



# reisswolf

1/24

LEHRSTUHLSERIE

PROF. DAUB

Interview

Direct Energy Deposition  
Ein Besuch bei der MVG  
Alltagsrassismus

# EDITORIAL

**D**as Jahr 2023 ist zu Ende gegangen und das Wintersemester tut es ihm so langsam gleich. Wir aus der Redaktion freuen uns, dass wir dieses Semester so viele spannende Interviews führen, interessante Exkursionen und Messen besuchen und wichtige Themen ansprechen konnten.

In dieser Ausgabe hat Marcus sich bei der Leitwarte der MVG umgeschaut und herausgefunden, wie mit Verspätungen und Ausfällen umgegangen wird. Außerdem gibt der Lehrstuhl mit in der zweiten Folge der TUM.additive Reihe einen Einblick in die Direct Energy Deposition. Das iwv stellt sich vor und Professor Daub



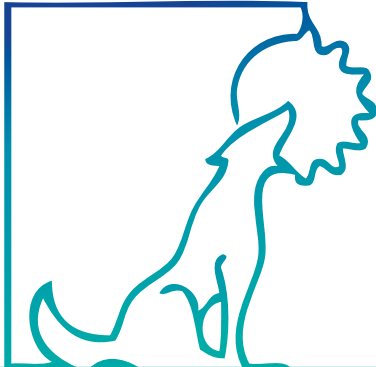
hat sich im Interview unseren Fragen gestellt. Zum Schluss berichtet Jing von ihren Erfahrungen mit Alltagsrassismus. Sie zeigt auf, dass Rassismus nicht nur im Bezug zur aktuellen CORRECTIV Recherche das Leben vieler Menschen beeinflusst.

Wir wünschen euch eine erfolgreiche Klausurenphase und ein möglichst stressarmes Ende des Semesters. Hoffentlich kann die Lektüre dieses Reisswolfs als eine wohlverdiente Pause vom Klausurenstress dienen.

Viel Spaß mit der Ausgabe

**Felix & Emma**  
[reisswolf@fsmb-tum.de](mailto:reisswolf@fsmb-tum.de)

# INHALT



## IMPRESSUM

28.1.2024

### V.I.S.D.P.

Emma Steinmann  
Fachschaft Maschinenbau  
Technische Universität München  
85748 Garching b. München  
089/289-15045  
reisswolf@fsmb-tum.de  
reisswolf.fsmb.de  
www.fsmb.de/reisswolf

### REDAKTION UND ERSTELLUNG

Paul Bachmann, Andreas Blum,  
Ethel Angeles Dominguez, Marcus Dürr, Janis Eberle,  
Felix Fröhlich, Miu Hagen, Jonathan Link,  
Stefan Schärdinger, Emma Steinmann, Jing Wang

### TITELBLATT

Fotograf: Tobias Haase

### AUFLAGE

400

### DRUCK

Studiendruck der Fachschaft Maschinenbau e.V.

Mit Namen gekennzeichnete Artikel geben nicht die Meinung der Redaktion, sondern die der Verfasserin wieder. Die Redaktion behält sich vor, gegebenenfalls Kürzungen an den Beiträgen vorzunehmen.

## Fachschaft

Fachschaft Kompakt..... 4

## Campus

TUM.additive: Direct Energy

Deposition..... 6

## Messen und Exkursionen

Ein Besuch bei der MVG..... 9

## Lehrstuhlserie

Lehrstuhlvorstellung iwb ..... 13

Interview mit Prof. Daub ..... 17

## Nachgedacht

Geht nach Hause! ..... 25



# FACHSCHAFT KOMPAKT

## Neues aus der FSMB



Fachschaft  
Maschinenbau

**Instagram:**  
@fsmb\_tum  
**Website:**  
www.fsmb.de

### Leitung

Liebe Kommiliton\*innen,

wir hoffen, ihr hattet einen schönen Start ins neue Jahr und konntet in der Zeit etwas entspannen.

Das Semester geht langsam zu Ende und das bedeutet: wir suchen nach Nachfolgen für unsere Teamleitungen.

Wir als Fachschaft können nur schöne Events und hilfreiche Studienunterstützung anbieten, wenn ihr euch als Studierende aktiv einbringt, sei es für die Veranstaltungsplanung, die Redaktion von Reisswolf und Klopapier, Hochschulpolitik, Infos für Studis, im Druckereibetrieb und vielem mehr.

In der Fachschaft mithelfen macht Spaß und es wäre schade, wenn sich Ämter in der Fachschaft nicht besetzen lassen. Das bedeutet am Ende, dass Partys und Veranstaltungen wie esp, Tanzabende oder LOIFT ausfallen müssen, oder der Skriptenverkauf weniger offen haben kann.

Wenn ihr also Lust habt, uns bei der Verbesserung des Uni-Alltags zu unterstützen, kommt jederzeit im Büro hinterm Wasserspender vorbei oder schickt uns eine Mail an [leitung@fsmb-tum.de](mailto:leitung@fsmb-tum.de).

Neben der Fachschaft stehen für uns alle langsam die Prüfungen an. Wir wünschen euch eine erfolgreiche und nicht zu stressige Prüfungszeit.

Bis bald im hoffentlich schön warmen Sommersemester

**Eure Fachschaftsleitung**  
**Henri und Paul**

### Team für internationale Studierende

Our biggest responsibility as a team is to organise the buddy program for incoming students in the broad field of mechanical engineering.

We started off the year 2024 with an ice skating event, followed by a Stammtisch with great pizza. The final event this semester will be a movie night open for all participants of the buddy program.

As the winter semester is slowly coming to an end, our eyes are glancing towards the summer semester and a new round of our buddy program. New in the next semester will be that the program will be extended to all incoming students of the School of Engineering and Design.

Do you want to become a buddy? Sign up through our website: <https://fsmb.de/austauschstudierende/buddy-programm/>

### Your Team for international Students

### Erstsemesterteam

#### Artenschutz im MW in Aktion: Warum das Erstsemesterteam unverzichtbar ist

Das Erstsemesterteam ist an dem schönsten Fleckchen der Erde - dem MW - im Einsatz, um den natürlichen Lebensraum der Erstis zu bewahren. Ihre Arbeit ist vielfältig und manchmal auch gefährlich. Sie helfen den Erstis, bringen Altnasen auf die Palme, kämpfen gegen undurchsichtige Aussagen des Praktikumsamts, veranstalten die SET und Power und sensibilisieren für die artgerechte Betreuung eines gesunden Ersti-Ökosystems.

Kurz: Sie sind unverzichtbar für den Schutz der biologischen Ersti-Vielfalt im gesamten MW.

Für ein bisschen mehr Leser-Interaktion schickt uns doch mal eure Auffassung von Ersti-Artenschutz im MW als Strichmännchenzeichnung an [team-erstsemester@fsmb-tum.de](mailto:team-erstsemester@fsmb-tum.de). Wenn's Céline gefällt gibts vielleicht n Sticker von ihr.

**Eure Erstsemesterteamleitung**  
**Céline und Flynn**

Disclaimer: Diesr Text ist stark von "Naturschutz in Aktion: Warum Ranger:innen unverzichtbar sind" von WWF inspiriert, last accessed 27.01.2024 22:36



## Team für Hochschulpolitik

Wir haben in den letzten Sitzungen für dieses Semester die Studienzuschüsse für das kommende Semester bearbeitet und verteilt. Hierbei handelt es sich um die Gelder, mit denen Tutorien, Hochschulpraktika und Projekte zur Lehrverbesserung finanziert werden. Solltet ihr Lust haben, in Zukunft über die Vergabe von 6-stelligen Beträgen mitzuentcheiden, um eure Studienbedingungen auf direktem Wege zu verbessern, meldet euch gerne unter [hochschulpolitik@fsmb-tum.de](mailto:hochschulpolitik@fsmb-tum.de) oder indem ihr direkt in die Fachschaft kommt!

### Euer Team für Hochschulpolitik

## Team für Information und PR

Unsere Aufgabe ist es, euch Studierende über Neuigkeiten und Interessantes zu informieren. Dafür halten wir die Plakatwände in der Magistrale, die Stellenausschreibungen sowie die anderen Blackboards neben der Fachschaft aktuell. Parallel dazu kümmern wir uns auch um die Socialmedia-Accounts, vor allem um den Instagram-Account (@fsmb\_tum).

### Euer Team für Info und PR

## Skriptenteam

Eure Skriptenfamily ist während der Klausurenzeit da, um euch zu unterstützen!

Unser Team arbeitet dran, euch so früh wie möglich Prüfungssammlungen zur Verfügung zu stellen. Neben unserer regulären Öffnungszeiten wird es sogar einen Extended-Verkauf geben.

- Montag 10:00 bis 11:00
- Dienstag 13:00 bis 14:00
- Mittwoch 14:45 bis 15:45
- Donnerstag 9:00 bis 10:00

Wenn ihr ein Skript des Hauptstudiums sucht und sichergehen wollt, dass euer Skript noch da ist, könnt ihr sogar einen Reservierungswunsch erstellen. Dafür müsst ihr nur unsere Webpage auf [www.fsmb.de/skriptenverkauf](http://www.fsmb.de/skriptenverkauf) besuchen.

Außerdem drucken wir alle eure Abschlussarbeiten zu Studi-Preisen. Ihr könnt uns gerne unter [druckvorlagen@fsmb-tum.de](mailto:druckvorlagen@fsmb-tum.de) kontaktieren.

Um auf dem neuesten Stand zu sein, solltet ihr unbedingt unsere Newsletter abonnieren. Den Link dazu findet ihr auf unserer Homepage.

Liebe Grüße  
Eure Skriptenfamily

## Veranstaltungsteam

So weit, so gut! Das Semester ist fast überstanden. Wir blicken auf eine erfolgreiche esp23 zurück, auf der wir alle zusammen im Maschinenwesen ordentlich gefeiert haben. Das Glühnix hielt uns an kalten Tagen mit Glühwein und Punsch warm, die Tanzabende brachten Schwung in unsere festgefrorenen Knie und Poker- und Schafkopfturnier brachten uns bei gemütlicher Stimmung vor dem Kamin der C2 zusammen. Doch was kommt nun?

Naja, erstmal kommt die Prüfungsphase (Viel Glück! Die von euch, die ihre GOPs überstehen: schon mal überlegt, der Fachschaft beizutreten?).

Nach den wohlverdienten Semesterferien starten wir dann aber in ein Sommersemester voller Veranstaltungen! Im Juni gibt es einen großen Sommerball für alle Tanzbegeisterten, die Open Airs Garnix und Tunix stehen auch schon wieder in den Startlöchern und auch die Kartler unter euch dürfen sich wieder auf Turnierbetrieb freuen. Wir freuen uns auf warme Sommerabende mit kühler Maß in der Hand, auf Eiscafé in der Lernpause und auf einen Hof 0, in dem es nicht von der Decke tropft. Im kalten Januar klingt das alles noch weit weg, aber wir blicken freudig voraus, wir hoffen, du auch.

Eine gute Semesterpause und bis bald!

Ragnar und Leo

## IT

Kennst du schon <https://studiendruck.de> ? Die IT funktioniert bei uns abteilungsübergreifend. So hat man als ITler immer mit FSMB und IKOM zu tun.

Eure IT



# METAL FUSION MARVELS

A series of beyond 3D printing



Emre  
Osmanoglu

**M** meet Emre Osmanoglu, a Research Assistant at TUM's Chair of Materials Engineering of Additive Manufacturing. In this interview, we dive into the realm of Direct Energy Deposition technology, exploring the forefront of materials engineering. Gain unique insights into the latest advancements and challenges shaping the future of additive manufacturing.

**How would you explain the process to someone who has never heard of Direct Energy Deposition (DED)?**

In DED, what we do is melt metal powders to create structures. The method of melting is distinctive for DED. I try to explain this process as if you have ever been to the seaside and built a sandcastle. While doing that you might have put some sand in your hand, wetted it, and just dropped wet sand out of your hand to build a wall-like structure. This is basically how DED works. We have these metal powders and sand, we make them liquid, add water, or in this case, add a lot of heat, melt the powders, and create a metal structure. DED is also a variation of the welding process, which might be much more understandable for someone with an engineering background. Figure 1 can explain it better. We have a heat source. We shoot powders onto the heat source to melt the powders. This creates a melt pool. As we move the heat source, the melt pool also moves: it follows and traces the heat source. As the heat source moves away, the melt pool cools down, solidifies, and creates a deposited structure on top of a metal plate. So far, I described Powder-DED. There is also Wire-DED, which is also called Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM). But my focus in our chair is on Powder-DED. We use plasma gas as our heat source, but one can also use a laser beam or electron beam.

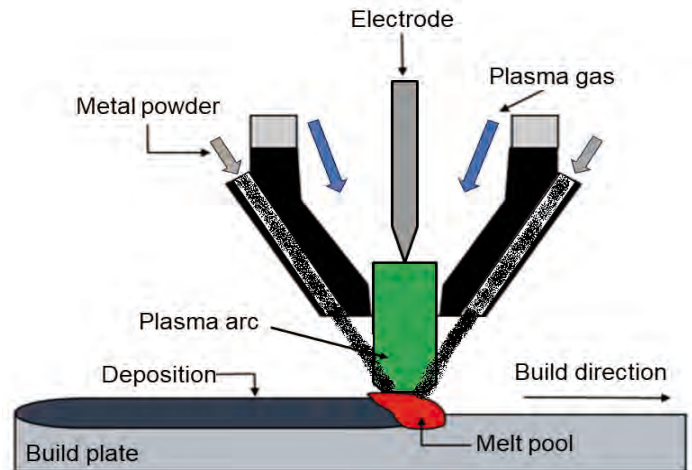


Figure 1: DED process

**You mentioned WAAM and DED. Could you explain the basic difference between them?**

The main difference is the material supply form. In Powder-DED, the metals are supplied in a powder form, and in WAAM, the material is supplied in a wire form. It is easier to control the material flow in WAAM because you are melting the wire. In powder-based methods, it is harder because you are shooting powder into the melt pool, and it might not melt.

**What are some common materials used?**

Theoretically, you can use any metal that you can melt with a laser or plasma. Plasma can melt practically any metal. Usually, steel alloys are used in DED. Nickel, copper, and aluminum alloys can also be used for these processes.

**What are the benefits of utilizing DED?**

The major advantage is free-form fabrication. You can build your structure in a very liberal way. But also, on top of it, you can combine materials that are either impossible or very hard to combine with conventional methods. In casting, you cast a single material. In forging, you have a piece of metal, and you shape it. If you want to combine two different materials with conventional methods, you mainly use welding. You have one piece of metal; you have another type of metal, and you weld them together. In our case, you can combine different materials while building the structure.

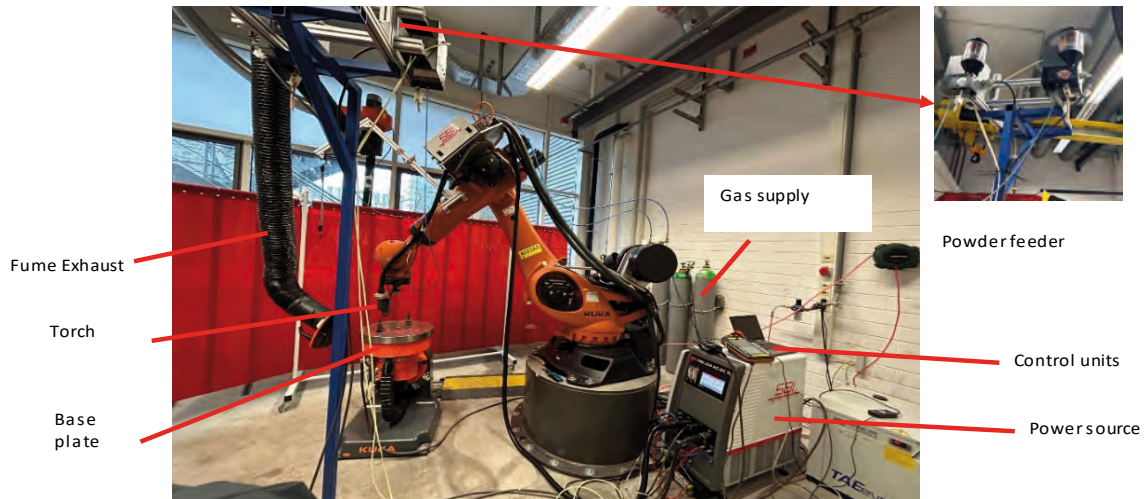


Figure 3: DED experimental setup at TUM

You can make in-situ alloying. That's the focus of my research project. I'm investigating how to build functionally graded materials in which two types of material are combined to achieve a structure that has the properties of both metals. That is the major strength of the DED processes.

**That sounds interesting! And what would you say are the disadvantages of DED?**

The drawback would be the surface finishing. Post-processing is another step you need to do. In some cases, you are limited by your tool, e.g., with plasma arc you cannot build intricate structures. To be more specific, in Plasma-DED, we cannot go below a thickness of 4 millimeters. It is not possible to construct a structure with small details directly; instead, it is necessary to build a larger structure and then use machining processes to make various structures. Of course, the flexibility of the process is a plus, but you might have to build support structures that have to be removed. It is a common issue in most of the 3D printing processes because you cannot defy the laws of physics. Depending on the material, another post-processing step might be heat treatment. For example, for aluminum, you need some heat treatment to age the aluminum.

**Could you elaborate on your research objectives as you mentioned that your research involves the combination of two metals?**

I work on the DISCO2030 project. This project is a part of the Horizon Europe 2030 projects. Our goal is to build structures with functionally graded materials. We are trying to combine the superior heat conductivity of copper with the structural integrity and strength of either steel or nickel alloys. So, in the project, there are three use cases [Figure 2]. Among these three, we are focused on the rocket engine and heat exchanger. The combustion chamber of the rocket engine will be manufactured out of copper and its exoskeleton will be out of nickel alloy. The inside of the heat exchanger will be copper or a copper alloy and the outside will be stainless steel. We are trying to combine these two materials. At TUM, our focus is the change region between these two materials. The nickel alloy we use is Inconel 718 and the copper alloy we use is CuCrZr. The stainless steel we use is 316L, but you can also use some other austenitic stainless steel like 304L - common materials.

**An exclusive info: Could you brief the experimental configuration employed in your research?**

The experimental setup is a six-axis industrial robot arm. At the end of the robot arm, we attached a torch, which is a plasma welding device. Built into the torch, there is a powder feeding system. Currently we have two different powder feeders attached to it – one for each material. And within the torch, within the powder sprayed area, the powders can mix. The powder is mixed in the weld pool. With this setup, we are building walls and cylindrical structures because those are the basic shapes to study the process, but you can technically use this setup to build any shape. We are using only plasma. We also use inert gases. You can use either argon or a mixture of argon and helium. If you add helium to the mixture you can get a better result. You shouldn't look directly at the plasma arc. It's like looking directly at the

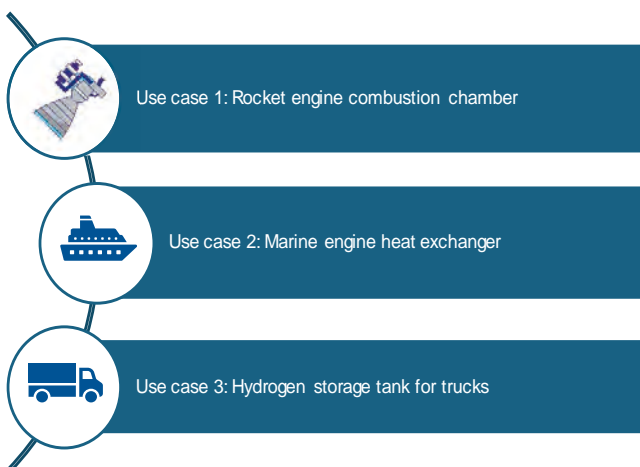


Figure 2: DISCO 2030 cases



sun. If you look directly at the sun, you get this bright spot when you close your eyes. This is the same with the torch. If you investigate it for longer with the naked eye, you might even go blind. That's why we have these red covers. Other than that, you must also use a welder's mask and filter mask because, during the process, we are not just melting the powders. We are technically vaporizing the powder itself. That's also because of the different melting temperatures of different materials. For steel, the melting temperature is about 1,500 °C. For copper, it is 1,050 °C. So, this is about 400 °C difference. That's why we also have a fume exhaust in here.

**What are your comments about the surface finishing achieved from DED?**

In DED, the surface finish depends both on the material and the power source. The surface finish is better using a laser beam. If you use plasma arc, the surface finish might be comparable to casting but may be even worse. In both these processes, you need post-processing to make sure that you provide the right output. The semi-finished object you obtain with this process cannot be obtained with any other conventional method. You can build your object in a very fast manner with DED.

**How do you handle the wastage of metal powders during manufacturing?**

The Plasma-DED we are making is not very environmentally friendly. Because our experimental setup is not a closed environment, the machines themselves are closed. This means powder recycling is possible in this process because the powders splattered away are neither heated too much nor melted. You can recycle the powders. Research shows that recycled powders have almost no loss of mechanical properties except ductility. You can still get similar yield strengths and a structure with similar material properties. The problem in our case is that, if you are also doing in-situ alloying, you must separate those two powders afterwards because you are mixing two different materials, in our case copper with steel. If you can separate the residual powder, you can use it 100% again.

**What is your biggest challenge in the project right now?**

The main challenge here is that copper and iron do not have miscibility. They do not dissolve within each other. But we are trying to force them to create a mixed structure. It's like oil and water. It is challenging because of the different behaviors of steel and copper. Copper has excellent thermal conductivity which is a problem in our case. We are trying to melt the copper, but the copper doesn't want to melt as easily as steel because we are supplying heat with the plasma arc. The material doesn't absorb the heat and if it absorbs the heat, it will just conduct the heat away very fast. When you are building on top of the copper structure, you supply heat at one point, but it just flows away within the structure which is not something we desire. We want to control the heat input and control the temperature field within the material, but it is challenging due to the thermal conductivity of copper. On the other hand, printing steel is much easier and you also get better-looking structures.

**Wrapping up with: what are your thoughts about the future perspectives of DED?**

Engineers try to use the best materials to build their designs but so far we are limited with the methods we have—most of the time you must decide on one material and go with it. With DED, this limitation is removed and expands the whole industrial or mechanical engineering design to a new level. Previously, the structures had to be either made of a single material or you had to weld two different metals together. With these new methods, you can generate a shape that is optimized for heat flow and can be a singular massive structure optimized for heat transfer made from two different metals – which is new for the manufacturing field. This will become the norm in machines that require high efficiency and high performance under extreme conditions: for metals, extremely corrosive environments, extreme temperatures, or large pressure differences like space. The future of DED will be integrated into basically any part that has to perform in these extreme conditions

because a single material is not enough to perform under extreme conditions. ⚙️

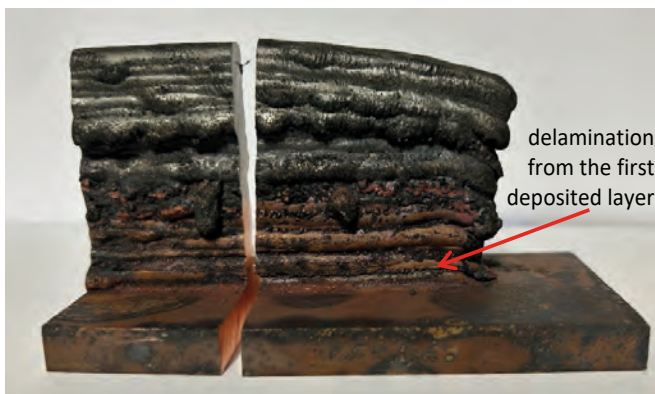


Figure 4: 25% incremental change between copper and steel

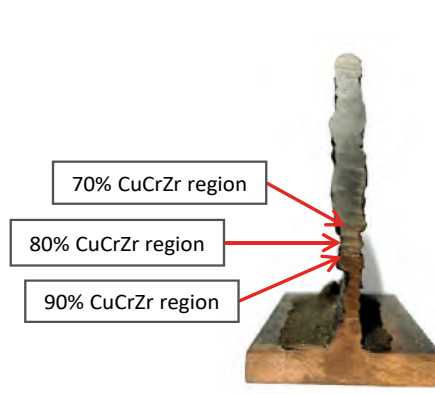


Figure 5: 10% incremental change between copper and steel





# EIN BESUCH BEI DER MVG



Marcus  
Dürr

**I**m Rahmen der Vorlesung „Arbeitswissenschaft“ des Lehrstuhls für Ergonomie wurde eine Exkursion zum von Jens Wagner geleiteten Betriebszentrum der MVG organisiert.

Das neue Betriebszentrum der MVG wurde im Oktober 2021 eingeweiht. Von hier werden alle drei Betriebszweige der MVG geleitet, also U-Bahn, Tram und Bus. Früher gab es zwei Leitstellen, eine für die U-Bahn und die andere für Bus und Tram. Die Leitstelle ist das Herz des Münchner Nahverkehrs und somit ein besonders schützenswerter Ort. Dank großer Fensterfronten kommt viel Tageslicht hinein, trotzdem ist die Leitstelle von außen

nicht einsehbar. Auch wir Besucher:innen dürfen sie selbst nicht betreten, sondern schauen hinter einer Fensterwand von der Besuchertribüne aus hinein.

Der 800 m<sup>2</sup>-große Raum hat keine Wände und Säulen. Der Arbeitsplatz des Schichtleiters befindet sich erhöht in der Mitte, drei kreisbogenförmig-angeordnete Arbeitsplatz-Außenreihen sind jeweils eine Stufe niedriger angesiedelt. Die Arbeitsplätze haben alle die gleiche Ausstattung: fünf Bildschirme angeordnet in einer Reihe (das ist ergonomisch günstiger und besser für die Nackenmuskulatur als auf verschiedenen Höhen). In der Mitte liegt ein zusätzlicher Bildschirm, wie ein Tablet im Hörsaal. Dieser ist für die Kommunikation mit Funk und Telefon, z. B. werden damit Stationsansagen gemacht. Früher gab es bis zu acht Bildschirme je Arbeitsplatz und mehrere Tastaturen! Dazu gibt es noch Ampelleuchten bzw. Signalsäulen, wie man sie aus Produktionsbetrieben kennt. Die meisten leuchten grün. Bei Arbeitsplätzen, die gerade per Funk oder Telefon kommunizieren, werden sie auf rot geschaltet.





Gelb zeigt an, dass ein Anruf reinkommt und der:die Mitarbeiter:in zum Arbeitsplatz zurück soll. Dazu gibt es noch blau, das signalisiert, dass der:die Mitarbeiter:in Unterstützung benötigt, weil viel los ist.

Insgesamt gibt es 34 Arbeitsplätze, von denen jedoch nur 26 in Verwendung sind. Die weiteren acht sind für das erwartete Wachstum des ÖPNV im Zuge der Verkehrswende gedacht. Der Modal Split beschreibt die prozentuale Verteilung der Verkehrsmittelnutzung. In München liegt der Anteil des ÖPNV am Modal Split derzeit zwischen 24 und 27 %. Das Ziel ist 30 % im Jahr 2030, jedoch ist bereits jetzt absehbar, dass dies nicht erreicht wird, da es an der Finanzierung scheitert.

Ganz am Rand gibt es sechs Großbildanzeigen. Die drei auf der linken Hälfte der Leitstelle zeigen statische und wechselnde Kamerabilder und eine große Karte Münchens für die Steuerung des Tram- und Busverkehrs. Die drei rechts zeigen jeweils einen schematischen Teilbereich (U1/U2, U4/U5 und U3/U6) des Münchner U-Bahn-Netzes: auf einem blauen Hintergrund werden die Gleise weiß dargestellt. Die einzelnen Züge sind neon-grüne Rechtecke, die Stationen sind Rechtecke im dunklen Karteikartengelb. Vor den Zügen sind die weißen Gleise ein paar Stationen im Voraus meist noch grün markiert, das bedeutet, dass die Spur, also die Weichen, gestellt wurde. Ein paar Streckenabschnitte sind rot markiert; dies kennzeichnet, dass sie stromlos oder gesperrt sind.



© MVG

Die Weichen werden vom Zuglenkrichter gestellt. Dieser arbeitet seit 20 Jahren zuverlässig, jedoch werfen ihn Abweichungen vom Betriebskonzept aus der Spur. Deshalb sitzen vor den Bildschirmen jeweils zwei Stellwerker:innen, die für einen Teilbereich zuständig sind. Sie greifen ein wenn nötig, wobei die Eingriffsschwelle sehr niedrig ist. Im Zweifel wird das Signal erstmal auf Halt gestellt. Das ist am sichersten: Wenn ein Zug nicht fährt, kann auch nichts passieren. Es gibt 500 Signale im U-Bahn-Netz, täglich kommt es zu einer Signalstörung. Die meisten bekommt man als Fahrgast jedoch nicht mit, sie dauern auch nicht mehr als ein paar Minuten. Bis zu 95 U-Bahnzüge befahren zeitgleich die 95 Streckenkilometer des U-Bahnnetzes.

Zusätzlich zu den zwei Stellwerker:innen gibt es für jeden Teilbereich noch eine:n Disponenten:in und eine:n Mitarbeiter:in für Fahrgastinformation.

Disponenten:innen haben den Überblick über ihren jeweiligen Teilbereich, koordinieren den Betrieb und handeln entsprechend bei Störungen.

Die offene Gestaltung der Leitstelle ist sehr wichtig und eine Folge der Notwendigkeit an Kontakt und Kommunikation zwischen den Mitarbeiter:innen. Als Beispiel werden Personenunfälle in der U-Bahn genannt, die etwa 20-mal pro Jahr passieren. Dann ist schnelles Handeln gefordert: Der Zugverkehr muss umgeleitet werden, die Rettungskräfte gehören kontaktiert und die Fahrgäste



© MVG



werden informiert. Gegebenenfalls muss auch der Fahrstrom abgestellt werden. In der Station selbst wird, sofern es der Zustand der Person erlaubt, diese aus dem Gleis gehoben. Meistens ereignen sich solche Vorfälle aber im Zug. Dann wird die Person möglichst schnell auf den Bahnsteig gebracht, denn dort geht die Behandlung deutlich besser.

Der Zugverkehr soll zügig wieder aufgenommen werden. Das aber nicht wegen der Verspätungsstatistik, sondern damit in der Folge keine weiteren kritischen Situationen entstehen. Denn insbesondere bei den Bahnhöfen mit hohem Fahrgastaufkommen können sich schnell die Fahrgäste auf den Bahnsteigen stauen, wenn kein Zug fährt. Aber das Retten der Person steht natürlich im Vordergrund.

Um Gefährdungslagen wie Rauch und Feuer oder Personen und Gegenstände im Gleis überhaupt zu erkennen, werden auf dem ersten Großbildschirm links der Mitte Live-Bilder der 1700 Kameras im U-Bahnnetz gezeigt. Die Hotspots in der Stadtmitte wie z. B. Marienplatz und Sendlinger Tor werden dauerhaft angezeigt, die anderen Bereiche werden zyklisch durchgewechselt. Es gibt auch eine automatisierte Brandmeldeanlage. Wenn diese ausschlägt, wird sofort das zugehörige Kamerabild angezeigt.

Bei 1700 Kameras ist das Erkennen von Gefährdungslagen jedoch wie eine Nadel im Heuhaufen suchen. Sehr selten sieht man im richtigen Mo-



© MVG

ment das richtige Kamerabild. Meistens melden der/die Fahrzeugführer:innen, wenn sie etwas auffälliges sehen.

Aufnahmen werden bis zu 96 Stunden gespeichert und anschließend überschrieben. Es gibt ein strenges Reglement, wer sich die Aufnahmen ansehen darf, dafür braucht es einen triftigen Grund.

Anders als bei der U-Bahn gibt es bei der Betriebssteuerung keine örtlichen Bereiche. Hier ist der Betrieb deutlich reaktiver gestaltet, nach dem first come, first served-Prinzip. Es gibt vier Disponent:innen pro Schicht, in der Regel kümmern sich zwei um den Busverkehr und zwei um die Trams. Bei Bedarf können sie sich aber gegenseitig unterstützen. Sie betreuen 79 Buslinien mit bis zu 569 Bussen auf 545 Kilometer Strecke und 12 Tramlinien mit bis zu 104 Trambahnen auf 82 Kilometer Strecke.

Wenn zum Beispiel ein Bus frühzeitig wenden muss, ein Falschparker oder ein Unfall die Route blockieren, springt die Betriebsstelle ein. Dann wird eine alternative Strecke empfohlen oder Ersatzverkehr organisiert, die Fahrgäste werden informiert, gegebenenfalls auch die Rettungsdienste. Alle Disponent:innen fahren etwa einmal im Monat selbst Bus oder Tram, damit ihre Praxiserfahrung frisch bleibt, wenn sie 18 m-lange Gelenkbusse durch die Straßen bei Baustellen vorbeileiten. Der/Die Trambahnfahrer:innen stellen übrigens ihre eigenen Weichen.



© MVG



Neben der Vorstellung und Erklärung der Betriebsstelle gab es auch viel Diskussion und Fragen zu den Themen U-Bahn in München und ÖPNV allgemein. Jens Wagner hat sie alle beantwortet, es folgt eine unvollständige Aufzählung:

- Autonome U-Bahnen in München: technisch möglich sind sie, es gibt sie auch bereits in anderen Städten. Es ist aber einerseits eine Frage des Geldes, denn die Umrüstung kostet sehr viel. Dazu kommt die Frage der Sicherheit. Oft werden bei autonomen U-Bahnen physische Barrieren zum Sichern des Gleises verwendet. Die MVG betreibt aber drei Zuggenerationen, die unterschiedliche Türabstände haben. Ende 2025 werden die letzten Typ A Wagen, die seit 1972 fahren, ausgeflottet. Längerfristig ist das Türabstandsproblem also lösbar.
- In Nürnberg fahren die U-Bahnlinien U2 und U3 seit 2010 bereits automatisch. Die Sicherung der Gleise erfolgt jedoch anhand eines radarbasierten Systems, ohne Bahnsteigtüren. Die Kalibrierung dafür hat lange gebraucht, z. B. haben Tauben und Zeitungen auf dem Boden am Anfang oft Fehlermeldungen ausgelöst. Das System hat sich auf dem Markt nicht durchgesetzt.
- In München ist die potenzielle U9 in Diskussion als fahrerlose Linie. Das wird aber, wenn überhaupt, erst in 20 bis 30 Jahren der Fall sein.
- Es gibt derzeit nur zwei konkrete Vorhaben beim U-Bahn Ausbau, die bereits in Bau sind: die Verlängerung der U5 nach Pasing, und die der U6 nach Martinsried. Dazu soll in Neuperlach ein neuer Betriebshof gebaut werden. Sonst gibt es nur Absichtserklärungen, zum Beispiel die U1 nach Harlaching und U4 nach Engelschalking.
- Tangentialverbindungen werden derzeit mittels Tramlinien errichtet: für die Westtangente ist bald Baubeginn, für die Nordtangente durch den Englischen Garten fehlt noch die Zustimmung des Freistaats.
- Die MVG leidet unter der Zunahme der Verkehrsdichte. In München gibt es kaum exklusive Busspuren wie in anderen Städten. Bis vor ein paar Jahren wären die hier sogar völlig undenkbar gewesen.
- Wegen steigender Fahrgastzahlen kommt die ÖPNV-Struktur an ihre Grenzen. Kurzfristig ist es schwer, Kapazitäten zu schaffen. Ausnahme sind Großveranstaltungen wie Demos, Wiesn oder Sportveranstaltungen wie jüngst Spiele der Handball-EM. Da ist dann immer ein Fahrer auf Standby, um den Pulk wegzuführen. Ab etwa einer Viertelstunde nach Spiel-Ende kommen die Menschenmassen zur Olympiazentrum-Station.



# ANWENDUNGSNAHE FORSCHUNG UND LEHRE IN DER PRODUKTIONSTECHNIK

## Lehrstuhl iwb

**PROF. DR.-ING. RÜDIGER DAUB**  
**PROF. DR.-ING. MICHAEL F. ZÄH**  
[www.mec.ed.tum.de/iwb/](http://www.mec.ed.tum.de/iwb/)



### STANDORT IN DER MAGISTRALE

Gebäude 3, 1./2. Stock

### ANZAHL DER MITARBEITENDEN

79 wissenschaftliche Mitarbeitende,  
ca. 185 HiWis, 19 nicht-wissenschaftliche  
Mitarbeitende

### VORLESUNGEN

Arbeitsschutz und Betriebssicherheit, Automobilproduktion, Einführung in die Produktionstechnik, Fabrikplanung, Fertigungstechnologien, KI in der Produktionstechnik, Klebtechnik, Lasertechnik, Lithium-Ionen-Batterieproduktion, Mensch und Produktion, Methoden der Unternehmensführung, Montage, Handhabung und Industrieroboter, Nachhaltige Produktion, Projektmanagement für Ingenieure, Qualitätsmanagement, Qualitätsmanagement in der Automobilindustrie am Beispiel Elektromobilität, Ringvorlesung: Additive Fertigung, Spanende Fertigungsverfahren, Spanende Werkzeugmaschinen, Unternehmensexzellenz durch Strategie, Führung und Prozesse

### INDUSTRIEPARTNER UND FORSCHUNGSKOOPERATIONEN

zahlreiche deutsche und internationale, namhafte Unternehmen sowie nationale und internationale Forschungsk Kooperationen

### ANGEBOTENE PRAKTIKA UND SEMINARE

CAD/CAM-Praktikum, ERP-Praktikum, Industrieroboterpraktikum, PPS-Praktikum, Praktikum Schlanke Produktion, Praktikum additive Fertigung, Praktikum Batterieproduktion, Praktikum Cyber-Physische Produktionssysteme, Praktikum Digitaler Werkzeugmaschinen-Zwilling, Schweißtechnisches Praktikum, Seminar Produktionsmanagement, Werkzeugmaschinen-Praktikum

### STUDIENARBEITEN UND HIWI-JOBS

aktuelle Ausschreibung finden sich unter <https://fsmb.de/studierende/basama/>

### IWB-TRAINEEPROGRAMM

Das Trainee-Programm richtet sich an Studierende aller Fachrichtungen am Ende des Bachelor- und Anfang des Masterstudiums, also zwischen dem 6. und 8. Fachsemester. Die Laufzeit des Programms beträgt 3 Semester. Das bedeutet, Du solltest noch mindestens 3 und maximal 4 Semester vom Studienabschluss entfernt sein. Eine Informationsveranstaltung zum Programm findet voraussichtlich Ende April 2024 statt. Im Nachgang wird allen Teilnehmenden eine Führung durch die iwb-Versuchshalle mit einem anschließenden Beisammensein geboten. Für Essen und Trinken wird gesorgt sein. Senden Sie bei Interesse bitte eine kurze Nachricht an [studentrelations@iwb.tum.de](mailto:studentrelations@iwb.tum.de).



Versuchshalle des iwB im Hof 3

**A**ls eine der großen produktionstechnischen Forschungseinrichtungen in Deutschland umfasst das iwB drei Lehrstühle der TUM School of Engineering and Design in Garching bei München. Der Lehrstuhl für Betriebswissenschaften und Montagetechnik, der Lehrstuhl für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik sowie der Lehrstuhl für Produktionstechnik und Energiespeichersysteme definieren die Forschungsinhalte und Themenschwerpunkte des iwB. Diese liegen in den Bereichen Additive Fertigung, Batterieproduktion, Lasertechnik, Montagetechnik und Robotik, Nachhaltige Produktion, Produktionsmanagement und Logistik sowie auf dem Gebiet Werkzeugmaschinen.

Die **Additive Fertigung** ist eine Schlüsseltechnologie bei der Digitalisierung der Produktionstechnik. Schließlich ermöglicht kein anderes Fertigungsverfahren einen derart stringenten und direkten Weg vom digitalen CAD-Modell zum physischen Bauteil. Formen und Werkzeuge entfallen sodass mithilfe der Additiven Fertigung flexibel und schnell auf Änderungen reagiert werden kann, sowie eine wirtschaftliche Individualisierung von Massenprodukten ermöglicht wird. Zusätzlich eröffnet die Additive Fertigung durch die schichtweise Erzeugung von Bauteilen bisher ungekannte Möglichkeiten für die Topologieoptimierung und Funktionsintegration. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des iwB befassen sich forschungsseitig mit der Verarbeitung von metallischen Werkstoffen. Zum Verfahrens-Portfolio zählen im Wesentlichen das pulverbettbasierte Schmelzen von Metallen mittels Laserstrahl (PBF-LB/M, engl.: Powder Bed Fusion of Metals Using a Laser Beam) und die lichtbogen- und drahtbasierte Additive Fertigung (WAAM, engl.: Wire Arc Additive Manufacturing). Komplettiert wird die Ausstattung am

iwB durch innovative Eigenbau-Anlagen und Anlagen zur Verarbeitung von Kunststoffen. Letztere werden hauptsächlich in der Lehre oder bei der Fertigung von Prototypen eingesetzt. Die methodischen Kernkompetenzen der Abteilung Additive Fertigung umfassen die Prozessentwicklung, die Prozesssimulation auf unterschiedlichen Betrachtungsskalen und die Prozessüberwachung. Ergänzend hierzu bestehen Kompetenzen im Bereich der spanenden Nachbearbeitung von additiv gefertigten Bauteilen, welche zusammen mit der Abteilung Werkzeugmaschinen aufgebaut wurden.

Leistungsfähige elektrochemische Energiespeicher sind für Anwendungen in der Elektromobilität und der stationären Energiespeicherung von großer Bedeutung. Hierfür sind die Verbesserung der gravimetrischen und volumetrischen Energiedichte sowie die Reduktion der Produktionskosten ausschlaggebend. Erst ein vertieftes Prozessverständnis über die Herstellung von Lithium-Ionen-Batterien (LIB) ermöglicht die Produktion verbesserter und kostengünstiger Batteriezellen. Die Abteilung **Batterieproduktion** beschäftigt sich forschungsseitig deshalb mit der Fertigung von innovativen Batteriezellen. Der Kern der Arbeit ist die Prozessentwicklung und die Optimierung aller Prozesse innerhalb der Batterieproduktion. Vom Mischen der Elektrodenmaterialien bis hin zur Formierung der fertigen Zellen werden alle Schritte in-house an der Forschungsproduktionslinie des iwB durchgeführt. Die Arbeitssicherheit steht hierbei stets im Vordergrund. Auch aufgrund der industrienahen Forschung des iwB werden entlang der gesamten Prozesskette höchste Sicherheitsstandards eingehalten. Das Zellportfolio umfasst verschiedene Zelltypen (Knopf-, und Pouch-Zellen) mit Kapazitäten von wenigen mAh bis über 20 Ah. Hierfür steht am iwB industrienaher Anlagentechnik zur Verfügung, welche flexibel an verschiedenste Anforderungen



angepasst werden kann. Neben unterschiedlichsten Materialien konventioneller LIB beschäftigt sich die Abteilung auch mit Festkörperbatterien und der Verwendung von metallischem Lithium, sowie Silizium-Komposit-Anoden zur Herstellung von LIB der nächsten Generation.

Füge- und Trennverfahren ermöglichen die kostengünstige Herstellung komplexer Produkte und realisieren Innovationen für den Leichtbau, die Erzeugung von Mischverbindungen und die Funktionsintegration. Die Aufgabengebiete der Abteilung **Lasertechnik** umfassen die Untersuchung und die weitere Erforschung einer repräsentativen Bandbreite an Füge- und Trennverfahren. Die theoretische und experimentelle Auslegung der Prozesse, die Integration von Systemtechnik sowie die Umsetzung und Realisierung von Anlagenkonzepten bilden das Zentrum dieser Untersuchungen. Begleitet werden die Arbeiten von der numerischen Abbildung der Prozesse durch Simulation. Darüber hinaus werden moderne Konzepte zur Prozessüberwachung und Datenauswertung entwickelt und eingesetzt, um eine Optimierung der Prozesse zu unterstützen.

Die Abteilung **Montagetechnik und Robotik** adressiert innerhalb der Produktion die letzte Stufe der Wertschöpfung – die Montage. Dort werden Kosten und Qualität von Produkten maßgeblich beeinflusst. Effiziente Montageprozesse, innovative Anlagentechnik und Montagesysteme sowie der gezielte Einsatz von Industrierobotern sind der Schlüssel zu einer wirtschaftlichen Produktion. Die Forscher und Forscherinnen der Abteilung Montagetechnik und Robotik arbeiten deshalb an neuen Lösungen für konkrete Problemstellungen in diesen Bereichen. Maßgeblich sind dabei auch die aktuellen Trends der Produktion.

Die Abteilung **Nachhaltige Produktion** bündelt themenübergreifend und interdisziplinär Kompetenzen im Bereich der Nachhaltigkeit in der Produktion. Nachhaltige Produktion verstehen wir als die Schaffung von Gütern und Dienstleistungen unter Nutzung von Prozessen und Systemen, die

keine negativen Umwelteinflüsse bedingen, energie- und ressourceneffizient sind, ökonomisch rentabel und verträglich für Mitarbeitende, die Gemeinschaft und die Verbraucher sind. Dabei betrachten wir unterschiedliche Aspekte der Nachhaltigkeit aus Sicht der Montagetechnik, des Produktionsmanagements und der Fertigungstechnik, um die Wettbewerbsfähigkeit produzierender Unternehmen zu sichern.

Die Abteilung **Produktionsmanagement und Logistik** verfolgt das Ziel, die Effektivität und Effizienz in der Produktion zu erhöhen. Ein Forschungsschwerpunkt ist dabei die Entwicklung von Methoden des Änderungs- und Technologiemanagements sowie der Fabrikplanung und -analyse. Darüber hinaus forscht die Abteilung an kompetenzgerechten Arbeits- und Produktionssystemen vor dem Hintergrund des demografischen Wandels sowie der zunehmenden Digitalisierung der Produktionsumgebung. Ein weiteres Forschungsgebiet ist die Optimierung in der industriellen Praxis, wo produktionstechnische Fragestellungen (z. B. Layout- und Routenplanung) durch den Einsatz mathematischer Optimierungsmethoden gelöst werden.

Die Hauptaufgabe der Abteilung **Werkzeugmaschinen** ist die interdisziplinäre Entwicklung, Konstruktion und Optimierung von Werkzeugmaschinen sowie die Umsetzung einer dafür geeigneten methodischen Vorgehensweise. Ein Schwerpunkt liegt dabei in der Untersuchung und der Optimierung des dynamischen Verhaltens von Maschinenstrukturen. Hierzu werden Verfahren zur Simulation und zur experimentellen Analyse des Strukturverhaltens, der Regelung und der Zerspanprozesse von Werkzeugmaschinen eingesetzt. Des Weiteren werden Werkzeuge und Vorgehensweisen zur Entwicklung von Steuerungssoftware erarbeitet. Der Regelungsentwurf komplexer Systeme bildet eine wichtige Grundlage für die Entwicklung und Umsetzung von integrierten adaptiven Strukturen und Regelungsverfahren zur Verbesserung der dynamischen Maschineneigenschaften.

## Die Forschungs- Beratungsschwerpunkte des iwb

Additive Fertigung	Lasertechnik	Werkzeugmaschinen	Nachhaltige Produktion	Montagetechnik und Robotik	Produktionsmanagement und Logistik	Batterieproduktion
						
<ul style="list-style-type: none"> <li>Additive Fertigungsprozesse</li> <li>Prozessketten- und Bauteilgestaltung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Laserfertigungstechnik</li> <li>Intelligente Fügesystemtechnik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Strukturverhalten</li> <li>Prozessverhalten</li> <li>Reibschweißen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energieorientierte Produktionsplanung und -steuerung</li> <li>Transparenzschaffung</li> <li>Einführung der Kreislaufwirtschaft</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cyber-physische Montageanlagen</li> <li>Industrielle Robotik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Innovationsmanagement in der Produktion</li> <li>Mensch in der Fabrik</li> <li>Data Analytics im Produktionsmanagement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elektrodenherstellung und -design</li> <li>Zellproduktion und -qualität</li> </ul>



### **Liebe Studierende,**

wie ihr aus der umfassenden Darstellung der verschiedenen Abteilungen des iwb erkennen könnt, beschäftigen wir uns am iwb mit einem faszinierenden und dynamischen Forschungsfeld. Eure akademische Reise an der TUM School of Engineering and Design bietet euch die einzigartige Möglichkeit, Teil dieser innovativen und zukunftsorientierten Forschung zu sein. Egal, ob euer Interesse in der Additiven Fertigung, der Batterieproduktion, der Lasertechnik, der Robotik, der Nachhaltigen Produktion, dem Produktionsmanagement oder im Bereich Werkzeugmaschinen liegt – am iwb habt ihr die Chance, euer Wissen zu vertiefen, praktische Erfahrungen zu sammeln und aktiv zur Lösung realer Herausforderungen beizutragen.

Nutzt die Gelegenheit, von erfahrenen Forschenden und Branchenexpert:innen zu lernen und eure eigenen Ideen einzubringen. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit am iwb bietet euch eine breite Zukunftsperspektive und eröffnet vielfältige Karrierewege in Wissenschaft und Industrie. Bei Interesse an einer Studienarbeit oder einer Anstellung als HiWi könnt ihr euch auf der BaSaMa der Fachschafts-Homepage über aktuelle Themen informieren. Bei Interesse an unserem Traineeprogramm kontaktiert gerne direkt unser Team des Student-Relations.

Viel Erfolg auf eurer akademischen Reise an der TUM School of Engineering and Design! Wir würden uns freuen, euch am iwb begrüßen zu dürfen!

**Euer iwb**





# HOCH SPANNENDE FORSCHUNG

## Ein Gespräch mit Professor Daub



Marcus  
Dürr



Andreas  
Blum



Janis  
Eberle



Miu  
Hagen

### **W**as hat Sie nach Ihrem Elektro- und Informationstechnikstudium dazu bewegt, in der Produktionstechnik zu promovieren?

Das war ein Zufall. Ich habe meine Frau im Auslandsstudium kennengelernt. Sie kam auch aus Deutschland und wir hatten viele Freunde in München. Vorher haben wir in verschiedenen Städten studiert. Meine Frau in Münster und ich in Karlsruhe. Nach dem Studium wollten wir in der gleichen Stadt wohnen. Nach meinem Elektro- und Informationstechnikstudium, in dem ich mich auf Plasmastrahlungsquellen und Laseranwendungen konzentrierte, ergab sich die Verbindung zur Produktionstechnik. Das iwb suchte jemanden für eine Promotion im Bereich Lasermaterialbearbeitung, was gut zu meinem Studium passte. Ich kannte die Produktionstechnik vorher gar nicht und habe sie erst durch meine Promotion kennengelernt.

### **Was hat Ihren Wechsel von der Lasermaterialbearbeitung zurück in die Elektrotechnik ausgelöst? Wie sind Sie bei BMW zum Prototypenbau und zu Hochvolt-Speicher gekommen?**

In den knappen fünf Jahren am iwb arbeitete ich unter anderem an Projekten mit BMW, insbe-

sondere zur Zellkontaktierung mittels Laser. Der Schritt zur Modul- und Speicherfertigung bei BMW war daher naheliegend, da ich die Technologie an der TUM mitentwickelt habe. Das Jahr 2012 markierte dann meinen Einstieg in die Batteriezellproduktion. Ich hatte das Glück mich als einer der Ersten bei BMW, mit der Produktionstechnik von Batteriezellen zu befassen. Diese Gelegenheit ermöglichte es mir, meine elektrotechnischen Kenntnisse einzubringen und tiefer in die Batteriezellproduktion einzutauchen.

### **Sie sind jemand, der sich hier an der Uni, aber auch in der Industrie auskennt. Wie unterscheidet sich denn Forschung an der Universität von Forschung in der Industrie?**

An der Universität widmen wir uns mehr den Grundlagenfragen. Wir arbeiten mit Materialien und Technologien, die noch nicht ihre Tauglichkeit für die Serienproduktion bewiesen haben. Der Zugang zu Materialien und geistigem Eigentum (IPs) wird allerdings schwierig, sobald sich Potenziale in Hinblick auf die Verwertung zeigen. Dann beginnen die Firmen den Zugang aus Wettbewerbsgründen stark einzuschränken. Das erschwert die Arbeit für öffentliche Einrichtungen wie der TUM – hier kann die Zusammenarbeit mit Industriepartnern Zugang ermöglichen, weshalb solche Kooperationen wichtig sind. Daher arbeiten wir oft an der Schnittstelle zur Industrie. Die Unterschiede im Tagesgeschäft liegen weniger in der Methodik, sondern mehr in den Fragestellungen und Zielen. Die Forschung an der Universität ist offener und grundlagenorientierter, während die Industrieforschung natürlich auf die Vorentwicklung zukünftiger Produkte fokussiert ist. Das heißt, in der Industrie nimmt man Dinge, die im Labor schon gezeigt haben, dass sie funktionieren und prüft, ob sich damit Produkte realisieren lassen. Was das Umfeld betrifft, schätze ich die Freiheit an der Universität. Die Arbeitskultur in der Forschungseinrichtung ist lebendiger und von persönlichem Engagement geprägt, während in der Industrie die Arbeit und das persönliche Leben deutlicher getrennt sind. An der TUM zu arbeiten ist eben keine normale Arbeit.



**Würden Sie sagen, dass die Forschung freige-  
nug ist, also unabhängig von Drittmitteln  
an der Uni?**

Das iwb ist ein produktionstechnisches Insti-  
tut und betreibt selten Grundlagenforschung. Wir  
konzentrieren uns darauf, neue Erkenntnisse in  
der Produktion und in Anwendungen wirksam zu  
machen. Die Freiheit zu entscheiden, in welchem  
Bereich wir das machen, ist vorhanden, aber von  
der Verfügbarkeit von Forschungsmitteln abhän-  
gig. Die Zuteilung von Forschungsmitteln ist ein  
signifikantes Steuerungsinstrument der Regie-  
rung bzw. der Gesellschaft, um die Forschung in  
eine Richtung zu  
lenken, die für  
die Gesellschaft  
von Bedeutung  
bzw. gewollt ist.  
Unsere Freiheit  
wird also durch  
die Finanzierbarkeit begrenzt, da am Ende des  
Tages sicherzustellen ist, dass die erforderlichen  
Ressourcen für die Untersuchung bestimmter  
Themen verfügbar sind. Man kann also sagen, wir  
sind frei, alles zu erforschen, haben jedoch nicht  
immer die Mittel, um alles zu finanzieren.

**Wie haben Ihre Erfahrungen in der Techno-  
logieentwicklung bei BMW Ihre Sichtweise auf  
die Forschung beeinflusst? Was haben Sie von  
BMW mitgebracht?**

Die Erfahrungen, die man bei einem namhaften

**„Wir konzentrieren uns darauf, neue Er-  
kenntnisse in der Produktion und in An-  
wendungen wirksam zu machen“**

Automobilkonzern wie BMW sammeln kann,  
haben mir wertvolle Einblicke in viele Bereiche  
verschafft. Gerade im Themenfeld der Batterie-  
produktion und Energiespeichersysteme konnte  
ich vielfältige Erkenntnisse gewinnen, die in der  
Forschung allein schwer zu erlangen wären. Ein  
wichtiger Erkenntnisgewinn aus meiner Zeit bei  
BMW ist das Verständnis für das Gesamtsystem.  
Oft neigt die Forschung dazu, einen Teilaspekt zu  
isolieren, ein Potenzial zu entdecken und dies als  
besonders wichtig zu betrachten. Allerdings habe  
ich gelernt, immer das Gesamtsystem im Blick zu  
behalten. Was in einem spezifischen Teilbereich

als bedeutender  
Hebel erschei-  
nen mag, kann  
im Gesamtkon-  
text irrelevant  
sein. In der For-  
schung führt

manchmal der Fokus auf Teilaspekte dazu, dass  
die Gesamtwirkung vernachlässigt wird. Insbe-  
sondere im Bereich der angewandten Forschung,  
speziell in der Produktionstechnik, ist für mich  
die Wirksamkeit entscheidend. Unsere Arbeit soll  
letztendlich einen messbaren Einfluss haben und  
etwas bewegen. Das unterscheidet sich von der  
Grundlagenforschung, bei der der Fokus eher  
auf dem Erkenntnisgewinn liegt. Daher habe ich  
das Verständnis für Systembetrachtungen in die  
Forschungsumgebung eingebracht. Im Ingeni-





eursbereich ist es entscheidend, nicht nur Einzelaspekte zu betrachten, sondern das Gesamtsystem zu verstehen. Ebenso habe ich Einblicke in die Funktionsweise großer Konzerne gewonnen. Das hilft dabei, einige der oft aufkommenden Fragen nach dem „Warum“ besser zu verstehen. Das Verständnis für die Mechanismen innerhalb eines Konzerns trägt dazu bei, Entscheidungen und Abläufe besser nachzuvollziehen.

**Hatten Sie das Gefühl, dass die Spitze des Konzerns voreingenommen gegenüber bestimmten Technologien, wie der E-Mobilität war?**

Man muss verstehen, wie ein Konzern tickt, um Entscheidungen nachvollziehen zu können. Die Herangehensweise an die Elektromobilität muss also differenziert betrachtet werden, insbesondere im Kontext großer, börsennotierter Automobilkonzerne wie BMW. Ein wesentlicher Faktor ist die unternehmerische Verantwortung gegenüber Aktionären und die Notwendigkeit, Gewinne zu erzielen. Die Vorstandsvorsitzenden sind für eine begrenzte Amtszeit bestellt und haben die Aufgabe, den Unternehmenswert zu steigern. Dies führt oft zu komplexen Entscheidungsprozessen und einem Abwägen zwischen ökonomischen Interessen und sozialer Verantwortung. Da ist meiner Meinung nach der Vergleich mit einem Start-up, welches das einzige Ziel hat, die Elektromobilität aufzubauen, ungerecht. Ich hatte diese Diskussion tatsächlich schon oft mit Vorgesetzten, wobei ich die Meinung vertreten habe, wir müssen mehr machen und schneller einsteigen. Inhaltlich bin ich damit fast immer auf Zustimmung gestoßen. Es geht aber nicht alleine um die technische Entscheidung. Bei solchen Diskussionen kam immer auch die Frage auf, wie die 100.000 Familien finanziert werden sollen, die an 100.000 Mitarbeitenden hängen, wenn man das Geschäftsmodell eines OEM radikal auf links dreht. Die Automobilindustrie – insbesondere in Deutschland – steht also vor der Herausforderung, den Übergang von etablierten Verbrennungsmotoren zu Elektromobilität zu managen, ohne dabei Arbeitsplätze oder die finanzielle Stabilität des Unternehmens zu gefährden. Diese Herausforderung wird durch gesellschaftliche Erwartungen, politische Vorgaben und Kundenpräferenzen beeinflusst. Unternehmen produzieren das, womit sie auch Geld verdienen, und leider wird der i3 nicht so oft gekauft wie ein X7. Da muss die Gesellschaft schon in den Spiegel schauen und sich fragen, warum wir so viele SUVs kaufen? Solange SUVs und Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren stark nachgefragt werden, werden Unternehmen diese Modelle weiterhin anbieten. Insgesamt glaube ich, dass mein alter Arbeitgeber den Übergang gut hinbekommt. Man hätte vielleicht ein oder zwei Jahre früher die e-Fahrzeuge in der Breite anbieten können, aber

das Thema hatte immer höchste Priorität, und es wurden maximale Ressourcen dafür eingesetzt, was sich in den letzten Jahren noch weiter verstärkt hat.

**Glauben Sie, dass die Produktionskosten in Deutschland ein limitierender Faktor sind? Vielleicht kommen in Zukunft nur noch die teuren, großen Autos von deutschen Herstellern und die Autos für breite Schicht der Bevölkerung beispielsweise aus China. Ist das etwas, was wir einfach akzeptieren müssen, oder kann sich das Ihrer Meinung nach auch ändern?**

Also akzeptieren sollten wir es nicht. Eine ähnliche Situation gab es bereits, als Japan mit Unternehmen wie Toyota oder Korea mit Hyundai auf den europäischen Markt drängten. Wettbewerb belebt das Geschäft, es sollte keine Furcht davor geben, sich dem Wettbewerb zu stellen. Es wäre ein falscher Weg, im Voraus einen gewissen Marktanteil aufzugeben. Stattdessen muss unser Ziel sein, den eigenen Weg als Mitteleuropäer wieder zu finden. Die aktuelle Situation ist hoch spannend, da es sich im Grunde genommen um einen Kampf verschiedener Systeme handelt, die unterschiedlich agieren. In Europa neigen wir dazu, nicht in dem Maße strategische Industriezweige aufzubauen wie in China. Wir gehen auch nicht in dem Maße finanzielle Risiken ein, wie in Amerika. Unsere Herangehensweise ist eher bodenständig und auf den Business Case ausgerichtet. Dies ist meiner Meinung nach nachhaltiger. Allerdings befinden wir uns in einer schwierigen Situation, wenn auf der einen Seite viel Geld ins Risiko gesteckt wird und auf der anderen Seite strategische Themen ohne Rücksicht auf Verluste aufgebaut werden. Dennoch halte ich diesen nachhaltigen Weg für den richtigen.

**Jetzt sind wir ja nicht mehr bei BMW – Ihrem früheren Arbeitgeber – sondern an der TUM. Womit beschäftigen Sie sich denn jetzt gerade? Was sind die größten beiden Themen, die Sie vorantreiben möchten?**

Es gibt viele Themen, die mich täglich beschäftigen. Ich habe das Vergnügen, mich um zwei Forschungseinrichtungen zu kümmern. Einmal an der TUM und einmal bei der Fraunhofer-Gesellschaft [Institut für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik, IGCV, Anm. d. Red.]. Es geht darum, aktuelle Themen auszuwählen, voranzutreiben und die Institute nachhaltig aufzustellen, damit wir möglichst gut funktionieren und unsere Arbeit machen können. An der Universität liegt der Fokus stark auf Ausbildung, Lehre, Promotionen und Forschungsarbeiten. Bei Fraunhofer liegt der Schwerpunkt stärker auf der Umsetzung und dem Transfer von Forschungsergebnissen in den deutschen Mittelstand, um Innovationen voranzutreiben, damit dieser wettbewerbsfähig bleibt.



Die Herausforderung besteht darin, Themen nicht nur aus Forschungssicht voranzutreiben, sondern auch sicherzustellen, dass sie in der Industrie umgesetzt und platziert werden. Die zwei großen Themen sind also die beiden Institute.

Am iwb haben wir 120 Mitarbeiter und wir freuen uns sehr auf die dritte Professur. Dann können wir die Aufgaben nochmal anders aufteilen. Bei Fraunhofer sind es nochmal 160 Leute für die ich mit meinen Kollegen Professor Volk und Professor Drechsler gemeinsam verantwortlich bin. Das sind viele Menschen und laufende Promotionen, man springt ständig von Termin zu Termin.

Inhaltlich dreht sich viel um die Zusammenarbeit mit Menschen und darum, sie bestmöglich zu unterstützen. Ein weiterer wichtiger Punkt sind die Vorlesungen, bei denen es darum geht, die Studierenden für die Themen zu begeistern, sie vorzubringen und bestmöglich Rede und Antwort zu stehen. Insgesamt sehe ich eine hohe gesellschaftliche Relevanz in unseren ingenieurwissenschaftlichen Themen, besonders im Spannungsfeld der produktionstechnischen Zukunft Europas. Im Moment ist das Hauptproblem, dass wir zu wenige Leute für zu viele Themen sind. Es ist entscheidend, nachhaltige Produktion zu fördern und die Zukunft unserer Gesellschaft aktiv mitzugestalten. Nur

**„Im Ingenieurwesen müssen oft ganze Systeme betrachtet und bespielt werden“**



so können wir nachfolgenden Generationen den Wohlstand, den wir heute leben und haben, weitergeben. Dafür müssen wir auch hier produzieren und wenn wir hier produzieren wollen, muss es eine nachhaltige Produktion sein, bei der es noch unglaublich viele Fragestellungen gibt.

**Zu wie viel Prozent ist man als Institutsleiter und Lehrstuhlinhaber Manager und Forscher?**

Das hängt stark von der Ausrichtung und den Anforderungen des jeweiligen Lehrstuhls oder Instituts ab. In naturwissenschaftlichen Lehrstühlen, die sich oft auf Grundlagenforschung konzentrieren, kann die Forschung mit einer kleinen Gruppe von fünf bis zehn Personen erfolgreich sein. Bei ingenieurwissenschaftlichen Lehrstühlen, insbesondere im Bereich der Produktionstechnik, ist die Situation jedoch anders. Das iwb ist mit ca. 120 Mitarbeitenden deutlich größer. Im Ingenieurwesen müssen oft ganze Systeme betrachtet und bespielt werden, um die angestrebten Ziele zu

erreichen. Um neueste Erkenntnisse aus der Grundlagenforschung oder aus der künstlichen Intelligenz in der Produktionstechnik einzusetzen, um effizienter

und nachhaltiger produzieren zu können, braucht man mehr als fünf Leute. Ein gutes Beispiel dafür ist die Batterieproduktion, bei der eine ganze Fertigungskette von 14 Prozessschritten beherrscht werden muss. Das erfordert ein größeres Team von 14 Personen oder mehr, das sich mit den einzelnen Prozessschritten auskennt. Daher sind ingenieurwissenschaftliche Lehrstühle oft größer und die Rolle des Lehrstuhlinhabers oder Institutsleiters ist stärker in Richtung Management geprägt.

Trotzdem genieße ich die direkte Arbeit mit DoktorandInnen und Studierenden und die Möglichkeit tief in die Forschungsarbeiten einzusteigen. Gerade, weil hier Weltklassearbeiten laufen. Im Bereich der Batterieproduktion muss sich die TUM nicht verstecken. Mein Anspruch ist es, denjenigen, die hier promovieren wollen, die richtige Richtung zu zeigen, zu vermitteln, wo die relevanten Themenfelder liegen und wo die Wirksamkeit im System erforderlich ist. Als Ingenieur begeistert es mich, mit den engagierten Menschen, die hier arbeiten, Wirksamkeit zu erzeugen.

**Wie teilen Sie sich eigentlich die Arbeit auf? Also Professor zu sein ist ja an sich schon eine Vollzeitstelle und dann noch ein Institut zu leiten – auch wenn es thematisch ähnlich ist – muss ja sehr anspruchsvoll sein.**

Ich denke oft, dass es gut machbar wäre, nur eines der Institute zu haben. Die beiden zu managen, ist tatsächlich anspruchsvoll. Das Fraunhofer IGCV ist aus der TUM hervorgegangen, die beiden

Kollegen Klaus Drechsler und Wolfram Volk kommen ebenfalls aus der School ED. Das IGCV spiegelt also einen Teil der Produktionstechnik der TUM wider. Es wurde ein produktionstechnisches Fraunhofer-Institut gegründet, um den Transferaspekt, der bereits an der Universität existiert, zu verstärken. Joachim Milberg, der damals das iwB in seiner heutigen Form gegründet hat, hat den Transferaspekt, der auch bei Fraunhofer vorhanden ist, stark vorgelebt. Der Transfergedanke an der Schnittstelle zur Industriewirksamkeit wird auch am iwB weitergeführt. Im universitären Rahmen hat das nur etwas andere Ausprägungen als bei Fraunhofer. Oft werden Themen an der Universität nicht weiterverfolgt, wenn eine Person den Lehrstuhl verlässt, die Promotion abgeschlossen, das Thema „ausgeforscht“ ist. Die Kombination mit Fraunhofer ist charmant, da Themen idealerweise in einem anderen Umfeld stärker im Transfergedanken fortgeführt werden können. Die Themen, die am iwB bearbeitet werden, sind also bei Fraunhofer in einer anderen Ausprägung präsent. Obwohl die Themen durchgängig sind, sind die TUM und Fraunhofer zwei getrennte Systeme mit eigener Identität und Wertigkeit. Das Zusammenspiel ist nicht immer einfach. Ich versuche, meine Zeit gleichmäßig zwischen beiden Instituten aufzuteilen, was in der Realität nicht immer perfekt funktioniert. Die Prioritäten verschieben sich je nach Notwendigkeit.

**Wie wählen Sie die Forschungsthemen, die Sie aus der Universität ins Fraunhofer-Institut tragen, aus? Inwiefern spielen intrinsische Motivation, finanzielle Mittel, Trends und Interessen von Unternehmen oder der Politik eine Rolle bei der Auswahl der Themen und welchen Einfluss haben Sie in Ihrer Schnittstellenposition?**

Das Schöne an der Produktionstechnik ist ihre Themenoffenheit. Es geht nicht darum, jahrelang das letzte Detail zu erforschen, sondern um die Anwendung von Produktionstechnik auf verschiedene Produkte. Wir richten uns also immer wieder neu aus. In der Produktionstechnik entwickeln wir fortlaufend wissenschaftliche Methoden, die für unterschiedliche Anwendungen genutzt werden können. Der Werkzeugkasten ist universell und wird kontinuierlich weiterentwickelt.

Als öffentliche Einrichtung haben wir den Auftrag, die Herausforderungen der Gesellschaft zu lösen oder zumindest Lösungsangebote zu machen. Unsere Produktionsmethoden entwickeln wir dabei immer weiter. Die Auswahl der Themen erfolgt also aus der Perspektive, die großen gesellschaftlichen Herausforderungen der nächsten 10 bis 20 Jahre zu antizipieren. Dabei spielen aktuell Energiespeicherung, Nachhaltigkeit und ähnliche Themen eine wichtige Rolle. Natürlich auch unter dem Aspekt, dass für diese Themen Forschungs-



mittel bereitgestellt werden. Die Themenwahl ist somit nicht nur eine Reaktion auf aktuelle Bedürfnisse, sondern auch eine Vorausschau auf zukünftige Entwicklungen. Es geht darum, frühzeitig die Technologien und Methoden zu identifizieren, die benötigt werden, um auf die Herausforderungen der Zukunft reagieren zu können.

**Welche Entwicklungen oder Innovationen im Bereich der produktionstechnischen Forschung interessieren Sie besonders für die Zukunft? Welche Batteriezelltechnologien, die bisher nicht in der Serienfertigung sind, halten Sie für vielversprechend?**

Das sind zwei ganz unterschiedliche Fragen. Einmal eine produktionstechnische Frage und einmal eine Technologiefrage. Im Bereich der Produktionstechnologie sehe ich den größten Umbruch in der Effizienzsteigerung durch die verstärkte Anwendung von künstlicher Intelligenz (KI). Trotz des traditionellen Images des Maschinenbaus geht nichts mehr ohne Digitalisierung und KI. Diese bietet das Potenzial, ähnlich wie die Automatisierung, die Effizienz in der Produktion erheblich zu steigern. Angesichts des prognostizierten Fachkräftemangels und dem Verlust von Wissen durch ausscheidende Arbeitskräfte sehen wir in der Digitalisierung und dem Einsatz von KI eine Möglichkeit, Wissen zu bewahren und die Automatisierung auf ein neues Niveau zu heben. Die fortschreitende Automatisierung, insbeson-



dere in der Robotik, ist unerlässlich, da viele Unternehmen aufgrund des Fachkräftemangels vor der Entscheidung stehen: Automatisieren oder nicht produzieren. Eine Nachtschicht ist ohne Automatisierung oft nicht mehr machbar, da zu dieser Zeit einfach niemand mehr arbeiten will. Hierbei spielen KI, Digitalisierung, Konnektivität und Datenanbindung eine entscheidende Rolle, wobei die speziellen Anforderungen der Produktionstechnik berücksichtigt werden müssen.

Auf der Ebene der Produktentwicklung betrachte ich die Batteriezellproduktion als ein für mich besonders spannendes Thema. Die Lithium-Ionen-Technologie hat noch viel Potenzial, während Natrium-Ionen-Batterien bereits in China in Serienproduktion sind. Die Energiedichte von Natrium-Ionen-Batterien ist zwar niedriger, aber die Materialien sind deutlich günstiger, gut verfügbar und nachhaltiger. Eine vielversprechende Technologie, die sich noch in der Forschung befindet, ist die Festkörperbatterie. Hier arbeiten wir eng innerhalb der TUM über das Konstrukt TUM. Battery mit anderen Lehrstühlen und mit Unternehmen zusammen, um innovative Lösungen zu entwickeln. Diese Technologie hat großes Potenzial, befindet sich jedoch noch in der Forschungsphase. Einige Ankündigungen von Unternehmen erscheinen mir daher etwas voreilig und ich persönlich kann mir noch nicht erklären, wie das im System funktionieren soll.

### **Wird die Festkörperbatterie in Zukunft eine dominierende Technologie sein?**

Forschungsthemen im Bereich Festkörperbatterien sind derzeit äußerst vielfältig. Es gibt zahlreiche Zellchemien, die erforscht werden. Während im Labor bereits Fortschritte erzielt wurden, besteht noch erheblicher Forschungsbedarf, insbesondere im Bereich Produktionstechnik, um die Skalierbarkeit, Qualität und Wirtschaftlichkeit sicherzustellen. Forschungsergebnisse wie eine 100%ige Steigerung der Energiedichte einer Anode klingen zwar schön, müssen aber im Kontext des Gesamtsystems betrachtet werden. In diesem Beispiel muss solch eine neuartige Anode mit der Kathode zusammen im Zellsystem, im Speicher funktionieren und das ist nicht immer gegeben. Im Fall von Festkörperbatterien ist unklar, ob die Technologie auf Systemebene besser funktionieren wird, da dies die Performance in Bezug auf Energiedichte, Leistung, Lebensdauer, Sicherheit und Kosten beinhaltet.

### **Ist das batterieelektrische Auto – bezogen auf den Verkehr – die Lösung im Kampf gegen den Klimawandel?**

Es ist ein Puzzlestück. Bei einer von TUM Studierenden organisierten Podiumsdiskussion hat der CTO von Webasto treffend formuliert, wir müssen hin zu einer solaren Mobilität. Das heißt, wir müssen von fossilen Brennstoffen wegkom-

men und verstärkt auf erneuerbare Energien wie Sonnen- oder Windkraft setzen. Diese Energien sind ja alle auf die Sonne zurückzuführen. Wie wir diese Energie speichern ist eine andere Frage. Momentan sind elektrische Energiespeicher, also Batterien, aufgrund ihres hohen Wirkungsgrads vorteilhaft.

In absehbarer Zukunft, wenn genügend erneuerbare Energiequellen aufgebaut sind, könnte es jedoch zu einer Überproduktion an Energie kommen. Das wird vielleicht noch nicht in dieser Dekade so sein, aber spätestens in der nächsten gehe ich davon aus, dass die Verfügbarkeit von Energie nicht mehr das prinzipielle Problem ist. In solchen Fällen erscheint die Nutzung von Wasserstoff und möglicherweise auch von E-Fuels als sinnvolle Option. Ich weiß nicht, ob es Sinn macht, hochkomplexe Brennstoffzellen in PKWs oder LKWs für Langstrecken Anwendungen einzusetzen. Im Fall eines Überangebots an erneuerbaren Energien, könnte es sinnvoll sein, Wasserstoff zu karbonisieren und dadurch E-Fuels herzustellen. Zwar verliert man dann durch den schlechteren Wirkungsgrad Energie, die CO<sub>2</sub>-Neutralität wäre aber trotzdem gegeben. Ich bin der Meinung, dass Verbrennungsmotoren noch nicht obsolet sind und in manchen Bereichen weiterhin von Bedeutung bleiben werden. Man sollte die Technologie also am Leben erhalten, weil ich glaube, dass sie in 10 Jahren wieder an Relevanz gewinnen kann.

Elektromobilität macht besonders im städ-





tischen Bereich Sinn. Vor allem, wenn verschiedene Energiespeicheralternativen, wie Lithium-Eisenphosphat und Natrium-Ionen genutzt werden, anstatt der Nickel-Mangan-Cobalt- oder der Nickel-Cobalt-Aluminium-Zellen, die klassischerweise in Fahrzeugen mit großer Reichweite verbaut sind. Die Vielfalt der Batterietechnologie wird aufgrund von Rohstoffverfügbarkeit und Nachhaltigkeit zunehmen. Langfristig kann Wasserstoff eine bedeutende Rolle spielen, aktuell ist dieser aber nicht verfügbar.

**Über- und Unterproduktion erneuerbarer Energiequellen können durch elektrochemische Speicher gut ausgeglichen werden. Dafür muss aber auch Speicherkapazität ausgebaut werden. In welcher Größenordnung bewegt sich das und ist es überhaupt realistisch, dass Batterien genügend Speicherkapazität bereitstellen?**

Je nachdem welche Studie Sie lesen, wird die Nachfrage nach Batteriespeichern in dieser Dekade um etwa 800 % steigen und es wird erwartet, dass sich dieser Trend in der nächsten Dekade fortsetzt. Europa erlebt derzeit einen massiven Anstieg angekündigter Produktionskapazitäten. Es bleibt die Herausforderung, dass die komplexe und risikobehaftete Technologie beherrscht wird und genügend qualifiziertes Personal für die Umsetzung vorhanden ist. Die Anlagenverfügbarkeit wird ebenfalls eine kritische Rolle spielen, und obwohl der allgemeine Anlagenbau möglicherweise

schwierige Zeiten durchläuft, sieht es für Unternehmen, die in der Ausrüstung für Batterieproduktionen tätig sind, positiv aus. Der Zuwachs in der Batterieindustrie ist langfristig und wird über die nächsten 20 Jahre einen enormen Anstieg erleben. Ein limitierender Faktor wird die Verfügbarkeit einzelner Rohstoffe sein, was die Notwendigkeit verschiedener Batterietechnologien erklärt.

**Stichwort Rohstoffverfügbarkeit. Meine Eltern haben vor ein, zwei Jahren eine Photovoltaikanlage auf das Dach gebaut und diese mit einem Batteriespeicher im Keller kombiniert. In der App kann man seinen Autarkiegrad verfolgen und das Elektroauto immer dann laden, wenn genug Energie produziert wird. Durch das geänderte Energiekonsumverhalten meiner Eltern werden gleichzeitig Lastspitzen im Stromnetz abgefedert. Ich habe mich gefragt, ob es zu rechtfertigen ist, sich diese Menge an Ressourcen in den Keller zu stellen und ob genug Ressourcen vorhanden sind, um das weltweit genauso machen zu können.**

In Bezug auf diese Frage finde ich die Gesamtsystembetrachtung wieder äußerst spannend. Letztendlich müssen wir nicht nur Technologien für die Energiespeicherung entwickeln, sondern auch das gesamte Energienetz neu denken. Forschungsarbeiten befassen sich intensiv mit der Organisation zukünftiger Energienetze: Wer erzeugt Energie, wer nimmt sie ab? Es könnte sinnvoll sein, dass Verbraucher Energie aufnehmen, wenn Überschuss vorhanden ist und Energie abgeben, wenn das System unterversorgt ist.

Der Aufbau stationärer Speicher mit Hochenergie-Zellchemiematerialien wäre meiner Meinung nach Verschwendung. Aufgrund des ausreichenden Platzangebots und der Irrelevanz des Gewichts sollten wir bei stationären Speichern den Einsatz von NMC-Materialien (Nickel, Mangan, Cobalt) vermeiden. Bei Betrachtung von Natrium-Ionen oder Lithium-Eisenphosphat ändert sich das Rohstoffthema erheblich. Letzteres beispielsweise, ist nicht wertvoll genug für ein wirtschaftliches Recycling. Im Gegensatz dazu enthalten NMC-Zellen wertvolle Rohstoffe wie Cobalt und Nickel. Hier lohnt sich Recycling auf jeden Fall. Daher ist es wichtig, unkomplizierte, ressourcenschonende Energiespeicher zu entwickeln, die dennoch ideal für bestimmte Anwendungen sind.

Sie haben recht, dass sich hauptsächlich privilegierte Personen mit Platz und Eigentum solche Speicherlösungen leisten können. Für Stadtbewohner in Mietwohnungen funktioniert das nicht. Es bleibt die Herausforderung bestehen, eine Lösung zu finden, die für die Gesellschaft als Ganzes funktioniert. Die Umsetzung von Einzellösungen ist machbar, aber die Integration in das gesamtgesellschaftliche System, insbesondere in Europa, stellt eine andere Herausforderung dar. Momen-





tan erleben Ingenieurinnen und Ingenieure eine äußerst spannende Zeit des Wandels, da so viel im Umbruch ist. Es gibt viel neu zu denken und neu zu gestalten. Wir müssen die Studierenden motivieren, nicht in Schockstarre zu verfallen, sondern aktiv an der Gestaltung mitzuwirken und grundlegend neue Dinge zu machen.

**Sie klingen sehr optimistisch, dass die gro- Ben Themen, die aktuell im Umbruch sind, am Ende schon funktionieren werden. Woher kommt das?**

Ich habe mich dazu entschlossen, Optimist zu sein. Zu meiner Studienzeit stand die Frage nach der Jobverfügbarkeit im Vordergrund. Eine völlig andere Sorge. Heute hat sich das Bild gewandelt und es gibt enorm viel zu tun, es fehlen Fachkräfte, um all die Aufgaben zu bewältigen. Das Gute für die Studierenden heute ist, dass Sie sich nicht über einen Mangel an Beschäftigungsmöglichkeiten sorgen müssen. Dafür gibt es genügend Gründe sich andere Sorgen zu machen. Was ich damit sagen will: Es wird immer Sorgen geben. Davon dürfen wir uns nicht demotivieren lassen..

Dennoch sehe ich nicht alles rosarot. Wir sind in einer Welt sozialisiert, die uns suggeriert, dass alles komfortabel und verfügbar ist – sei es die Heizung am Morgen oder das demokratische System. Wir erleben, dass alles infrage gestellt wird und es ist wichtig, uns bewusst zu machen, dass unser heutiger Wohlstand keineswegs selbstverständlich ist. Das ist schwierig, denn wir Menschen werden durch unser Leben geprägt und haben Schwierigkeiten, uns vorzustellen, wie es vorher war oder wie es später sein wird. Dabei ist es interessant zu sehen, wie ähnlich künstliche neuronale Netze im Vergleich zum menschlichen Gehirn funktionieren. Sie sind stark in dem, wofür sie trainiert wurden, aber das Überwinden dieser Grenzen fällt schwer.

Ein Beispiel ist die Einführung der Elektromobilität. Obwohl die Zahlen auf dem Tisch lagen und wir entsprechend handelten, konnten sich viele den Wandel einfach nicht vorstellen. Das zeigt, dass wir als Menschen Schwierigkeiten haben, mit neuen Entwicklungen umzugehen. Das merkt man auch jetzt am Beispiel des Klimawandels. Obwohl alle Fakten auf dem Tisch liegen, fällt es einem Großteil der Menschen schwer, damit umzugehen.

Die Herausforderung besteht darin, uns aus der Komfortzone zu begeben und zu erkennen, dass das, was wir haben, großartig ist und zu überlegen, wie wir es für die nächsten Generationen in veränderter Form erhalten können. Es ist schwierig und die Tagesnachrichten finde ich oft höchst bedenklich, aber ich finde Hoffnung in der positiven Einstellung und dem Engagement der Menschen um mich herum, der Studierenden und

Promovierenden. Sie sind am Ende des Tages ein großer Hebel, um aktiv das System zu gestalten, anstatt sich in Frust und Pessimismus zu verlieren. Was der Mensch gerne macht, ist ständig Fehler bei anderen zu suchen, um sich besser zu fühlen. Viel schwieriger ist es natürlich, Verantwortung zu übernehmen, weil man dann oft merkt, dass man es eigentlich nie richtigmachen kann. Immer die richtige Lösung zu suchen, den Kampf nicht aufzugeben und immer nach vorne zu schauen, ist das Einzige, was bleibt. Warum also nicht optimistisch bleiben? Wir haben eine herausragende Ausgangssituation und tolle Möglichkeiten, die es zu nutzen gilt. Wenn etwas nicht passt, sollten wir es passend machen.

**Haben Sie persönlich auch ein Elektroauto?**

Ha! Auf die Frage habe ich gewartet. Ich fahre das nachhaltigste Auto, das es gibt. Das nachhaltigste Produkt ist generell immer das, das wir schon haben. Ich fahre einen mittlerweile 22 Jahre alten Škoda Octavia mit 300.000 Kilometern. Ich warte darauf, dass er kaputtgeht, damit ich mir endlich ein Elektroauto kaufen kann. Meine Ausrede ist natürlich immer, dass es sehr nachhaltig ist,

Dinge bis zum Ende ihrer Lebensdauer zu verwenden. Die Wahrheit ist, dass ich Zeit investieren müsste, um mir ein anderes Auto anzuschaffen, die ich momentan nicht da-

für aufbringen will. Mein letzter Dienstwagen war allerdings ein Elektro-Mini mit etwas begrenzter Reichweite – elektrisch fahren ist großartig.

**Die Folgefrage wäre gewesen, welche Zell-technologie das Auto haben sollte, aber das hat sich dann wohl erledigt ...**

Tatsächlich mache ich mir darüber schon viele Gedanken. Ich würde fast dazu neigen, mir Lithium-Eisenphosphat (LFP) als Zelltechnologie zu holen, weil die Zyklisierbarkeit, also die Langlebigkeit, fantastisch ist. Die Energiedichte ist zwar nicht so hoch, aber meine Anforderungen wären etwa 300 km, das geht auch mit LFP leicht.

**Vielen Dank für die interessanten Antworten und Ihre Zeit.**

Vielen Dank für die Fragen. ☀

**„Ich fahre das nachhaltigste Auto, das es gibt.“**





# „GEHT NACH HAUSE!“



Jing  
Wang

**E**in kalter Abend im Januar. Der Boden ist eisig. Mein Bruder und ich laufen redend über den Odeonsplatz, jedoch nicht ohne jeden Schritt bedächtig zu wählen, schließlich könnte ein ungünstig platzierter Fuß schnell zu einer ungewollten Schlitterpartie führen. Plötzlich kommt ein Radfahrer von hinten angefahren, grölt „Hallo!“ Wir drehen uns um und er fährt an uns vorbei mit den Worten „Geht nach Hause!“ Wir, natürlich im ersten Moment verwirrt, lachen kurz drüber: „Was ein Idiot, fährt noch mit einem Pizsakarton auf dem Lenker über eisige Straßen!“ Ich kann selbstverständlich nicht mit letzter Sicherheit sagen, was der gute Herr mit seiner Aussage gemeint hat, aber ich habe eine ganz starke Vermutung, dass er uns nicht geraten hat, wegen des Wetters nicht zu lange in der Kälte herumzuspazieren.

„Geht nach Hause!“ — Eine Aussage, die sich in eine lange Schlange von alltagsrassistischen Sätzen einreihet. Andere gute Bekannte dieser Aussage sind beispielsweise „Woher kommen Sie?“ oder „Sie sprechen aber gut Deutsch.“ Nicht immer kann und möchte ich „aus der Tür“ oder „Sie auch!“ erwidern und belasse es bei einem freundlichen Nicken.

„Geht nach Hause!“ — Oft verdränge ich Alltagsrassismus. Einfach, weil es unschön ist, sich darüber Gedanken machen zu müssen, dass es immer noch Menschen gibt, die mich aufgrund meines Aussehens nicht als „deutsch“ sehen. Menschen, die mich daher fragen müssen, woher ich komme, die mir ein vermeintliches Kompliment machen müssen oder die mich einfach

„nach Hause“ schicken möchten. Schnell ver falle ich dabei auch in ein Denkmuster, in dem ich mich frage, ob ich mich hätte anders verhalten sollen. Oder ob es vielleicht gar nicht „so schlimm“ war. Es war doch vielleicht gar nicht so gemeint. Wäre es anders gewesen, würden mein Bruder und ich kein Chinesisch miteinander reden? War der Radfahrer vielleicht einfach nur betrunken?

„Geht nach Hause!“ — So gerne ich auch den Wunsch dieses Herrn danach, dass wir „nach Hause“ gehen, verdrängen würde, fällt es mir — vor allem in diesen Wochen — schwer. Mir fällt es schwer, wenn ich daran denke, dass es in Deutschland Politiker:innen gibt, die sich genau mit diesem und durch diesen Wunsch identifizieren. Mir fällt es schwer, wenn ich daran denke, dass es einflussreiche Menschen gibt, die sich in einer Runde treffen, um sich auf die „Remigration“ vermeintlich nicht deutsch-genuger Menschen einen runterzuholen. Pardon my language. Und mir fällt es schwer, wenn ich daran denke, dass genau solche Denkweisen auf immer mehr Zustimmung in den verschiedensten Bevölkerungsschichten treffen und sich viele dieser Menschen offenbar bestätigt genug fühlen, um auf offener Straße mit Parolen und Symbolen auf sich aufmerksam machen zu wollen.

Mal ganz ungeachtet dessen, dass mich jemand in meinem Zuhause, in München und in Deutschland, in dem ich mich sicher und, blöd gesagt, eben zuhause fühle, dazu auffordert, „nach Hause“ zu gehen. Plötzlich wird das Eis auf dem Boden noch einmal rutschiger. Wohin soll ich denn gehen? 🌪



ZUM SELBERAUSFÜLLEN  
UND ERGÄNZEN

# KLAUSURENPLAN

## Grundstudium Bachelor Maschinenwesen

Februar	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	Physik
13	Werkstoffkunde 2
14	Mathematische Tools
15	
16	CAD und Maschinzeichnen
17	
18	
19	Chemie
20	
21	Höhere Mathematik 2
22	Werkstoffkunde 1
23	
24	
25	
26	Produktionstechnik
27	Thermodynamik
28	Höhere Mathematik 1
29	Wärmetransportphänomene

März	
1	Technische Mechanik 2
2	
3	
4	MUD
5	Höhere Mathematik 3
6	Regelungstechnik
7	Technische Mechanik 1
8	IT
9	
10	
11	Maschinenelemente
12	Technische Mechanik 3
13	
14	Technische Elektrizitätslehre
15	Fluidmechanik 1
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	
31	



April	
1	Semesterbeginn
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	Vorlesungsbeginn
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	

Disclaimer: Keine Gewähr auf Korrektheit!  
Richtet euch immer nach den aktuellen verbindlichen Informationen auf TUMonline (campus.tum.de) und den entsprechenden Moodle-Seiten.

Ansonsten: Viel Erfolg bei den Klausuren und eine entspannte Zeit danach!

Stellung im Studienplan
1. Semester
2. Semester
3. Semester
4. Semester
5. Semester

# HEY DU!

**DU HAST BOCK AUF NEUES MW-MERCHANDISE?**

**MÖCHTEST BEI DER ORGANISATION DER  
ESP 2024 MITWIRKEN?**

**ODER WILLST DURCH ENGAGEMENT IN DER  
HOCHSCHULPOLITIK VERÄNDERUNGEN AUF DEM CAMPUS  
BEWIRKEN?**

OHNE DIE **FACHSCHAFT MASCHINENBAU**

**WÄREN VIELE DIESER INITIATIVEN NICHT MÖGLICH.**

**UND OHNE FREIWILLIGE HELFER AUS DEM MASCHINENBAU-  
STUDIENGANG KANN DIE FSMB IHRE VIELFÄLTIGEN AUFGABEN  
NICHT ERFÜLLEN.**

**JETZT MAL KLARTEXT:**

**WIR SUCHEN DRINGEND NACHWUCHS FÜR DIVERSE ÄMTER.  
DAS HEISST, WENN DU BOCK HAST, TEIL UNSERES TEAMS ZU  
WERDEN, UND MOTIVIERT BIST, WAS ZU BEWEGEN - DANN  
ZÖGERE NICHT!**

**KOMM EINFACH MAL IN UNSER BÜRO. WIR SIND SICHER,  
DASS WIR GENAU DIE RICHTIGE AUFGABE FÜR DICH HABEN.**