikern. Erstere würdigen den Beitrag des Produkts zur Erleichterung der Küchenarbeit. Letzere bemängeln den hohen Preis und einen vermeintlichen Verfall der Kochkunst. Der Thermomix eignet sich deshalb als interdisziplinärer Schlussakkord der Vorlesung KTD mit Bezug zu Sozialwissenschaft und Marketing. In der Vorlesung wird zunächst die tiefeschürfende semantische Verwandtschaft zwischen der Bezeichnung „Thermomix“ und der Gibbsschen Fundamentalgleichung der Thermodynamik  $dU = TdS - pdV$  mit den Termen  $TdS$  für Wärme („thermo“) und  $pdV$  für Arbeit („mix“) analysiert. Anschließend wird die Meisterleistung der Werbe- und Marketingexpert:innen der Herstellerfirma gewürdigt. Sie besteht darin, breite Bevölkerungsschichten dafür zu gewinnen, mehr als 1000 Euro für ein Produkt auszugeben, dessen Funktion ebensogut mittels Elektroplatte, Kochtopf und Quirl im Beschaffungswert von insgesamt weniger als 100 Euro realisiert werden kann.

Die Vorlesung KTD genießt auch jenseits der Universität Stuttgart einen hohen Bekanntheitsgrad und wurde beispielsweise im Jahr 2020 als Podcast in der Serie „Welt der Physik“ auf <https://www.youtube.com/watch?v=JZw64l5G4RI> vorgestellt. Die Vorlesungsinhalte werden stetig weiterentwickelt und ausgebaut. So hat der verantwortliche Professor im Februar 2023 im Rahmen einer selbstfinanzierten hochschulpädagogischen Weiterbildung bei einem Schlachtkurs in der Fleischerei Carsten Neumeier in Hessisch-Lichtenau bei Kassel die Unterschiede zwischen Warm- und Kaltschlachten regionaler Schweine studiert. Dabei wurde der Trocknungs- und Reifeprozess echter „Ahle-Wurst“ als bislang unerforschtes Terrain thermodynamischer Forschung identifiziert. Dieser Umstand wird in die Gestaltung künftiger Vorlesungsinhalte einfließen.

Autoren: Prof. Dr. André Thess, Dr.-Ing. Micha Schäfer



Das selbstkühlende Bierfass beruht auf der Adsorption von Wasserdampf durch granulares Zeolith und benötigt keinen externen Stromanschluss.



Kulinarische Thermodynamik

**Ansprechpartner**  
Prof. Dr. André Thess  
[andre.thess@dlr.de](mailto:andre.thess@dlr.de)

Dr.-Ing. Micha Schäfer  
[micha.schaefer@igte.uni-stuttgart.de](mailto:micha.schaefer@igte.uni-stuttgart.de)

Fotos: Prof. Dr. André Thess

# HIGHLIGHTS



Foto: Ludmilla Parsyak



## Neuer Beschleunigungs-Weltrekord

In 1,461 Sekunden von 0 auf 100 km/h: Das ist die neue Bestzeit für das schnellst beschleunigende Elektrofahrzeug und ein neuer Weltrekord. Geknackt haben ihn 20 Studierende des Fördervereins Greenteam Uni Stuttgart e.V. mit ihrem selbstkonstruierten Elektro-Rennwagen Ende September 2022 auf der Bosch-Teststrecke in Renningen. Der Rekord wurde somit zum dritten Mal wieder nach Stuttgart geholt, nachdem dieser seit 2016 von einem Team der ETH Zürich gehalten wurde.

Foto: Greenteam, Maximilian Partenfelder

# HIGHLIGHTS

Auszüge aus vielfältigen Projekten

## KI zur längeren Nutzung schadhafter Getriebe in Windenergieanlagen

Zentraler Bestandteil einer Windenergieanlage ist das Getriebe, das die langsame Rotordrehzahl an die schnelle Generator Drehzahl anpasst. Tritt heutzutage an einem Zahnrad ein Schaden auf, wird die Anlage stillgesetzt oder die Leistung reduziert, um einen schwerwiegenderen Folgeschaden zu vermeiden. Am Institut für Maschinenelemente (IMA) wird eine adaptive Betriebsstrategie entwickelt, welche den Weiterbetrieb der Anlage ermöglichen soll: Mithilfe integrierter Sensorik im Getriebe wird der auftretende Zahnschaden örtlich exakt erkannt und die Betriebsstrategie des Generators mithilfe Künstlicher Intelligenz so angepasst, dass der schadhafte Zahn bei jedem Umlauf gezielt entlastet wird. So kann das Getriebe mit nahezu unveränderter Leistung sicher weiterbetrieben werden. Dies ermöglicht eine deutliche Verlängerung der Restlebensdauer und trägt so zu einer effizienteren Energieerzeugung bei. Das Verfahren ist auch auf andere Industriegetriebe anwendbar und wird derzeit an den Lastprüfständen des IMA entwickelt.



Foto: IMA, Lukas Merkle



Foto: Juliane Mayer

## Diagnose der Kupferspeicherkrankheit

Die Kupferspeicherkrankheit ist eine Stoffwechselstörung, bei der aufgenommenes Kupfer nicht wieder ausreichend ausgeschieden wird. Unbehandelt führt dies langfristig zu schweren Organschäden. Ein eindeutiges Kriterium zur Diagnose ist das Vorhandensein eines bläulichen oder braunen Rings aus Kupferpartikeln rund um die Iris im Auge. Am Institut für Medizingerätetechnik (IMT) wurde ein Konzept entwickelt, um die Erkennung dieser seltenen Erkrankung zu vereinfachen und eine nichtinvasive Verlaufskontrolle zuhause zu ermöglichen. Genutzt wird hierbei die Eigenschaft der Kupferpartikel, Infrarotlicht stark zu reflektieren. Ein Prototyp, der für die selbstständige Nutzung durch Patient:innen konzipiert ist, beleuchtet die Iris mit Infrarotlicht und erfasst die Intensität des reflektierten Lichts. Damit kann auf die Menge an Kupferpartikeln im Auge geschlossen und der Verlauf der Erkrankung dokumentiert werden.

## REALIST

Auf die Elektrifizierung des urbanen Lieferverkehrs müssen Stromnetz, Stadtlogistik und Kommunen frühzeitig vorbereitet werden – eine Aufgabe des Projekts REALIST (Reallabor zur beschleunigten Elektrifizierung des urbanen Logistikverkehrs in Stuttgart). Mit einer Machbarkeitsanalyse und einem Reallabor werden das Institut für Fördertechnik und Logistik (IFT) und das Institut für Energieübertragung und Hochspannungstechnik (IEH) mit den beteiligten Akteuren ein klima-innovatives Stromversorgungs- und Logistikkonzept für eine elektrische Stadtbelieferung schaffen.



Foto: IFT

## 3D gedruckte Kontinuumsroboter

Am Institut für Medizingerätetechnik (IMT) steht ein „FREEFORMER“ (3D-Drucker) der Firma Arburg zur Verfügung. Dieser ist in der Lage, drei verschiedene thermoplastische Materialien gleichzeitig zu verarbeiten, und arbeitet nach dem Prinzip der Tröpfchenausbringung. Das Verfahren erlaubt die Einstellung der mechanischen Werkstückeigenschaften in weiten Grenzen. Damit ist es möglich, Kontinuumsroboter auf neue Art und Weise herzustellen und gezielt die Biegeeigenschaften zu beeinflussen. Die Roboter werden für endoskopische Eingriffe in die Gastroenterologie entwickelt.



Foto: Leonhard Heinrich



Foto: ISW

### Duales Studium Informatik am ISW

Auch in der Produktionstechnik ist Informatik ein wesentlicher Innovationstreiber. Das Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen (ISW) beteiligt sich daher an der Ausbildung von Informatiker:innen als Praxispartner der Dualen Hochschule Baden-Württemberg (DHBW): Ab Oktober werden zwei duale Studierende der Informatik das ISW dabei unterstützen, informatische Innovationen in die Produktionstechnik zu übertragen.

### Best Student Presentation Award

Holger Rühl vom Institut für Mikointegration (IFM) hat für seinen Beitrag „Injection Compression Molding of Nanostructures from Direct Structured PVD Hard Coatings“ beim 5. World Congress on Micro and Nanomanufacturing (WCMNM) 2022 die Auszeichnung „Best Student Presentation Award“ erhalten. Der Beitrag behandelt das Spritzgießen von Submikrometerstrukturen, die durch Focused Ion Beam Machining hergestellt wurden. Der WCMNM ist eine weltweit renommierte Konferenz zur mikrotechnischen Fertigung.



Foto: IFM

### 2022 IVS-Award des Informatikverbands Stuttgart für exzellente Dissertationen

Dr. Anne Koch wurde für ihre am Institut für Systemtheorie und Regelungstechnik (IST) angefertigte Doktorarbeit "Determining input-output system properties of linear time-invariant systems from data" mit dem IVS-Award ausgezeichnet. Der IVS-Award des Informatikverbands Stuttgart für exzellente Dissertationen wurde 2022 erstmals vergeben und zeichnet eine herausragende Dissertation im Bereich der angewandten Informatik aus. In ihrer Dissertation stellt Anne Koch Verfahren vor, die eine robuste Analyse dynamischer Systeme auf der Basis vergangener Daten ermöglichen.



Foto: IST



Foto: Lukas Dufner

### Stiftung Umweltpreis

Die Stiftung Umweltpreis der Sparkasse Pforzheim Calw hat Lukas Dufner vom Institut für Fertigungstechnologie keramischer Bauteile (IFKB) für das Projekt „Photokatalytische Trinkwasseraufbereitung mit Sonnenlicht“ ausgezeichnet. Der Preis wird für richtungweisende Forschung und Entwicklungen verliehen. Das Projekt verfolgt eine alternative Methode basierend auf einem Titanium Dioxid-Photokatalysator verunreinigtes Trinkwasser in infrastrukturschwachen Regionen so einfach wie möglich aufbereiten zu können.

### Scrub Nurse Robot

Der Mangel an Fachpersonal im Gesundheitssektor motiviert die Automatisierung repetitiver Tätigkeiten. Das Anreichen von Instrumenten während einer OP ist eine anspruchsvolle Aufgabe. Unter engen zeitlichen Anforderungen, bei begrenztem Platzangebot am OP-Tisch müssen Arbeitsabläufe überblickt und die Sterilität des Materials gewahrt werden. Am Institut für Medizingerätetechnik (IMT) wird ein robotisches Assistenzsystem entwickelt, welches die Handhabung von Instrumenten während chirurgischen Prozeduren ermöglicht. Grundlage des Systems sind ein kollaborativer Knickarmroboter, eine bildbasierte Identifikation der Instrumente sowie ein universeller Greifer, der die Handhabung beliebiger Instrumente ermöglicht – unabhängig von Material, Oberfläche, Lage und Orientierung der Objekte.



Foto: Jolanda Friedrich

### Entwicklung bioresorbierbarer antibakterieller Schichten für Gelenkimplantate

Für Gelenkimplantate aus Titan entwickelt das Institut für Fertigungstechnologie keramischer Bauteile (IFKB) in einem von der DFG geförderten Projekt neuartige antibakterielle Beschichtungen aus resorbierbaren bioaktiven Keramiken (CaP) und agglomerierten Calciumphosphat – Nanopartikel (NP), welche als Träger für Antibiotika oder weitere antibiotisch wirksame Stoffe fungieren. Zum Einsatz kommt das am IFKB entwickelte überschallschnelle Suspensionsflammspritzen (HVSFS). Ziel der Forschungsarbeiten ist es, durch die Vermeidung postoperativer Entzündungen das Risiko für Patient:innen bei solchen Eingriffen zu senken.

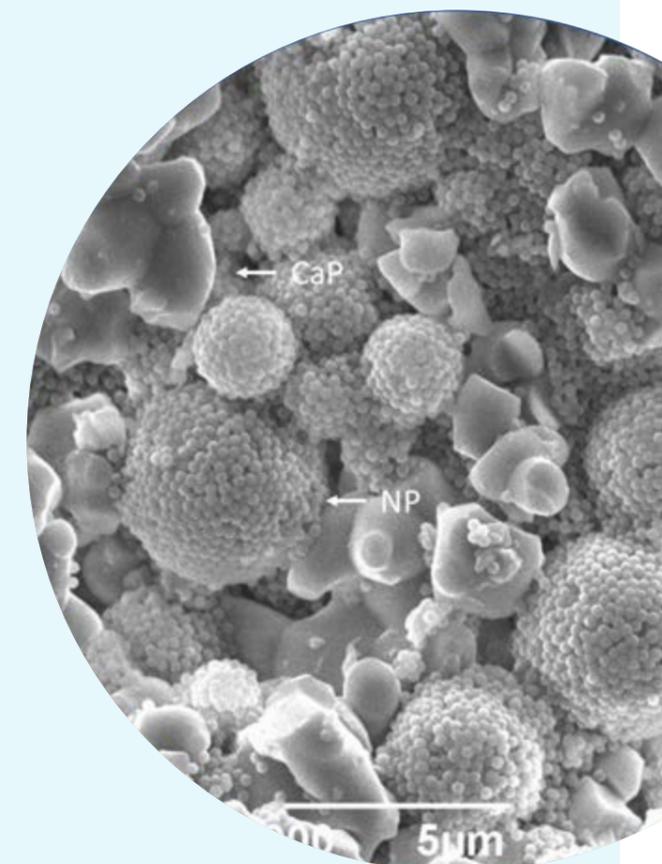
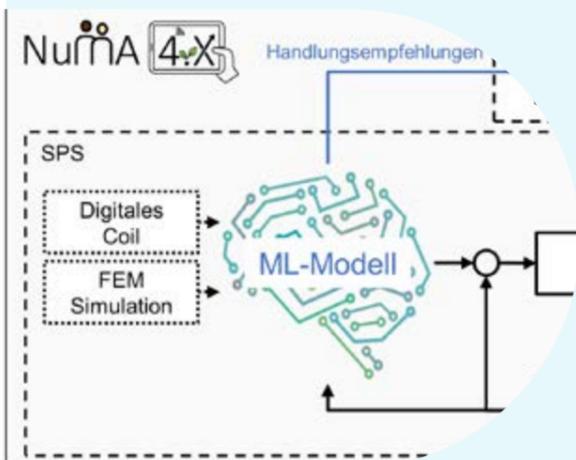


Foto: IFKB



## Nachhaltige und mitarbeitende-zentrierte Automobilfabrik 4.X

Im Januar 2023 startet das vom BMWK geförderte dreijährige Forschungsprojekt Nachhaltige und mitarbeitende-zentrierte Automobilfabrik 4.X (NuMA4.X) unter Mitwirkung des Instituts für Umformtechnik (IFU). Das Projekt soll zu neuen und effizienten Prozessen in der Automobilfabrik der Zukunft führen. Gemeinsam mit Konsortialpartnern stehen dabei die gesteigerte Resilienz und Nachhaltigkeit sowie die stärkere Einbindung aller Mitarbeitenden in zukünftige Fertigungsprozesse im Mittelpunkt der Forschungsarbeiten. Das IFU wird eine adaptive Prozessvorsteuerung für das Tiefziehen im Presswerk von FORD Motor entwickeln.

Foto: IFU

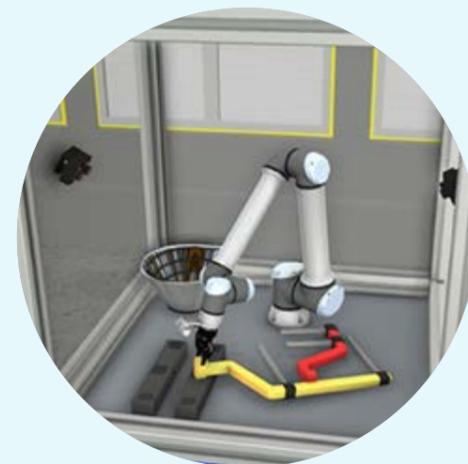


Foto: IFF

## Projekt RoboCable unterstützt Elektromobilität

Das IFF und das ISW haben Anfang des Jahres gemeinsam mit dem Fraunhofer IPA und dem IIIT des KIT in Karlsruhe das Projekt RoboCable gestartet. Dahinter verbirgt sich die „Robotergestützte Manipulation biegeschlaffer Bauteile mit hoher Varianz und Prozessunsicherheiten in der Produktion von Elektrofahrzeugen“ (Link zu RoboCable <https://www.icm-bw.de/robocable>). Das Projekt wurde im Rahmen des „Innovationscampus Mobilität der Zukunft“ beantragt und genehmigt.

Neuartige KI-Methoden sollen bei der robotergestützten Manipulation der Bauteile dafür sorgen, dass es keine Zeitaufwände mehr für die Planung, Konstruktion und Programmierung gibt, sodass die Stillstandszeit der Roboter für die Programmierung entfällt, ebenso wie die Anlaufzeit. Defekte und eine Gefährdung für Menschen gehören damit ebenfalls der Vergangenheit an. RoboCable adressiert die technologischen Grundlagen zur Manipulation beispielsweise von Kabeln und Schläuchen, was ein hohes Transferpotenzial in die Industrie erwarten lässt, insbesondere im Bereich der Elektromobilität. Die ARENA2036 strebt daher, ebenso wie die Firma Kuka und der Innovationscampus Schwarzwald, von Anfang an eine enge Zusammenarbeit mit RoboCable an.

## Neuer Juniorprofessor „Systemtheorie und Regelungstechnik“

Zum Beginn der Wintersemester, wurde Dr. Andrea Iannelli zum Tenure-Track Juniorprofessor am Institut für Systemtheorie und Regelungstechnik (IST) ernannt. Seine Forschungsinteressen liegen an der Schnittstelle zwischen Regelungstheorie, Optimierung und Lernen. Prof. Iannelli studierte Luft- und Raumfahrttechnik an der University of Pisa. Im April 2019 schloss er seine Promotion an der University of Bristol ab, wo er auf der Theorie der robusten Regelung und dynamischen Systeme basierende Methoden für die Analyse und Regelung unsicherer und nichtlinearer Systeme entwickelte. Von Mai 2019 bis September 2022 war er als Postdoktorand am Institut für Automatik (IfA) der ETH Zürich angestellt, wo er an theoretischen Fortschritten in der datengetriebenen Regelungstheorie, der optimierungsbasierten Regelung und der Systemidentifikation forschte. Er freut sich sehr, an der Universität Stuttgart zu sein und mit der Forschungsgemeinschaft in Kontakt zu treten.



Foto: IST

## Robotik für die Chirurgie

Für die Chirurgierobotik ist es wichtig, hohe Beweglichkeit, kompakte Bauform, Zuverlässigkeit und geringe Kosten vorteilhaft zu kombinieren. Am Institut für Medizingerätetechnik (IMT) wird daher an neuartigen Antrieben und Fertigungsverfahren für die mechanische Schnittstelle zwischen Roboter und Endeffektor geforscht. Das Projekt ist Teil der Initiative „Medizinrobotik der Zukunft“ am IMT.

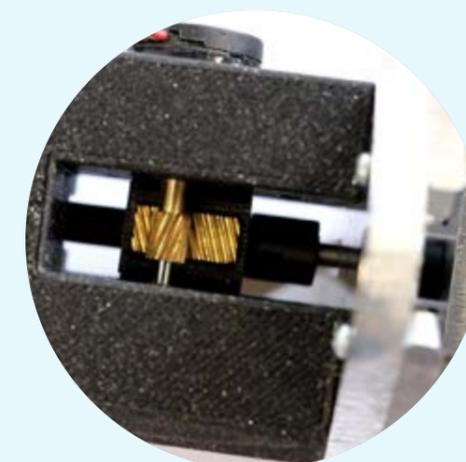


Foto: IMT



Foto: Ömer Atmaca

## Automatisierte Nadelnavigation

Forschende am Institut für Medizingerätetechnik (IMT) beschäftigen sich mit der impedanzbasierten Nadelnavigation auf Basis einer 3D-Visualisierung. Ziel ist es, sowohl die Nadelposition als auch das umliegende Gewebe darzustellen. Das System besteht aus einer mit Elektroden ausgestatteten Nadel und einer Elektronik, die zwischen Elektrodenpaaren schaltet, um multilokale Messungen mittels Impedanzanalysator durchzuführen. Ein Nearest-Neighbor-Klassifikationsalgorithmus ordnet der gemessenen Impedanz auf Basis von simulierten und gemessenen Daten einen Gewebetyp zu. Die Kombination aus Nadelmodell, räumlicher Sensitivität des Elektrodenlayouts und Gewebetyp ermöglicht die 3D-Darstellung des Gewebestücks um die Nadel.



Foto: Sophie Weiland

## Seilroboter als Eingabegeräte für die haptische Nutzerinteraktion

Während manuelle Operationsmethoden Chirurgen:innen direkte haptische Rückmeldung über Interaktionskräfte zwischen Instrument und Gewebe bieten, geht dieses Feedback bei der Roboter-Assistierten-Chirurgie gänzlich verloren. Am Institut für Medizingerätetechnik (IMT) wird an Eingabegeräten geforscht, die den Nutzenden ein haptisches Feedback bieten. Dazu werden Seilroboter entwickelt und mithilfe von bürstenlosen Gleichstromantrieben sowie leichten aber zugsteifen Kunstfasern realisiert. Diese Eingabegeräte ermöglichen durch ihre Konfigurierbarkeit eine hohe Gestaltungsfreiheit des nutzbaren Arbeitsraums sowie die Darstellung von haptischem Feedback mit besonders hoher mechanischer Bandbreite.



Foto: IFU

### BRUDERER BSTA 510-110B2 am Institut für Umformtechnik

Die BRUDERER AG, Frasnacht, Schweiz stellt dem Institut für Umformtechnik (IFU) ab Januar 2023 eine Schnellläuferpresse des Typs BSTA 510-110B2 im Rahmen einer langjährigen Kooperation zur Verfügung. Mit dieser Presse werden Stanzprozesse und deren Überwachung im Grenzbereich der technologischen Machbarkeit untersucht. Vor diesem Hintergrund stellen die Auswertung und Weiterverarbeitung von Prozessdaten mithilfe neuartiger Methoden der KI sowie daraus korrigierende Prozesseingriffe langfristige Forschungsschwerpunkte am Institut dar.

### Doppelt ausgezeichnete Ergonomie am IKTD

Beim RAMSIS Excellence Award 2022 konnte das Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design (IKTD) beide Kategorien für sich gewinnen. Die Dissertation von Philipp Pomiersky zum Thema „Erfassung und Berücksichtigung von Persönlichkeitsmerkmalen im Kontext der ergonomischen Fahrzeugauslegung“ wurde als beste wissenschaftliche Arbeit ausgezeichnet. Uğur Utku Yilmaz gewann mit seiner Masterarbeit zur konzeptionellen Auslegung eines Drehsitzes für automatisierte Fahrzeuge den Preis für den besten Newcomer.

Link zur Doktorarbeit: <http://dx.doi.org/10.18419/opus-12234>



Foto: IKTD

### 2022 IEEE CSS George S. Axelby Outstanding Paper Award

Dr. Julian Berberich und Prof. Frank Allgöwer vom Institut für Systemtheorie und Regelungstechnik (IST) haben zusammen mit Dr. Johannes Köhler (ETH Zürich) und Prof. Matthias Müller (LU Hannover) den 2022 IEEE CSS George S. Axelby Outstanding Paper Award erhalten. Dieser Preis wird jährlich für den besten Artikel in der Zeitschrift IEEE Transactions on Automatic Control vergeben, der renommiertesten internationalen Zeitschrift im Bereich der Regelungstechnik. Die Publikation trägt den Titel „Data-driven model predictive control with stability and robustness guarantees“.

Link zur Publikation: <https://doi.org/10.1109/TAC.2020.3000182>



Foto: IST



Foto: IMT

### Tobias Menold ist neuer Leiter des Geschäftsbereichs „Systemtechnik“

Zum 1. Februar 2023 hat Dr.-Ing. Tobias Menold die Leitung des Geschäftsbereichs „Systemtechnik“ am IFSW übernommen und verstärkt damit zukünftig die Aktivitäten im Bereich Künstliche Intelligenz. Tobias Menold studierte Physik und Mathematik an der Eberhard Karls Universität Tübingen. Nach seiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Physikalischen Institut der Universität Tübingen wechselte er in die zentrale Forschung der Robert Bosch GmbH. Betreut durch das Institut für Photovoltaik der Universität Stuttgart promovierte er mit einer Arbeit über Kristalldefekte in laserbearbeitetem Silizium. Anschließend arbeitete er als Forschungsingenieur in der zentralen Forschung der Robert Bosch GmbH. Themenschwerpunkte hierbei waren die Lasermikrobearbeitung von Halbleitermaterialien und transparenten Materialien für den Einsatz in mikromechanischen Sensoren und in Quantensensoren. Im Rahmen eines zusätzlichen Postdoktorats am Physikalischen Institut der Universität Tübingen arbeitete er auch systemseitig im Bereich optischer Quantensensorik.

### HOB Days Stuttgart am 21.09.2023

Als Teil des Stuttgarter Maschinenbaus veranstaltet das IfW in Kooperation mit der Zeitschrift HOB eine Fachtagung zum Thema Holzbearbeitung. Dabei geht es um komplette Maschinen-Konzepte, innovative Fertigungskomponenten, Werkzeuge, Softwaresysteme sowie um nachhaltige Bearbeitungsstrategien. Diskutiert werden Themen wie Künstliche Intelligenz in der Holzbearbeitung sowie strategische und nachhaltige Produktionsmethoden.

Anmeldung unter <https://hob-magazin.com/hob-days-stuttgart/>



Foto: IFW

### Highlights einreichen

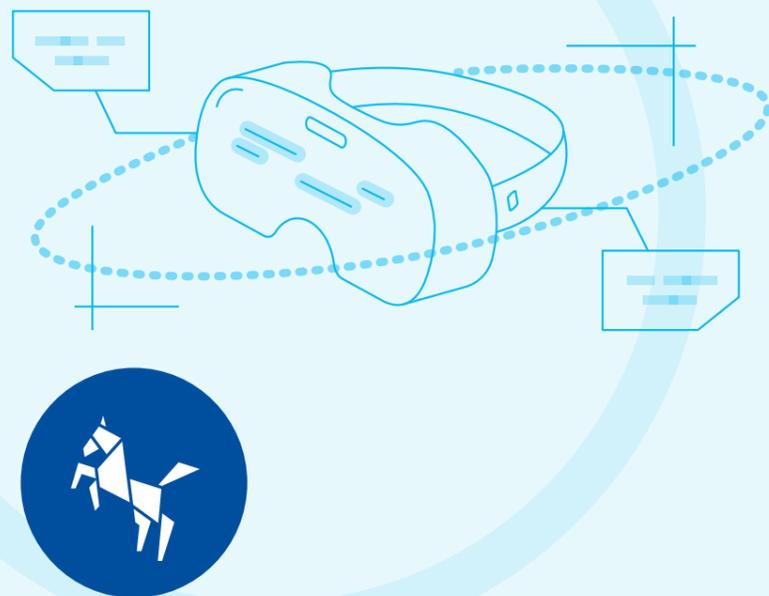
Möchten Sie ebenfalls eines Ihrer Forschungsthemen oder ein besonderes Ereignis aus dem Institutsgeschehen hier als Highlight vorstellen? Dann schicken Sie einfach eine E-Mail mit einem kurzen beschreibenden Text und Bild, samt Fotonachweis an [smb-magazin@f07.uni-stuttgart.de](mailto:smb-magazin@f07.uni-stuttgart.de)



Stuttgarter Maschinenbau



# AUSBLICK



Hier schließen wir den Kreis. Wie im Editorial beschrieben, haben wir unsere sechs Zukunftsthemen der beiden Fakultäten innerhalb der ersten vier Ausgaben des Magazins vorgestellt. Nun geben wir richtig Gas und werden Sie weiterhin über spannende Themen aus Forschung und Lehre informieren, interessante Personen und Gruppen interviewen und Sie mit den Highlights an unserer täglichen Arbeit teilhaben lassen.

Wie immer freuen wir uns über Ihr Feedback – Sie erreichen uns unter [kontakt.maschinenbau@f07.uni-stuttgart](mailto:kontakt.maschinenbau@f07.uni-stuttgart)  
[www.linkedin.com/company/stuttgarter-maschinenbau](https://www.linkedin.com/company/stuttgarter-maschinenbau)  
[www.instagram.com/stuttgartermaschinenbau](https://www.instagram.com/stuttgartermaschinenbau)

## Impressum

**Herausgeber**  
 Universität Stuttgart  
 Stuttgarter Maschinenbau  
 Univ.-Prof. Dr.-Ing. Oliver Riedel

**Endredaktion**  
 Dekanate der Fakultäten 4 und 7

**Gestaltung**  
 WeiserDesign, Stuttgart  
[www.weiser-design.de](http://www.weiser-design.de)

**Druck**  
 Zarbock, Frankfurt am Main  
 Auflage: 1.500

**Stand**  
 Juni 2023



Foto: Ludmilla Parsyak

Immer wieder stellen wir unser Maskottchen bzw. unsere Bildmarke in unterschiedlichen Fertigungsverfahren her. Diesmal haben Jeremias Hubbauer und Georg Ziegler eine mechatronische Variante konstruiert und gefertigt: Unser „Leuchtpferd“ wurde in IP65-Ausführung per Laser aus Edelstahl geschnitten. Es hat im Inneren eine RGB-LED-Beleuchtung, die per Fernbedienung gesteuert werden kann. Auch dieses Pferd begleitet uns bei vielen Aktionen.



[www.stuttgarter-maschinenbau.de](http://www.stuttgarter-maschinenbau.de)

stuttgarter  
**maschinenbau**  
 interdisziplinär und vielfältig





Universität Stuttgart

stuttgarter  
**maschinenbau**  
interdisziplinär und vielfältig

