



NR. 1 2022

REISSWOLF

ZEITSCHRIFT DER FACHSCHAFT MASCHINENBAU

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN - FAKULTÄT FÜR MASCHINENWESEN - EBERHARD-VON-KUENHEIM-BAU

Inhalt

Unterhaltung

Vasa: das versunkene Schiff

Campus

Hörsäle und ihre Namen

Nachgedacht

Moral im Ingenieurwesen

Lehrstuhlserie: Energiesysteme

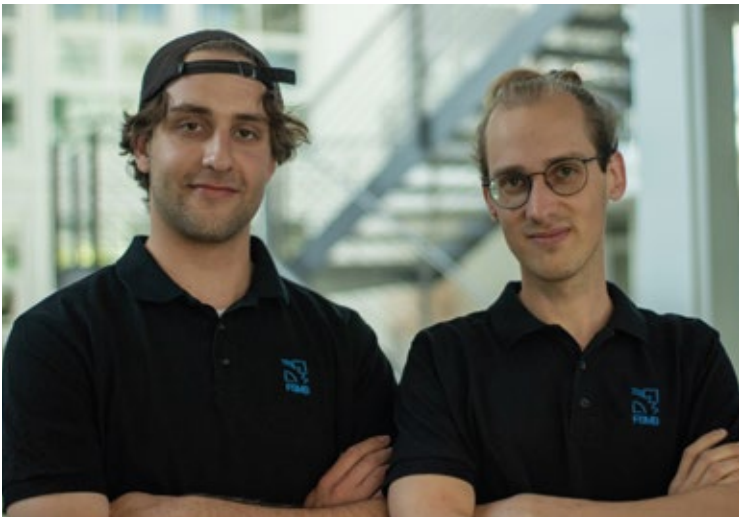
PROF. SPLIETHOFF

ÜBER DIE

ENERGIEWENDE

EDITORIAL

Mit dem Sommer kommt das Unileben zurück an den Campus und auch das Reisswolf-Team arbeitet fleißig daran, unsere Fachschaftszeitschrift und das Klopapier wieder regelmäßig herauszubringen. Mit einem coronabedingt etwas kleineren Team, aber umso motivierter, veröffentlichen wir die erste Ausgabe des Sommersemesters mit einem Fokus auf die gesellschaftliche Verantwortung und Relevanz des Maschinenbau. Wenn Du Lust hast, uns für kommende Ausgaben zu unterstützen, melde Dich doch einfach unter reisswolf@fsmb-tum.de!



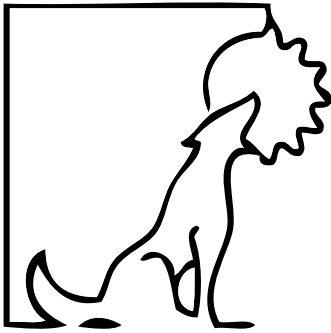
In dieser Ausgabe setzen wir die Lehrstuhlserie fort, interviewen Professor Spliethoff, den Leiter des Lehrstuhls für Energiesysteme, und stellen seinen Lehrstuhl vor. Das Gespräch dreht sich unter Anderem um die Zukunft der Energieversorgung. Die Ideen für die Energiewende hin zur Klimaneutralität und hat uns zu einer Vision für den Campus Garching inspiriert, die Ihr auf dem Titelblatt findet. Im Interview geht es auch darum, welche Relevanz Ingenieur*innen gerade in diesem Bereich für die Gesellschaft haben.

Auch Pedram beschäftigt sich mit der Frage nach der Verantwortung von Ingenieuren, gerade im Bereich der Rüstungsindustrie und im Krieg. Paul untersucht außerdem die historische Verantwortung jener Ingenieure, nach denen unsere Hör- und Zeichensäle benannt sind. Darunter finden sich einige etwas kritischer zu sehende Maschinenbauer, die im zweiten Weltkrieg mit problematischen Mitteln Waffen für Deutschland herstellten. Was passiert, wenn Maschinenbauer im Schiffsbau unverantwortlich bis fahrlässig handeln, erzählt euch Elene am Beispiel des versunkenen schwedischen Schiffs Vasa.

Wir wünschen euch viel Spaß mit der Ausgabe und ein schönes Restsommersemester,

Pedram & Paul
reisswolf@fsmb-tum.de

INHALT



Impressum

13.6.2022

V.i.S.d.P.

Paul Bachmann
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, Tobias Dormuth, Marcus
Dürr, Pedram Golestani, Elene Mamaladze, Jing Wang

Titelblatt

Andreas Heddergott / TUM150,
Bearbeitung: Paul Bachmann

Auflage

750

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

Die LOIFT 2022 7

Lehrstuhlserie

Energiesysteme..... 10

Nachgefragt

Interview mit Prof. Spliethoff 15

Nachgedacht

Provision durch Aggression 28

Diesel, Kühne, Messerschmitt..... 32

Unterhaltung

Vasa: Das versunkene Schiff 40

Rätsel: TUM-Gebäude 42



FACHSCHAFT KOMPAKT

Leitung

Liebe Kommiliton*innen,
wir hoffen ihr seid gut ins Sommersemester gestartet. Es ist schön, den Campus wieder so belebt zu sehen (außer wenn die Mensa mittags überfüllt ist). Damit ihr neben dem Studium den Sommer genießen könnt, unterstützen wir die Studentische Vertretung diesen Sommer bei den Festivals GARNIX und TUNIX. Auch auf der Unity waren wir vertreten und haben unter anderem eine Cocktailschicht gestemmt. Vielleicht können wir das Know-How im November dann auf einer eigenen Veranstaltung brauchen (stay tuned). Auch hochschulpolitisch gibt es einiges zu tun. So arbeiten wir derzeit in der Überarbeitung des Masterstudiengangs „Mechatronik und Robotik“ mit und pflegen unsere Kontakte zu den anderen Fachschaften MSE, LRG, BUV und AR.

Wir wünschen euch eine sonnige Zeit,

Toni und Bene

Team für internationale Studierende

Das Buddy-Programm ist im Sommersemester dank wieder vermehrt möglichen Präsenz-Events sehr gut angelaufen. Es haben viele coole Events wie das Welcome-Event, gemeinsames Wandern, Bowling und ein Picknick im Englischen Garten stattgefunden. Nach mehreren Semestern Pause konnten wir auch den internationalen Stammtisch wieder zum Leben erwecken und testen uns jetzt durch die verschiedensten Lokale in München. Für die wärmeren Tage sind unter anderem ein Open-Air Kino und gemeinsames Grillen geplant.

Euer Team für internationale Studierende





Erstsemesterteam

Zu Anfang des Sommersemesters haben wir die Master Einführungsveranstaltung inklusive der zugehörigen Socializing Events, Pub Crawl und Kochtreff, organisiert. Derzeit planen wir noch ein Bierpongturnier für alle Masterstudierenden im Bereich Maschinenwesen. Größere Projekte dieses Semester sind die Überarbeitung der Master Einführungsveranstaltung mit den Kennenlernevents und eine Überarbeitung des Ersti-Reisswolfs. Daneben holen wir für die Bachelorstudierenden Informationen zu den Pflichtprüfungen ein, die wir euch nach Abschluss der zugehörigen Gespräche zu Verfügung stellen.

Euer Erstsemesterteam

Team für Hochschulpolitik

Im Moment werdet ihr von verschiedenen Teammitgliedern im Bachelor- und Masterprüfungsausschuss, welche die letzte Klausurenphase evaluieren, vertreten. Als auch in den verschiedenen Qualitätszirkeln, die es für jeden Studiengang gibt. Diese aktualisieren und verbessern die einzelnen Studiengänge. Des Weiteren bringen wir uns in eurem Auftrag in der Überarbeitung des Bachelors ein. Für alle Anliegen und Fragen erreicht ihr uns per E-Mail: hochschulpolitik@fsmb-tum.de oder kommt direkt in der Fachschaft vorbei.

Euer Team für Hochschulpolitik

Team für Information und PR

Unser größtes Projekt ist die LOIFT im Sommersemester - die Lehrstuhl-Orientierungs-, Informations- und Forschungstagung. Sie findet dieses Jahr am 01. Juli 10:00 bis 14:00 Uhr im MW Gebäude statt! Ihr wisst nicht genau, was ihr euch darunter vorstellen sollt? Bei der LOIFT bieten wir allen Lehrstühlen die Möglichkeit, sich und ihre Forschung vorzustellen. Besonders wenn ihr gerade auf der Suche nach Bachelor-, Master- oder auch Semesterarbeiten seid, ist das eine gute Möglichkeit mal Einblick in die verschiedenen Bereiche zu bekommen und wichtige Kontakte zu knüpfen! Auch wenn ihr einfach

mal die Lehrstühle hinter euren Vorlesungen kennenlernen wollt, ist die LOIFT die richtige Adresse. Ihr könnt an Lehrstuhlführungen teilnehmen, Prüfstände aus nächster Nähe anschauen und Fragen dazu stellen. Kommt einfach vorbei! Mehr dazu gibt es im LOIFT-Artikel auf Seite 7 in dieser Ausgabe.



Lehrstuhlführung bei der LOIFT 2018

Dieses Semester gab es wieder einen großen Maschinenwesen-Merchverkauf. Eure Hoodies und T-Shirts könnt ihr ebenfalls am 01. Juli, parallel zur LOIFT, bei uns abholen.

Außerdem kümmern wir uns um unser Tagesgeschäft. Wir halten die Plakaten an den Pinnwänden in der Magistrale, an denen ihr jeden Tag vorbeilauft, aktuell. Außerdem beantworten wir schnellstmöglich alle Emails, die von euch Studierenden, Lehrstühlen, Firmen oder Schüler*innen an info@fsmb-tum.de gehen.

Euer Info&PR Team

Skriptenteam

Viermal pro Woche hat der Skriptenverkauf für euch offen, mit wöchentlichem Nachdruck am Mittwoch. Seit Anfang des Semesters, nachdem der Printy auf dem Garching Campus nicht mehr zu finden ist, sind CAD Zeichenvorlagen, ME Transparente und ME Zeichenkartons bei uns erhältlich. Seit kurzem könnt ihr auch Skripte für eine Woche reservieren, falls sie ausverkauft und nachgedruckt werden sollen.

Ein Extended-Verkauf für die Prüfungssammlungen wird voraussichtlich Anfang Juli stattfinden, nähere Infos dazu kommen auf <https://www.fsmb.de/fsmb/service/skriptenverkauf/>.

Euer Skriptenteam



Garnix 2018

Veranstaltungsteam

Der Semesterstartschuss ist wiederum gefallen und damit auch der Sommer nicht weit weg! Natürlich sind für dieses Semester wieder viele exzellente Veranstaltungen geplant, da ist für jeden etwas dabei. Hier mal eine kleine Übersicht:

- Tanzabend und Sommerball: Es geht wieder los mit Tanzen! Drei Tanzabende und ein Sommerball erwarten euch in kommender Zeit, genaue Infos folgen demnächst. Höhepunkt des Tanzens ist unser Sommerball am 14.07.2022, Termin freihalten!
- Tunix und Garnix: Lang ersehnt, jetzt wieder da! Nach der Corona-Pause gibt es wieder Musik für die Seele auf dem TUNIX und GARNIX. Für das leibliche Wohl ist natürlich mit einer Bierinsel, Essensständen und vielem Weiteren gesorgt.



Sommerball 2019

- Ausleihe: An alle Verschlafenen und Vergesslichen! Behaltet einen kühlen Kopf und kommt zu unserer Ausleihe! Vom Taschenrechner über Messschieber bis hin zu Sportgeräten könnt ihr euch alle lebenswichtigen Utensilien bei uns ausleihen!

Euer Veranstaltungsteam



DIE LOIFT 2022

Die Lehrstuhl- Orientierungs-, Informations- und Forschungstagung im MW

Hiwi-Stellen, wissenschaftliche Arbeiten und spannende Forschungsthemen erwarten euch dieses Jahr auf der LOIFT. An insgesamt 35 Messeständen in den Höfen 0 bis 3 werden sich an diesem Tag die Lehrstühle der School of Engineering and Design aus den Fachbereichen Maschinenwesen und Aerospace vorstellen.

Wann?

Freitag, den 01.07.2022, von 10 bis 14 Uhr

Wo?

Maschinenwesengebäude, Höfe 0-3

In der Magistrale des Maschinenwesengebäudes werden sich von 10 bis 14 Uhr die Lehrstühle in ihren Messeständen präsentieren. Da ist für alle etwas dabei, ob du dich für Getriebe, Virtual Reality oder besondere Materialien interessierst. Neben den eigenen Forschungsthemen zeigen die Lehrstühle auch ihre Angebote: Hiwi-Stellen, wissenschaftliche Arbeiten sowie Vorlesungen und Praktika.

Auch das Studienbüro der School und das ZHS sind vertreten und beantworten alle eure Fragen rund um das Studium.



Alle weiteren Informationen zum Ablauf des Tages und aktuellen Infos findest du auf unserer Homepage loift.fsmb.de. Bei weiteren Fragen kannst du dich immer gerne persönlich oder per Mail an das LOIFT-Team wenden: loift@fsmb-tum.de.



Elene
Mamaladze

Besonders nach der Pandemie ist es die perfekte Gelegenheit, sich bei den Lehrstühlen umzusehen, spannende Themen zu entdecken und sich zu vernetzen.

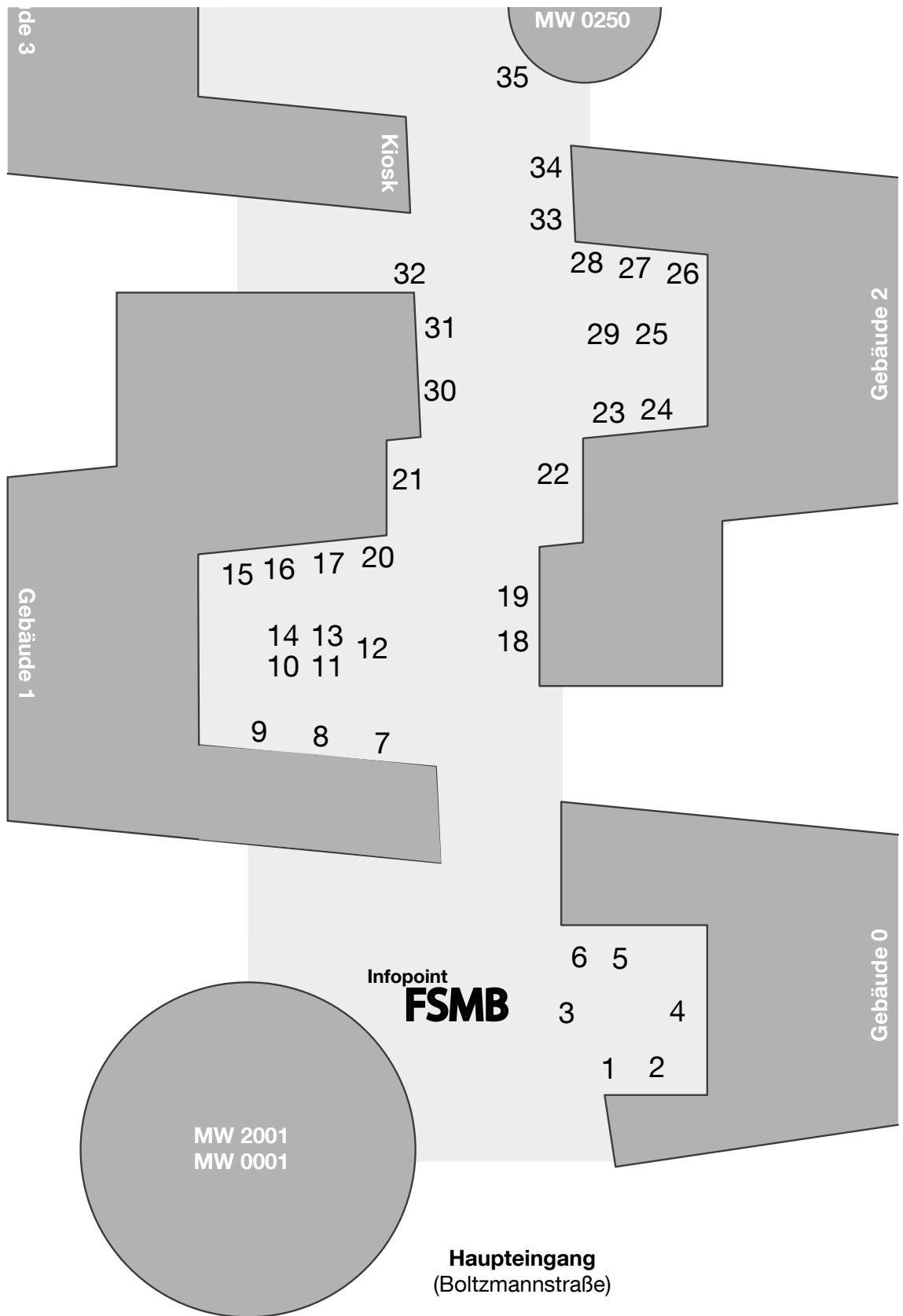
Verteilt über den ganzen Messezeitraum wird es außerdem die Möglichkeit geben, an zahlreichen spannenden Lehrstuhlführungen teilzunehmen und dadurch die Lehrstühle noch näher kennenzulernen. So bekommt ihr Einblicke hinter die Kulissen der Lehrstühle und könnt ihre Werkstätten, Versuchsaufbauten und vieles mehr entdecken. Die genaue Liste der angebotenen Führungen findest du auf unserer Webseite. Die Anmeldung zu den Lehrstuhlführungen wird ab dem 27.6. online möglich sein.

LOIFT bei dir?

In diesem Sinne: Komm' vorbei und entdecke die vielfältigen Möglichkeiten, die dir die School of Engineering and Design im Bezug auf Lehre und Forschung bietet!



loift.fsmb.de



1. Professur für Sportgeräte und Sportmaterialien
2. Lehrstuhl für Automatisierung und Informationssysteme
3. Lehrstuhl für Maschinenelemente
4. Lehrstuhl für Regelungstechnik
5. Lehrstuhl für Ergonomie
6. Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik
7. Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften
8. Lehrstuhl für Turbomaschinen und Flugantriebe
9. Lehrstuhl für Erneuerbare und Nachhaltige Energiesysteme
10. Lehrstuhl für Energiesysteme
11. Lehrstuhl für Windenergie
12. Lehrstuhl für Aerodynamik und Strömungsmechanik
13. Lehrstuhl für vernetzte Verkehrssysteme
14. Professur für Sustainable Future Mobility
15. Lehrstuhl für Flugsystemdynamik
16. Lehrstuhl für Carbon Composites
17. Lunar and Planetary Exploration Technologies
18. Lehrstuhl für Produktentwicklung und Leichtbau
19. Professur für Mehrskalige Modellierung von Fluiden Materialien
20. Lehrstuhl für Nachhaltige Mobile Antriebssysteme
21. Lehrstuhl für Thermodynamik
Professur für Thermofluiddynamik
22. Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik
23. Chair of Cyber-Physical Systems in Production Engineering
24. Lehrstuhl für Angewandte Mechanik
25. Lehrstuhl für Werkstofftechnik der Additiven Fertigung
26. Lehrstuhl für Mikrotechnik und Medizingerätetechnik
27. Lehrstuhl für Medizintechnische Materialien und Implantate
28. Professur für Laser-based Additive Manufacturing
29. Lehrstuhl für Numerische Mechanik
30. Lehrstuhl für Anlagen- und Prozesstechnik
31. Professur für Selektive Trenntechnik
32. Lehrstuhl für Umformtechnik und Gießereiwesen
33. Fachgebiet für Systembiotechnologie
Professur für Biomechanik
34. Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft
35. Studienangelegenheiten
Zentrum für Schlüsselkompetenzen (ZSK)



MIT MAX. POWER IN DIE ZUKUNFT

Der Lehrstuhl für Energiesysteme stellt sich vor

Die Geschichte des Lehrstuhles für Energiesysteme direkt auf Carl von Linde oder sogar Nußelt zurückzuführen, wäre sicherlich ein Stück weit übertrieben. Dennoch setzten diese Herren den Grundstein für die jahrzehntelangen Forschungstätigkeiten im Bereich der Energietechnik an der Technischen Universität München, welche letztendlich auch zur Gründung des Lehrstuhls für Energiesysteme in seiner jetzigen Form führte.

Lehrstuhl für Energiesysteme (LES)

Prof. Dr.-Ing. Hartmut Spliethoff

www.epe.ed.tum.de/es



Standort in der Magistrale: Hof 7, 3. Stock

Anzahl der Mitarbeitenden: 60 (35 Doktorand*innen, 6 Postdocs)

Angebote Vorlesungen:

- **Vertiefungsfach (Bachelor):** Energiesysteme und Energiewandlung
- **Vertiefungsfächer (Master):** Prozesstechnik thermischer Abfallbehandlungsanlagen, Energetische Nutzung von Biomasse und Reststoffen, Reaktionsthermodynamische Grundlagen für Energiesysteme, Strom und Wärmespeicher im Energiesektor, Solarthermische Kraftwerke, Thermische Kraftwerke
- **Ergänzungsfächer:** Stromnetze, Energie und Wirtschaft, CFD-Simulation thermischer Prozesse, Wasserstoff-Technologien für ein nachhaltiges Energiesystem
- **Praktika:** Regenerative Energien, Energietechnik, Kraftwerkstechnik
- **Englischsprachiges Angebot (MSPE):** Renewable Energy Technology I, Renewable Energy Technology II, Thermodynamics in Energy Conversion, Thermal Power Plants, MSPE Energy Systems LabPraktika: Experimentelle Charakterisierung weicher Materialien

Aktuelle Forschungsprojekte: BioAdd, BioCore, SynSOFC II, E2Fuels, ECOFLEX LaBreVer, Energy Valley Bavaria, ReGasFerm, PyroGas, Geothermie Allianz Bavaria, GOLD, GreenNH3-Network, REDE-FINE H2E, OptiNOx, OptiMaDyn, TWIN-PEAKS, TWIST, VERENA

Industriepartnerschaften: Air Liquide, RWE, SWM, EWG, Ørsted, E-on, Uniper, Valmet, Martin AG, Vökl, Apros, CURRENTA, VTT, STEAG, PreZero, GKN, Schmidtsche Schack, MAN, Siemens, Märker, Infracore, SCHWING Technologies, Clariant, GTT, Audi, Volkswagen, Bosch, BRISK, etc.

Angebote Exkursionen und Seminare: Master-Seminar, VDI-ES Seminar

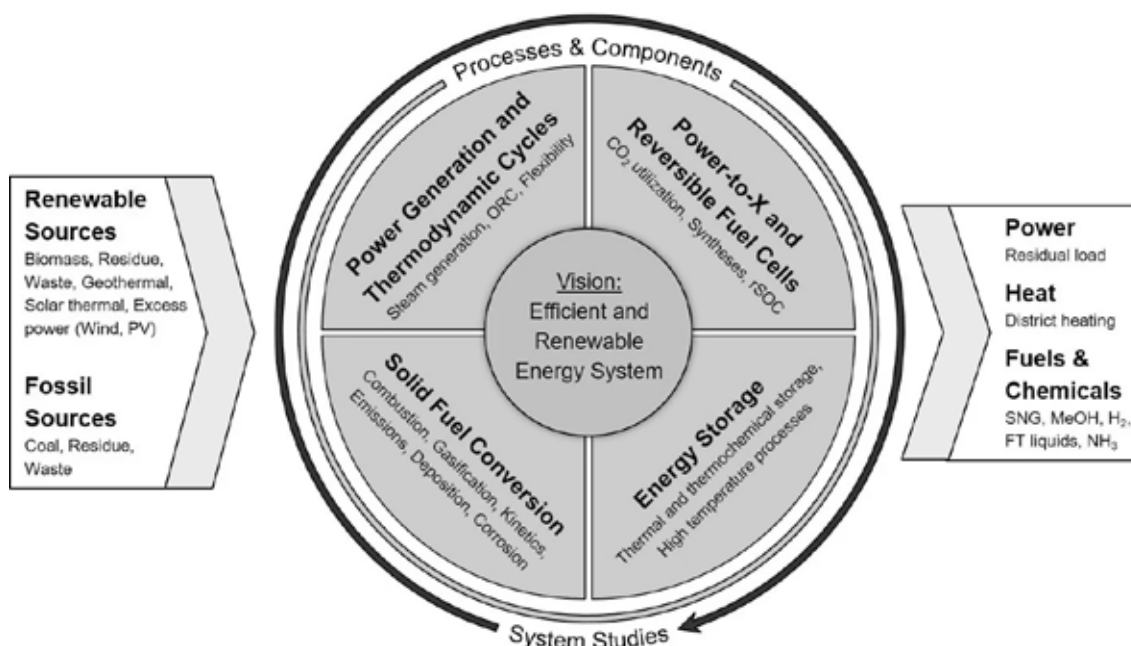
Ansprechpartner für Abschlussarbeiten/HIWI-Jobs: Andreas Hanel (andreas.hanel@tum.de)



Heute ist der Lehrstuhl sehr breit aufgestellt und befasst sich mit der Energiewende auf Technologie-, Prozess- und Systemebene. Zum einen werden diverse Prozesse und Technologien untersucht, die zu einem möglichst robusten und effizienten nachhaltigen Energiesystem vor dem Hintergrund der schwankenden Verfügbarkeit der erneuerbaren Energien beitragen sollen. Im Fokus stehen dabei unter anderem innovative Verfahren zur Herstellung nachhaltiger Energieträger und Grundchemikalien mit Hilfe von Festbrennstoffen wie Biomasse oder Reststoffen sowie mittels Power-to-X Konzepten unter direkter Stromnutzung. Daneben beschäftigt sich der Lehrstuhl mit thermischen und thermochemischen Energiespeichertechnologien für Hochtemperaturprozesse sowie der Entwicklung integrierter reversibler Brennstoffzellen- & Elektrolysesysteme, die sowohl im Brennstoffzellenmodus Strom produzieren, als auch im Elektrolysemodus Strom in Form von Wasserstoff und wasserstoffreichen Synthesegasen speichern können. Des Weiteren zielt der Forschungsbereich der Kraftwerkstechnik und thermodynamischen Kreisläufe darauf ab, thermische Kraftwerke möglichst effizient und flexibel betreiben zu können sowie mittels Organic Rankine Cycle Prozessen

Wärmequellen niedriger Temperaturniveaus für die Stromproduktion zu nutzen. Zum anderen werden Energiesysteme am LES ganzheitlich auf Systemebene untersucht. Dabei werden die Energie- und Stoffströme auf Systemebene simuliert, um optimale Konfigurationen des Gesamtsystems zu ermitteln und das Systemverhalten unter gegebenen Szenarien zu untersuchen. Energiesysteme werden dabei sowohl im Kleinen auf Quartiersebene als auch im Großen auf deutscher oder europäischer Ebene betrachtet.

Seine Kompetenz im Bereich Energiesystemtechnik gibt der Lehrstuhl durch zahlreiche Vorlesungen im Sommer- und Wintersemester weiter. Den ersten Kontakt haben die Studenten dabei meist im Bachelorstudium mit der Vorlesung Energiesysteme und Energiewandlung. Aufbauend auf den dabei vermittelten Grundlagen haben die Studenten dann im Master die Möglichkeit sich auf spezifische Arten und Aspekten der Energiebereitstellung zu vertiefen. Dabei bietet der Lehrstuhl sowohl Vorlesungen zur klassischen Energieerzeugung, wie beispielsweise im Fach Thermische Kraftwerke, aber auch zu aktuellen Fragestellungen, wie im neuen Kurs zu Wasserstoff-Technologien für ein nachhaltiges Energiesystem.



Forschungsschwerpunkte des Lehrstuhls



Die breite Aufstellung des LES spiegelt sich auch in der Anzahl der Mitarbeitenden und den zahlreichen Drittmittelprojekten wieder. Aktuell sind ca. 60 Mitarbeitende am Lehrstuhl beschäftigt, wobei neben Prof. Spliethoff sechs Gruppenleiter die Betreuung der ca. 35 angehenden Doktoranden übernehmen. Diese werden darüber hinaus durch zahlreiche Mitarbeitende in den Werkstätten, den Laboren und dem Sekretariat des Lehrstuhles unterstützt. Die meisten der Mitarbeitenden werden dabei durch Drittmittelgelder aus der erfolgreichen Akquise nationaler und internationaler Projekte finanziert. Im Folgenden werden einige der größten Projekte des Lehrstuhles vorgestellt:

REDEFINE H2E – Internationales Zukunftslabor



Booster

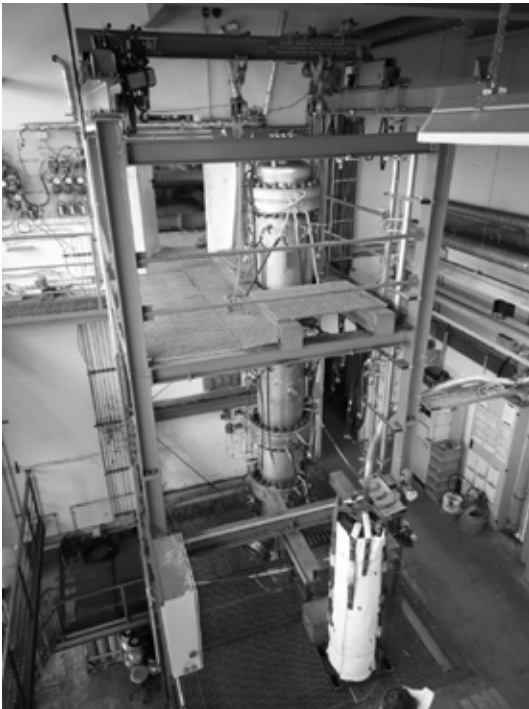
Eines der neuesten und größten Projekte am Lehrstuhl für Energiesysteme ist das aktuell einzige vom BMBF geförderte Internationale Zukunftslabor zum Thema grüner Wasserstoff mit dem Akronym REDEFINE H2E („Renewable Electricity Dispatch and Expendable Feedstock-Integrated Net-Zero-Emission Hydrogen Economy“). Mit einem Budget von 5 Mio. € ermöglicht dieses Projekt renommierten Wissenschaftlern aus 14 verschiedenen Ländern gemeinsam an einem zukünftigen Energiesystem basierend auf verschiedenen Wasserstofftechnologien zu forschen.

Die geplanten Versuche umfassen dabei die plasmagestützte Vergasung in unserem schon existierenden Flugstromvergaser BOOSTER (Biomass Pilot-Scale Entrained Flow Gasifier), den reversiblen Betrieb von Festbrennstoffzelle in einem neu konstruierten Druckteststand, sowie die enzymatische Verwertung und Herstellung von Wasserstoff in Bioreaktoren. Energiesystemstudien und techno-ökonomische Analysen runden das Projekt ab. Die Kernzeit von REDEFINE H2E ist Mitte 2023. In diesem Zeitraum werden alle Wissenschaftler vor Ort sein. Wir freuen uns schon jetzt auf den gemeinsamen Austausch und die gemeinsame Zeit an unseren Versuchsanlagen!

VERENA – Polygenerationsanlagen für Strom und Grundchemikalien

Das Projekt VERENA reiht sich in eine lange Reihe von Projekten zum Thema Vergasung von Festbrennstoffen zur Polygeneration von Strom und Chemikalien ein. War der Inhalt in den Vorgängerprojekten HotVeGas I bis III noch sehr dominiert von der Entwicklung effizienter IGCC-Kraftwerke für die Nutzung heimischer Braunkohle, hat VERENA den Fokus insbesondere auf die energetisch sinnvolle Verwertung von Reststoffen, wie beispielsweise Klärschlamm und Kunststoffabfällen.

Ziel des aktuellen Vorhabens ist es einerseits, grundlegendes Verständnis über das Umsatzverhalten dieser alternativen Brennstoffe zu sammeln und andererseits, deren Nutzung im Pilotmaßstab zu demonstrieren. Hierzu werden gleich mehrere Anlagen am Lehrstuhl für Energiesysteme herangezogen: Die wohl größte Anlage an unserem Lehrstuhl ist der PiTER (Pressurized high Temperature Entrained Flow Reaktor). Dieser über fünf Stockwerke ragende, elektrisch beheizte Rohrreaktor erlaubt Flugstromversuche bis zu 1800 °C und einem Druck von 50 bar. Das interessante: Trotz seiner Größe wird dieser Reaktor für die grundlegenden Versuche benötigt. Versuche im Pilotmaßstab werden im BOOSTER durchgeführt. Der Betrieb der Anlagen und die damit verbundene Forschung werden vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klima mit einem Budget von ca. 2 Mio. € gefördert.



PiTER (Pressurized High Temperature Entrained Flow Reaktor)

Energy Valley Bavaria – Flexible Kraftwerke

Als Teil des Projekts „Energy Valley Bavaria – Flexible Kraftwerke“ werden am LES Möglichkeiten zur Flexibilisierung konventioneller Kraftwerke untersucht. Durch die verstärkte Integration erneuerbarer Energien in das bayerische, deutsche und europäische Stromsystem wird sich die Dynamik der von konventionellen Kraftwerken zu deckenden Lastprofile deutlich erhöhen. Mit Hilfe der Hochdruck-Verdampferstrecke HiPER werden am LES definierte Betriebspunkte, Anfahrvorgänge, und Laständerungen verschiedenster Anlagentypen realitätsnah abgebildet werden.



HiPER (High Pressure Evaporation Rig)

Durch die entsprechende Messtechnik für Druck, Temperatur und Dampfgehalt können die lokal vorliegenden Strömungsformen, die lokalen Temperaturprofile und damit die lokalen Wärmeübergangskoeffizienten bestimmt werden. Gleichzeitig werden CFD Modelle entwickelt, die durch die Experimente mit der geplanten Versuchsstrecke unterstützt und validiert werden. Das auf diese Weise erlangte Tiefenverständnis für die Vorgänge in Hochdruckverdampfern soll zur Verbesserung der Flexibilität konventioneller Kraftwerke beitragen. Darüber hinaus stehen am LES dynamische Prozesssimulationen konventioneller Kraftwerke im Fokus. Mit der dynamischen Simulation lassen sich bestehende Kraftwerke inklusive ihrer Leittechnik darstellen, sodass das dynamische Verhalten realer Anlagen untersucht werden kann. Ziel der Arbeiten ist eine detaillierte Darstellung des dynamischen Verhaltens eines Kraftwerksblockes in einem Kraftwerkssimulator und die Nutzung dieses Simulators zur Entwicklung von Maßnahmen zur Erhöhung der Regelgüte und Fähigkeit zur Regelleistungsbereitstellung insbesondere im Teillastbereich.

TWIST – Thermochemische Hochtemperatur-Energiespeicher

Im Zuge der Energiewende werden thermische Speicher künftig stark an Bedeutung gewinnen. Im Vorgänger-Projekt „TcET“ wurde am LES ein Hochtemperatur- Wärmespeichersystem entwickelt, welches auf den thermochemischen Paaren $\text{CaO}/\text{Ca}(\text{OH})_2$ bzw. $\text{MgO}/\text{Mg}(\text{OH})_2$ basiert. Um einen guten Stoff- und Wärmeübergang zu gewährleisten, wurde die Reaktion im Wirbelschichtverfahren implementiert. Bei der Auslegung und technischen Umsetzung konnten bereits entscheidende Fortschritte erzielt werden, an die das Projekt „TWIST“ nun anknüpft. Das wesentliche Ziel von TWIST ist es, die untersuchte thermochemische Speichertechnologie vom Technikums- zum Pilot-Maßstab weiterzuentwickeln. Mittels Modellentwicklung und Prozessrechnungen sollen zudem bisher ungenutzte Energieeffizienz- und Flexibilitätspotentiale in der Industrie identifiziert werden, die sich durch den Einsatz von Wärmespeichern erschließen lassen.



Forschungsreaktor

BioCORE/Reverion – Von der Forschung zum Startup

Neben der universitären Lehre und Forschung treibt der LES auch aktiv die Kommerzialisierung innovativer Energiesystemtechnik voran. Mit unter anderem den Angeboten des UnternehmertUM Gründerzentrums und der EXIST Gründungsförderung bieten sich vielfältige Möglichkeiten, neue Technologien im Rahmen einer Ausgründung in den Markt zu bringen. Ein aktuelles Beispiel am LES ist die Gründung des Startups Reverion auf Basis der Forschungsarbeiten des BioCORE Projekts. Ziel der entwickelten Technologie ist eine bessere Nutzung existierender Biogasquellen mittels

flexibler Brennstoffzellensysteme. Dabei kommen statt konventioneller Blockheizkraftwerke innovative Festoxidbrennstoffzellen zum Einsatz, welche sich durch eine vergleichsweise hohe Effizienz auszeichnen. Durch ein neuartiges Systemdesign wird der Wirkungsgrad des Brennstoffzellensystems im Vergleich zum Stand der Technik deutlich gesteigert ($\eta_{\text{elektrisch}} \geq 80\%$) und zugleich ein reversibler Betrieb ermöglicht. Hiermit können zeitweise anfallende Erzeugungserüberschüsse aus Windkraftanlagen und Photovoltaik per Elektrolyse in synthetisches Methan überführt und in das Erdgasnetz eingespeist werden. Auf diese Weise fungiert das System sowohl als Stromproduzent als auch als Speicher für schlecht regelbare erneuerbare Energien in Abhängigkeit der jeweiligen aktuellen Marktlage. Reverions Technologie ist damit ein vielversprechender Baustein eines zukünftigen nachhaltigen Energiesystems. Dies hat auch die Öffentlichkeit bereits erkannt: Reverion ist einer der Gewinner des von Elon Musk geförderten \$100M XPRIZE CARBON REMOVAL Wettbewerbs und wurde als Startup des Monats Mai 2022 des International Sustainable Chemistry Collaborative Centre ausgewählt. Für ihr erstes Geschäftsjahr hat sich Reverion auch darüber hinaus viel vorgenommen: Die Mitarbeitendenzahl soll von 5 auf 15+ erhöht und die Technologie zur Kommerzialisierungsreife gebracht werden.



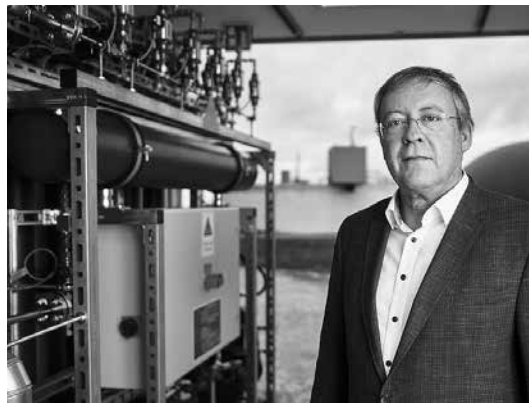
BioCore Container



ENERGIE – ABER WIE?

Von Energiewende, Strompreisen und bösen Energieträgern

Professor Hartmut Spliethoff begrüßt uns in einem Besprechungsraum in seinem Lehrstuhl. Eine willkommene Abwechslung zur sonstigen Arbeit sei das Interview, so der Professor, zumal es Freitagnachmittag und gefühlt 30°C heiß ist. Professor Spliethoff ist schon seit 2004 Leiter des Lehrstuhls für Energiesysteme, den wir in dieser Ausgabe vorstellen. Wir steigen schnell in das Gespräch ein, das sich um den Werdegang des Professors, die heutigen Herausforderungen im Energiesektor und die aktuelle Forschung des Lehrstuhls dreht.



Andreas Blum



Tobias Dormuth



Paul Bachmann

Reisswolf: Warum haben Sie sich für den Lehrstuhl Energiesysteme oder allgemein für das Fach Energiesysteme entschieden? Lagen Ihre Interessen schon immer bei den regenerativen Energiesystemen?

Prof. Hartmut Spliethoff: Das hat sich durch mein Elternhaus so ergeben. Mein Vater war auch als Ingenieur im Kraftwerksbereich tätig. Da waren vielfältige Kompetenzen aus verschiedenen Richtungen wie Verbrennung, Wärmeübertragung, Dampferzeugung, Umweltschutz, Strömungsturbinen, Regelung etc. gefragt. Man kann eine Anlage planen, im Betrieb untersuchen und optimieren. Das hat mich interessiert und deshalb habe ich auch das Studium Maschinenbau mit der Ausrichtung auf Energie- und Kraftwerkstechnik eingeschlagen. Nach meiner Promotion war ich weiter in der Forschung als Oberingenieur an der Universität Stuttgart tätig. Dort konnte ich so richtig schön gestalten und am Projekte initiieren. Das sehe ich als einen wesentlichen Unterschied zur Industrie. Wir waren dort sehr erfolgreich in der Akquise von europäischen Projekten, bei denen man mit anderen Forschungseinrichtungen und Firmen zusammenarbeiten, von anderen lernen und gemeinsam ein Ziel

verfolgen konnte. Diese EU-Projekte haben einfach Spaß gemacht. Ich habe mich immer für das entschieden, was mir Spaß machte und das hat eigentlich meinen Lebensweg geprägt. Ich habe mir früher immer die Karriereberatung in den VDI-Nachrichten angeschaut. Karriereberatung – oje oje... was man nicht alles tun sollte, um Karriere zu machen. Das habe ich meist nicht erfüllt. Ich habe das gemacht, was mir Spaß macht und das hat sich so weiterentwickelt. Dann kam die Überlegung, wie ich diese Tätigkeit weiterführen kann. Da habe ich mich nach Professuren umgeschaut und mich unter anderem in den Niederlanden beworben und wurde dort berufen. Das hat auch Spaß gemacht, in einem fremden Land mit einer anderen Mentalität zu forschen, aber es war auch eine Herausforderung für mich und die ganze Familie.

Sie waren in den Niederlanden?

Ja, an der TU Delft. Delft ist ja eine kleine Stadt aber hat eine große Universität. Die niederländische Mentalität unterscheidet sich sehr von der Deutschen. Wenn man als Deutscher denkt, man ginge zielstrebig vor, dann ist das in den Niederlanden ein Weg voller Hindernisse. Umgekehrt wird das wohl auch so sein.



Da war ich fünf Jahre tätig und habe selbstverständlich auch die Sprache gelernt. Ich kann immer noch ein bisschen Niederländisch und unsere Kinder sprechen es perfekt ohne deutschen Akzent. Es war aber schon klar, dass ich zurückgehen wollte und dann hat sich hier an der TUM eine für mich passende Gelegenheit geboten. Die Kompetenzen Energiesysteme, Wärme, Thermodynamik und Kraftwerksprozesse waren gefragt. Erneuerbare Energien wie Biomasse, Abfall, Geothermie oder Solarthermie waren schon immer Bestandteil meiner Forschung, aber auch die fossilen Energieträger und die konventionelle Kraftwerkstechnik einschließlich der Techniken zur CO₂-Abscheidung.

Was hat sich in dem Bereich seitdem verändert?

Vor 20 Jahren war man von der Vorstellung einer vollständig erneuerbaren Energieversorgung noch weiter entfernt. Aber die Technologien der Erneuerbaren wie solarthermische Kraftwerke waren damals auch schon Thema. Solarthermischer Strom hat sich damals auch deswegen nicht durchgesetzt, weil er im Vergleich zur fossilen Stromerzeugung zu teuer war. Aber das gilt auch heute noch für fast alle Erneuerbaren. Wir werden für eine erneuerbare Energieversorgung einen höheren Preis zahlen müssen als

für die fossile Versorgung in der Vergangenheit. Ich glaube, dass die Bereitschaft hierfür heute eher vorhanden ist, weil es keine Alternative zur Abkehr von fossilen Energieträgern gibt.

Ich halte es aber mittelfristig für sinnvoll, noch einen geringen Anteil fossiler Energie zu nutzen, da die Gesamtkosten des Systems überproportional steigen, wenn wir die 100% erreichen wollen. Das ist insbesondere dann sinnvoll, wenn der Anteil an erneuerbaren Energien in den Nachbarländern noch deutlich niedriger als in Deutschland ist.

Ich sage auch oft gegenüber Studierenden, dass es wichtig ist, dass wir Kompetenzen als Handwerkszeug vermitteln. Es ist nicht unsere Aufgabe, Energieträger oder Technologien vorzuschreiben, sondern wir wollen Tools bereitstellen, um Dinge weiterzuentwickeln und das ist die Aufgabe eines Ingenieurs. Letztendlich bestimmt die Gesellschaft, welche Technologien akzeptiert und genutzt werden. Das lustige ist, mein Lehrstuhl heißt Lehrstuhl für Energiesysteme, neuere Lehrstühle in Deutschland heißen erneuerbare oder nachhaltige Energiesysteme. Das bedeutet aber nicht, dass ich jetzt nur die „bösen“ Energieträger abdecke, sondern wir decken alle ab, aber der Schwerpunkt liegt heute eher bei den Erneuerbaren. Tools, die wir für konventionelle Technologien ent-



wickelt hatten, lassen sich auch für die Entwicklung von Erneuerbaren, Speichern oder Abwärmenutzung einsetzen.

Oft erkenne ich die Neigung, sich auf eine Lösung festzulegen, aber ich bin der Meinung, dass man abwägen muss und offen sein sollte für verschiedene Technologien. Ziel ist die Versorgung eines gesamten Systems und die Herausforderung der Zukunft besteht darin, wie wir eine nachhaltige Energieversorgung am besten erreichen. Aktuell und eher kurzfristig stellt sich die Frage, ob wir weiter Erdgas aus Russland beziehen, ob wir dies kurzfristig ersetzen können oder ob wir auf Energiedienstleistungen verzichten können oder müssen. Die Antwort ist nicht einfach. Über Verzicht zu entscheiden ist aber nicht die Aufgabe des Ingenieurwesens. Die Aufgabe ist es, Lösungen und Technologien zur Erreichung des Zieles zu entwickeln.

Was war denn das spannendste Projekt, an dem Sie bisher gearbeitet haben und an welchen Projekten arbeiten Sie aktuell?

Oh spannend... wir hatten mal einen Antrag gemeinsam mit dem Lehrstuhl für Raumfahrttechnik zur Untersuchung von Mondgestein in einer Wirbelschicht unter Gravitationsbedingungen auf dem Mond gestellt, aber der ist leider nicht durchgekommen. Am schönsten fand ich immer die EU-Projekte aufgrund der Kooperation mit internationalen Partnern. Was gerade spannend ist, sind die Wasserstoff-Themen. Hier versuchen wir die Aktivitäten an der TUM in dem Netzwerk „TUM Hydrogen and „Power-to-X“ zu bündeln.

Eine gewisse Herausstellung hat derzeit die Entwicklung und Untersuchung einer reversiblen Brennstoffzelle. Wir sind schon lange auf dem Gebiet der Hochtemperaturbrennstoffzellen tätig und ein sehr erfinderischer Oberingenieur am Lehrstuhl, hat hierfür ein Konzept entwickelt. Dabei soll mit einem hohen Wirkungsgrad aus Biogas Strom erzeugt werden. Die Zelle kann aber auch umgekehrt betrieben werden, um aus Strom Biogas zu machen und das ebenfalls mit hohem Wirkungsgrad. Das Konzept verschaltet die Prozessschritte elektrochemische Zelle, Methanisierung und CO₂-Abscheidung. Das alles führt auf dem Papier zu einem Wirkungsgrad in eine Richtung von je-

weils rund 80 %, was deutlich über dem Stand der Technik liegt. Üblich sind heute maximal etwa 60%. Der Vorteil der reversiblen Brennstoffzelle als Speichertechnologie liegt darin, dass man einen chemischen Energieträger mit hoher Energiedichte speichert. In einem Innovationsprojekt des Bundesministeriums für Bildung und Forschung konnte die Machbarkeit des Konzepts belegt werden, mittlerweile hat eine Ausgründung stattgefunden. Ich bin gespannt wie das läuft.

Es geht um das Projekt BioCORE, richtig? (siehe Lehrstuhlvorstellung ab S. 10)

Das Projekt hieß BioCORE, die Ausgründung trägt den Namen Reverion. Insgesamt sind wir relativ breit aufgestellt. Neben Wasserstoff-Themen arbeiten wir auch an flexiblen Kraftwerkstechnologien, der Wärmenutzung, Wärmespeichern, der Energiesystemoptimierung und im Bereich Biomasse und Abfall sind wir schon lange tätig. Aber ich würde BioCORE herausstellen, weil das mit der Ausgründung auf dem direkten Weg in die Anwendung ist. Ein technisches Risiko ist natürlich dabei, aber wenn das klappt, wäre das schon ein großer Erfolg.

Meinen Sie mit technischem Risiko, dass es sich nicht im großen Maßstab umsetzen lässt oder gibt es andere Gründe?

Es ist ein Startup. Da gibt es viele Risiken und das muss nicht immer nur die Technik sein. Es kann auch die Marktakzeptanz sein, es kann sein, dass eine andere Technologie mehr gefördert wird und dann gibt es auch technische Risiken. Reverion ist ja kein Hersteller der Zelltechnologien und bei Kooperationen mit anderen Firmen kann es auch Risiken geben. Sie wissen ja bei Startups kommt eines von 20 oder 30 durch und ich hoffe, dass Reverion dabei ist.

BioCORE scheint eine vielversprechende Technologie zu sein.

Ja, und das schöne dabei ist, dass Erfindungsgeist und Ingenieurskunst eine große Rolle bei diesem Projekt spielen. Da sieht man wirklich, wie Ideenreichtum und Ingenieurswerkzeug dazu beiträgt, so etwas zu entwickeln. So schöne Beispiele findet man in dieser Form selten.



Denken wir einmal ein bisschen größer und stellen uns vor, es gäbe keine politischen oder finanziellen Grenzen. Wie könnte Deutschland dann den Sprung von „bösen“ Energieträgern zu den „guten“ schaffen?

Keine politischen oder finanziellen Grenzen, also das kann ich mir kaum vorstellen. Ich sehe eigentlich gerade, dass die Zukunft gewisser Grenzen bedarf. Damit meine ich, dass der Preis ansteigen und stabil sein sollte, damit man überhaupt gewisse Ziele erreichen kann. Gerade ist eine Zeit, die für die Energieforschung sehr günstig ist, der Anstieg von Strompreisen und von Gaspreisen ist per se für die Energieforschung nicht schlecht. Das schafft Optionen, da viele Technologien nun wettbewerbsfähiger werden und ermöglicht die Umsetzung einer Energieversorgung, die teurer sein wird als in der Vergangenheit. Die Erneuerbaren werden dann aber den Preis stabilisieren.

Ein System ohne Grenzen wäre aber eigentlich sehr einfach. Es gibt ja schon lange diese Desertec-Idee – und zwar nicht erst seit 10 oder 15 Jahren, sondern schon seit 50 Jahren. Dabei erzeugt man solaren Wüstenstrom und transportiert ihn entweder direkt oder in Form eines chemischen Energieträgers weiter. Dann wäre das System sehr einfach. Oft wird in Grafiken gezeigt, dass es nur eine kleine Fläche für die solare Energiegewinnung benötigt, um die gesamte Welt mit Strom zu versorgen. Technisch ist das gar kein Problem. Das ist zwar etwas teurer, aber die Grenzen lassen wir ja weg. Aber ich glaube, so einfach wird die Lösung nicht aussehen.

Das zukünftige System wird aus unterschiedlichen Technologien zusammengesetzt sein. Auch sollten wir uns nicht nur auf die Energieerzeugung in Nordafrika oder dem Nahen Osten verlassen, um nicht in neue Abhängigkeiten zu geraten.

Ich finde der Ausbau der Windenergie und Photovoltaik in Deutschland muss vorangerieben werden.

Gibt es Forschung dazu, wie man dieses Ziel erreichen kann?

Wir haben vor etwa einem Jahr die Studie „100 % erneuerbare Energieversorgung für Bayern“ durchgeführt. Bei solchen Studien sind natürlich die Ziele immer gegeben. Das heißt, nicht das Ergebnis, sondern das Ziel heißt 100 % Erneuerbare. Unsere Aufgabe war es, zu berechnen, was wir dafür benötigen. Wir haben die Studie im Auftrag des Bund Naturschutz durchgeführt, was für uns eine neue Erfahrung war. Man hat schon ein

bisschen Angst, dass man dabei vereinnahmt wird, aber die Aussagen, die wir

gefunden haben, sind vollkommen richtig. Wir müssen massiv Windenergie und Photovoltaik in Bayern ausbauen. Ob es letztendlich eine autarke Erzeugung wird, das glaube ich nicht. Autarkie ist teuer. Größere Systeme kann man besser optimieren.

„Wir müssen massiv Windenergie und Photovoltaik in Bayern ausbauen.“



Wir haben wenig Resonanz von der Politik bekommen obwohl wir Kontakte zu Ministerien haben. Trotzdem haben wir keine Kritik an der Studie gehört, was positiv ist und mittlerweile muss man ja sagen, dass selbst die



Politik in Bayern ein bisschen umgeschwenkt hat und nicht mehr kategorisch gegen Windkraftanlagen ist. Bayern war ja schon immer ein besonderer Fall mit der Stromversorgung. Anstatt den Strom selbst zu erzeugen oder zu transportieren, sollte die Stromleitung wohl am besten eine Ringleitung um Bayern herum sein, die Bayern durch Sticleitungen mit erneuerbarem Strom versorgt (lacht).

Aber die politische Veränderung ist ja jetzt auch in sehr kurzer Zeit entstanden.

Man muss sehen, dass den Worten auch Taten folgen. Da bin ich noch ein bisschen skeptisch. Aber die Umsetzung braucht eben ihre Zeit. Ich hatte in letzter Zeit auch einige Anfragen, was man denn tun könne, um Gas zu ersetzen. Aber kurzfristig kann man kaum etwas umsetzen. Oft werden wir gefragt, ob Geothermie einen Beitrag dazu leisten kann. Aber auch Geothermie kann kurzfristig keinen höheren Beitrag leisten. Alles muss geplant sein und benötigt Vorlauf. Es gibt wenige Sachen, die man innerhalb von ein paar Monaten realisieren kann. Was wir realisieren können, sind meist Maßnahmen, die nicht in die richtige Richtung gehen, verstärkter Einsatz von Kohleenergie und Kernenergie, aber da trauen sich die Politiker nicht.

Ich bin eigentlich für die Nutzung von Kernenergie.

Ich bin kein Verfechter einer langfristigen Nutzung, weil sie zu teuer und in Deutschland kaum konsensfähig ist. Aber fast alle unsere Nachbarn nutzen noch die Kernenergie. Warum steigen wir aus? Warum schalten wir erst die Kraftwerke ab und suchen erst dann nach Alternativen? Das ist unverständlich und die energiepolitischen Entscheidungen der letzten Jahre haben nichts mit einem gesunden Menschenverstand zu tun. Der Ausstieg aus der Kernenergie ist nicht nachzuvollziehen.

Aktuell gibt es Diskussionen um die Option, Kernkraftwerke wieder hochzufahren, wenn Gas knapp wird. Viele sind aber der Meinung, dass das gar keinen Sinn ergibt.

Sicherlich ergibt das Sinn. Wieso sollte das keinen Sinn ergeben? Es sind ja noch drei

Anlagen mit 4000 MW in Betrieb und diese werden Ende 2022 abgeschaltet. Ende 2021 wurden auch schon 4000 MW abgeschaltet. Wodurch wird diese Kernenergie denn ersetzt? Vor eineinhalb oder einem Jahr war der Plan, das Energiedefizit mit Gas zu ersetzen. Aber eine Gasverstromung erhöht den Gasverbrauch. Man müsste jetzt eigentlich den Druck aus dem System herausnehmen und die Kernkraftwerke weiterlaufen lassen. Das ist nicht trivial, es benötigt Vorlauf, Genehmigungen müssen vorliegen und geschultes Personal muss verfügbar sein. Die Belegschaft ist aber nur für ein Kernkraftwerk geschult und kann nicht einfach ein anderes betreiben. Weiterhin werden frische Brennstoffelemente benötigt, da ein Weiterbetrieb ja nicht geplant war. Das würde man mit Vorlauf aber alles noch hinbekommen. Wissen Sie aber woher die Brennstoffelemente bisher überwiegend bezogen wurden?

Aus Russland?

Aus Russland, ja. Also gut, die kann man noch wo anders fertigen lassen, aber das braucht auch wieder ein halbes Jahr bis ein Jahr Vorlauf. Das heißt all das sind Entscheidungen,

die nicht von heute auf morgen umzusetzen sind. Auch die Wiederinbetriebnahme von stillgelegten Kohlekraftwerken benötigt

Zeit. Eines der modernsten Kraftwerke, das Kraftwerk Moorburg in Hamburg mit zweimal 800 MW elektrisch und einem Wirkungsgrad von 44-45 % wurde außer Betrieb genommen. Der Kraftwerksbetreiber hatte aufgrund der schwierigen wirtschaftlichen Lage am Strommarkt und der Akzeptanz von Kohle die Stilllegung auf einer Auktion ersteigert. Auch dieses Kraftwerk kann man nicht von heute auf morgen wieder in Betrieb nehmen. Da wurde Technik abgebaut. Das heißt, auch hier braucht die Instandsetzung Vorlauf und man sollte doch die Kraftwerke einsetzen, die am neuesten sind und nicht die, die am ältesten sind und den schlechtesten Wirkungsgrad aufweisen. Auch aus CO₂-Gründen.

Aber die Grünen – und das verstehe ich eben nicht – wollen das Thema Atomenergie

„Alles muss geplant sein und benötigt Vorlauf. Es gibt wenige Sachen, die man innerhalb von ein paar Monaten realisieren kann.“



nicht mehr aufgreifen und die Betreiberfirmen scheinen einen Konsens gefunden zu haben, das Thema nicht mehr anzufassen.

Der Plan war ursprünglich, die Kernkraft durch Gas zu ersetzen. Ist es nicht realistisch, sie stattdessen nun durch erneuerbare Energien zu ersetzen?

Ja, aber das machen wir doch ohnehin. Wir haben im Strom einen Anteil von über 40 % erneuerbare Energien. Das muss weiter ausgebaut werden. Wir hinken sowieso hinterher mit dem Ausbauplan. Und wir müssen auch bedenken, dass wir auch die anderen Sektoren, Mobilität und Wärme, versorgen müssen.

Das heißt man sollte den Druck aus dem Sektor herausnehmen, indem man zum Beispiel die Atomkraftwerke weiterlaufen lässt?

Das Problem mit dem russischen Erdgas ist ja eine kurzfristige Sache. Das wird man nicht durch den Zubau von Erneuerbaren lösen können. Also muss man alles tun, damit die Genehmigung einfacher wird und ich finde, die Grünen machen da eine gute Politik. Aber Windräder sind auch nicht innerhalb von ein paar Monaten installiert. Aber das ist oft die Erwartung. Eine große Lenkungswirkung besitzt der Energiepreis. Es muss die Bereitschaft da sein, dass Energie teurer wird.

Vor mehr als zwanzig Jahren hatten die Grünen einen enorm hohen Benzinpreis von 5 DM gefordert und deshalb die Wahlen verloren. Das war eine richtige Aussage, nur darf man es den Leuten nicht sagen, denn sie wollen das nicht. Aber das ist schon der richtige Schritt.

Sollte man die Leute und Unternehmen auch mehr dazu bewegen, ihren Energieverbrauch zu reduzieren? Es gibt Studien, die voraussagen, dass der Energieverbrauch in den nächsten Jahren eventuell sinken wird. Was halten Sie von der Annahme?

Ich glaube schon, ja. Der Energieverbrauch insgesamt muss sinken und wird sinken. Corona hat uns das Homeoffice beschert, dadurch können wir Wege und Ener-

gie einsparen. Im Gebäudebereich kann man technisch einfach durch gute Wärmedämmung den Verbrauch reduzieren. Das einzige was ich nicht glaube, ist, dass im Stromsektor der Energiebedarf sinkt, denn es kommen neue Verbraucher hinzu wie Elektrofahrzeuge. E-Mobilität ist effizient, und zwar deutlich effizienter als der Einsatz von Wasserstoff in der Mobilität. Es kommen noch Wärmepumpen für Gebäude hinzu, sowie der wachsende Informationssektor, Computer, Rechenzentren. Auch das Leibniz-Rechenzentrum am Campus Garching wird immer weiter ausgebaut werden. Insgesamt kann der Stromverbrauch also gar nicht zurückgehen.

Am Anfang ihrer Vorlesung „Regenerative Energiesysteme I“ war eine Grafik aus dem IPCC-Bericht zu sehen, die zeigte, dass im Jahr 2050 80% des Strombedarfs aus Erneuerbaren stammen sollen.

Im zeitlichen Verlauf dieser Grafik ist der Strombedarf auch stark gesunken und das war so eine Sache, die nicht wirklich plausibel erscheint.

Das ist richtig, ein Rückgang des Stromverbrauchs ist nicht plausibel. Das sind keine Vorhersagen. Das versuche ich auch in der Vorlesung zu vermitteln. Das sind keine Prognosen, dass es so sein wird, sondern Berechnungen, dass es 2050 so aussehen kann, wenn bestimmte Dinge umgesetzt werden.

Das ist auch das Problem bei unserer Studie „100 % Erneuerbare für Bayern“. Man kann die einfache Schlussfolgerung daraus ziehen, dass 100 % Erneuerbare möglich sind. Die eigentliche Aussage der Studie ist aber: Man muss sich anstrengen, um 100 % Erneuerbare zu erreichen. Man muss unter anderem die Windkraftleistung verzehnfachen, um das Ziel 100 % Erneuerbare in Bayern zu erreichen. Dass der Stromverbrauch nicht zurückgehen wird, ist mittlerweile in der Politik angekommen, aber in den offiziellen Zielen der Bundesregierung steht immer noch, dass der Stromverbrauch abnehmen wird. Die Politikerinnen und Politiker selbst sind mittlerweile so realitätsnah, dass sie nicht mehr davon ausgehen, dass der Stromverbrauch abnehmen wird.

„Der Energieverbrauch insgesamt muss sinken und wird sinken.“



Gibt es irgendwelche Technologien, die vielversprechend sind, um nicht nur den Stromverbrauch, sondern auch den Energieverbrauch in anderen Bereichen zu senken? Wärmepumpen sind mit ihrer hohen Effizienz zum Beispiel eine Lösung. Was gibt es da noch und wird in der Richtung aktuell geforscht?

Da muss man die diversen Anwendungsbereiche differenzieren. Die grundlegenden, neuen Erfindungen, die alles revolutionieren, sehe ich nicht. Es gibt die Gesetze der Thermodynamik. Wärme selbst ist nur ein Verlust, wenn Sie heizen. Die Verluste im Gebäudebereich kann man durch Dämmung reduzieren und Wärmepumpen sind die Technologie für die Zukunft, aber prinzipiell nichts Neues. Ihr Anreiz besteht darin, dass sie mit Strom gespeist werden können, aber die Kosten müssen noch sinken. Bei der Stromerzeugung sind es die Erneuerbaren, die die Maßstäbe vorgeben. Also Photovoltaik und Wind, aber es kommen noch Wasser, Biomasse, Abfall und die Geothermie hinzu. Photovoltaik hat eine phänomenale Entwicklung durchlaufen und das schon seit vielen Jahren. Sie muss weiter ausgebaut werden. Mit Erdwärme könnten wir noch mehr erreichen. Wir haben vor Jahren die Geothermieallianz Bayern initiiert. Der Fokus liegt derzeit auf der hydrothermalen Geothermie, also auf der wasser-

„Man muss sich anstrengen, um 100 % Erneuerbare zu erreichen.“

gebundenen Erdwärme. Wenn man nicht nur hydrothermale, sondern auch petrothermale Nutzung zulässt, d.h. die Wärme im Gestein erschließt, dann wäre das Potential auch viel größer. Es gibt noch viele Möglichkeiten.

Was würden Sie Kommunen empfehlen, was umgesetzt werden sollte? Oft gibt es dort kein Konzept, wie man auf kommunaler Ebene auf erneuerbare Energien umsteigen kann.

Erstmal gilt die Regel, mit Wind und Photovoltaik all das umzusetzen, was möglich ist. Das trägt zum Gesamtsystem bei. Ländliche Kommunen haben es einfacher. Dort sind mehr Flächen für Wind und Photovoltaik vorhanden und die können auch Biomasse nutzen. Ich aber bin ein Gegner der Optimierung von ganz kleinen Bilanzräumen. Man sollte das stattdessen in einem größeren Raum durchführen. Je größer das System ist, desto einfacher ist es auch, das Optimum zu erreichen.

Die Optimierung steht manchmal im Gegensatz zur Realität. Eine Aussage der Studie „100 % Erneuerbare für Bayern“ war, dass es sinnvoll wäre, Biomasse für hochwertige Energieanwendungen einzusetzen, das heißt Strom mit Kraft-Wärme-Kopplung oder auch Hochtemperaturindustriewärme. Das steht im Widerspruch zu der derzeitigen Nutzung. Die derzeitige Nutzung ist die Verbrennung in kleinen Anlagen, etwa beim Nachbarn zur Wärmeerzeugung. Das ist natürlich aus der Gesamtsicht ein Frevel. Aber wie kommt man zu diesem Gesamtsystem? Ich glaube, da liegt noch viel Arbeit vor uns. Man kann es ja dem Nachbarn, auch wenn ich es manchmal gerne machen würde (lacht), nicht verbieten, seinen Biomassekessel zur Vergasung statt zur Verbrennung zu nutzen. Wenn diese Anlagen nicht sachgemäß betrieben werden, ist das dann eher eine Vergasung als eine vollständige Verbrennung und das führt zu ho-



hen Emissionen. Das riecht man dann leider auch. In München ist es verboten, Feststoffe zu verbrennen. Außerhalb darf man Biomasse verbrennen, obwohl es nicht immer umweltfreundlich ist.

Auch Abwärme könnte man noch stärker nutzen. In der Optimierung des Gesamtsystems liegt noch die Hauptarbeit. Das wird die Herausforderung der nächsten Jahre sein. Wie kann man Flauten überbrücken? Ist es noch akzeptabel, für zwei Wochen auf einen fossilen Energieträger zurückzugreifen? Ist das nicht vielleicht doch kostengünstiger? Ich glaube da gibt es noch viele Herausforderungen. Das ist zurzeit recht spannend. Aber zuerst müssen wir überall unsere Hausaufgaben machen. Auch an der Universität hier müssen wir mehr Photovoltaik installieren.

Wir haben hier eigentlich viel Platz auf den Dächern.

Ja, das haben wir hier auch schon seit ein paar Jahren vorgeschlagen. Wir haben das Projekt „CleanTechCampus“ initiiert, eine Kooperation mehrerer Lehrstühle, bei der wir die Möglichkeiten der zukünftigen Energieversorgung für den Campus untersucht und modelliert haben. Es ist gerade ein weiteres Projekt hierzu angelaufen. Wir haben insbesondere mit Professor Hamacher eine gute, enge Kooperation. Wir entwickeln ständig Vorschläge und haben diese auch schon eingespeist. Es gibt wirklich Lösungen, die wären einfach und wirtschaftlich umzusetzen, wie Photovoltaik. Der Strom könnte direkt genutzt werden, weil wir täglich eine hohe Grundlast haben. Die Beschaffungskosten von aus Photovoltaik generiertem Strom belaufen sich auf etwa 5-6 Cent. Wenn man den Strom bezieht, kostet er zwischen 20 und 30 Cent. Das ist nicht verständlich, warum das nicht gemacht wird.

Das Fraunhofer-Institut forscht aktuell an Photovoltaik-Folien für Fensterscheiben. Wäre das auch eine Idee, vor allem für den städtischen Bereich?

Sie müssen überlegen, dass viele Kosten mit der Anbindung des Systems verbunden sind. Man könnte eigentlich alle Wände damit zapflastern oder es beim Bau in Fenstern oder Dachziegeln integrieren. Das ist zwar nicht unser Forschungsbereich, aber da passiert viel. Aufwendig ist dann die Anbindung an das Netz mittels Regelung und Umrichter. So etwas nachträglich zu installieren ist immer schwierig. Ich betreibe zu Hause eine Photovoltaik-Anlage, die unterliegt einer 70%-Regelung. Das heißt, sie darf maximal

70% ihrer Nennlast erzeugen, bis sie abgeregelt wird. Das ist durchaus sinnvoll, um Spitzen im Netz zu vermeiden.

Ich habe überlegt,

diese abgeschnittene Spitze selbst zum Beispiel zur Wärmeerzeugung zu nutzen. Aber wenn Sie ausrechnen, was das System kosten darf, dann wird es leider traurig. Sie können

„Wir müssen überall unsere Hausaufgaben machen. Auch an der Universität hier müssen wir mehr Photovoltaik installieren.“



Eine der Photovoltaikanlagen auf dem MW-Gebäude. Der größte Teil der Dachfläche ist jedoch ungenutzt.

aus der abgeregelten Strommenge und der Preisdifferenz zwischen Bezugspreis und Einspeisevergütung ausrechnen, was das System kosten darf und dann bleiben nur ein paar Euro zur Verfügung. Im Bestand ist das



schwierig, aber bei neuen Anlagen muss man das einführen. Aus diesem Grund ist die Umsetzung nicht besonders schnell. Das System umzustellen kostet Zeit.

Kann man auch Kohle- oder Gaskraftwerke umzurüsten, damit sie einen niedrigeren CO₂-Ausstoß haben?

Bei Gaskraftwerken ist es so, dass man in Richtung Wasserstoff oder SNG (Synthetic Natural Gas) denken kann. Wasserstoff kann man über die Elektrolyse aus Erneuerbaren erzeugen. Man wird auch in Zukunft auf chemische Energiespeicher wie Wasserstoff oder was daraus folgt, etwa synthetisches Erdgas oder Kraftstoffe zurückgreifen. Diese werden dann rückverstromt. Bei den Kohlekraftwerken hat man einen festen Brennstoff und naheliegend wäre daher die Verwendung von Biomasse in den Kraftwerken. Das wird auch schon gemacht, Biomasse ist ja aktuell der bedeutendste erneuerbare Energieträger in Deutschland. Nur der Einsatz von Biomasse in großen Anlagen wird in Deutschland politisch nicht unterstützt, sondern die Förderung ist eher auf kleine Anlagen bis 20 MW ausgerichtet.

In anderen europäischen Ländern setzt man Biomasse auch in großen Kraftwerken ein, die einen deutlich höheren Wirkungsgrad aufweisen. Aber Biomasse ist nur begrenzt verfügbar und sollte deshalb nicht, wie es heute überwiegend geschieht, zur reinen Wärmeerzeugung, sondern für Kraft-Wärme-Kopplung oder Hochtemperatur-Anwendungen genutzt werden. Auch könnte man ausgediente Kohlekraftwerke zu Wärmespeicherkraftwerken umbauen und verschiedene Komponenten der Anlage nutzen. Aber dabei lassen sich nur Rückverstromungswirkungsgrade von ca. 40 % erreichen. Wenn man das Konzept von BioCORE betrachtet, ergibt sich hierbei rund 65 % Wirkungsgrad. Ein neues System bietet dementsprechend mehr Möglichkeiten.

Das ist allerdings erstmal mit höheren Kosten verbunden.

Das stimmt, aber eine Optimierung des Wirkungsgrads von 40 auf 65 % wird die Kosten rechtfertigen. Davon bin ich überzeugt.

Wenn ich mich richtig an die Vorlesung von Professor Karellas erinnere, war das Zufeuern von Biomasse zur Kohle in einem Kohlekraftwerk ein vielversprechender Ansatz zur Reduzierung von CO₂-Emissionen.

Genau, das macht man in anderen Ländern. Aber es ist wahrscheinlich nicht möglich alle vorhandenen Kohlekraftwerke mit Biomasse zu betreiben. Dafür reicht die Menge an Biomasse nicht aus. Aber der Einsatz von Biomasse in Kohlekraftwerken halte ich für sinnvoller als der Einsatz zur reinen Wärmeerzeugung. Es wäre ein kostengünstiger und schneller Beitrag zur Reduktion der CO₂-Emissionen. Langfristig betrachtet sollte Biomasse als Kohlenstoffträger zur Herstellung von Treibstoffen aus erneuerbarem Wasserstoff verwendet werden.

Wie würden Sie es rechtfertigen, dass man für Biomasse sehr viel Fläche braucht, um daraus Energie zu erzeugen? Der Wirkungsgrad einer Pflanze ist im Vergleich zur Sonneneinstrahlung pro Fläche nicht allzu hoch.

„Biomasse ist der derzeit der größte erneuerbare Energieträger und kann seinen Beitrag leisten, stellt aber definitiv nicht die alleinige Lösung dar.“

Das würde ich gar nicht rechtfertigen (lacht). Wir wissen ja, dass Photovoltaik einen höheren Wirkungsgrad hat als eine Pflanze. Das ist so. Aber Biomasse ist chemische Energie. Wenn wir irgendwo Biomasse im Überfluss haben, dann kann man diese auch nutzen. Wie gesagt, Biomasse ist der derzeit der größte erneuerbare Energieträger und kann seinen Beitrag leisten, stellt aber definitiv nicht die alleinige Lösung dar.

Es ist wohl generell schwierig, eine alleinige Lösung zu finden.

Genau! Es wird so sein, dass sich das zukünftige Energiesystem aus einer Vielfalt von Technologien zusammensetzt und komplexer werden wird.

Es gibt auch Ansätze, mit Hilfe von Filteranlagen CO₂ und Wasser aus der Luft zu gewinnen und damit synthetische Kraftstoffe herzustellen. Was halten Sie von dieser Idee?



Wir bei CleanTechCampus haben wir eine Initiative gestartet und versucht, die Forschung an der TUM auf dem Gebiet der Wasserstofferzeugung und der Herstellung von synthetischen Energieträgern mithilfe der Plattform „TUM Hydrogen and Power-to-X“ zusammenzubringen und gemeinsam in Projekten zu forschen. Derzeit bemühen wir uns um einen großen Antrag mit der Chemie-Region Burghausen, weil man dort vor der Herausforderung steht, die Region zukünftig mit Erneuerbaren zu versorgen. Man benötigt Wasserstoff, der durch Elektrolyse erzeugt wird und erneuerbaren Kohlenstoff. Nahe liegend dafür ist erstmal Biomasse, wenn es nachhaltig sein soll, weil der Kohlenstoff darin in einer hohen Konzentration vorliegt. Wenn Sie im Vergleich dazu die Luft betrachten, haben Sie nur eine niedrige CO₂-Konzentration. Das bedeutet, der Energieaufwand, den Kohlenstoff aus der Luft zu extrahieren, ist sehr hoch. Der Energieaufwand hängt vom Unterschied des Partialdrucks, also vom Ausgangsniveau bis hin zum Umgebungsdruck, ab. Diesen Energieaufwand müssen Sie mindestens hineinstecken. In der Realität ist es ein Vielfaches davon. Der Energieaufwand ist also sehr hoch und solange es andere Möglichkeiten mit einem geringeren Energieaufwand gibt, sollten diese bevorzugt werden.

Welche Möglichkeiten wären das?

Man kann eine autarke, ortsunabhängige Biomasseverbrennungsanlage betreiben und hat im Abgas eine hohe CO₂-Konzentration. Wenn man das nutzt, hätte man negative CO₂-Emissionen und einen weitaus geringeren Energieaufwand. Wenn man irgendwann erneuerbare Energie im Überfluss hat, sieht das Bild wieder anders aus und dann könnte das direkte Abscheiden von CO₂ aus der Luft mehr Sinn machen. Aber es ist sicherlich ein Baustein für die Zukunft, wenn man sich die Frage stellen wird, wo man den Kohlenstoff herbekommt.

Es ist immer wieder spannend, die verschiedenen Akteure für Plattformen wie „TUM Hydrogen and Power-to-X“ unter ein

Dach zusammenzubringen. Forschende und insbesondere Professoren sind auch nicht immer leicht unter einem Dach zu vereinen. Da nehme ich mich selbst nicht aus (lacht). Es kommen viele verschiedene Vorstellungen und Richtungen zusammen, aber ich glaube es hilft uns, unsere Kräfte zu bündeln, um so Dinge voranzubringen. Das ist das Schöne an der Forschung. Diese Kooperationen, das Zusammenbringen von Leuten und wenn man sieht, dass etwas vorangeht.



„Das zukünftige Energiesystem wird sich aus einer Vielfalt von Technologien zusammensetzen und komplexer werden.“

Sind bei diesen internationalen Kooperationen besonders Forschende und Professor*innen der westlichen Industrieländer vertreten oder finden sich dort auch Forschende etwa aus Asien oder Südamerika, die sich in diesem Themenbereich engagieren?

Internationale Kooperationen bedeutet für uns überwiegend Projekte, finanziert durch die Europäische Union. Das ist der Standard und dementsprechend wirken vor allem europäische Kollegen mit. Es gibt auch bei EU-Förderungen auch Möglichkeiten mit Forschenden außerhalb von Europa zu kooperieren. Diese müssen aber dann eigene Forschungsgelder in die Kooperation einbringen, von daher ist das nicht immer



ganz leicht. Es bildet sich trotzdem über die Jahre hinweg ein Netzwerk. Ich kenne Leute aus den USA sowie Australien oder Asien. Es kommen ja auch Doktorandinnen und Doktoranden nach München, aber ich fand es auch aufgrund der Mentalität immer schwieriger, mit Asien gemeinsame Themen zu entwickeln. Vor allem bei Industrieprojekten wird auch die Kooperation mit China nicht immer gerne gesehen, das macht es noch etwas schwieriger.

In unserem neuen Projekt „Zukunftslabor Wasserstoff“, das vom BMBF gefördert wird, kooperieren wir weltweit zu den Themen Wasserstoff, Elektrochemie, Vergasung mit Biomasse und biologische Synthesen. Hier sind Partner aus Polen, England, Niederlande, Kanada, Australien sowie auch Prof. Sieber aus Straubing beteiligt. Da wird der Austausch insofern gefördert, als dass beispielsweise Wissenschaftler hierher kommen und forschen. China ist aber nicht dabei. Warum weiß ich auch nicht.

Was sind Ihrer Meinung nach, abgesehen von Power-to-X, sinnvolle Energiespeicher?

Erstmal muss man das System möglichst groß machen, sodass der Ausgleich mög-

lichst automatisch stattfindet. Je größer das System ist, desto weniger Speicherung wird benötigt. In Verbindung mit der Photovoltaik sind heute Batteriespeicher äußerst attraktiv. Die Speicherung von Wärme ist meist günstiger als die Speicherung von Strom. Bei der chemischen Speicherung, also Power-to-X sind die Verluste sehr hoch, aber die Energiedichte ist herausragend und somit auch als Langzeitspeicher geeignet. Dann macht es auch nichts, wenn der Wind mal nicht weht. Ich fände es auch nicht schlimm, wenn noch 2 % fossile Energieträger dabei sind. Man muss darüber im Klaren sein, dass der Aufwand, den man hat, um die letzten Prozente CO₂-Emissionen zu vermeiden, immer größer wird. Ich glaube, es ist wichtig, dass wir in die Größenordnung über 90 % Erneuerbare kommen und dass es nicht bedeutend ist, von 99 zu 100 % zu gelangen. Wenn das die Kosten sprengt, würde ich davon abweichen. Da bin ich pragmatisch.

Es ist interessant zu sehen, dass das Pareto-Prinzip auch auf dieses Thema zutreffend ist.

Man sieht ja bei den neuesten Studien, die für die Zukunft durchgeführt werden, dass sich dort die Ziele weiter erhöht haben.



Also bis auf 100 %. Es gibt eigentlich keine Studie mehr, die unter 100 % erneuerbaren Energien liegt. Das heißt die Annahmen sind wieder das Ergebnis (lacht).

Welche Strategie sehen Sie für die Mobilität? Vorhin hatten Sie angesprochen, dass es speziell bei PKW Sinn ergibt, auf batterieelektrische Antriebe zu setzen.

Das ist die Effizienzkette. Bei der Studie für Bayern haben wir beispielweise gesehen, dass man im Vergleich zu einem rein batterieelektrischen Antrieb fünfmal so viel Windkraft für einen Wasserstoff-Antrieb oder einem Antrieb mit synthetischem Kraftstoff aus Power-to-X braucht, um die gleiche Strecke zurückzulegen. Sprich, dort wo es möglich ist, ist die Elektromobilität zu bevorzugen. Das ist ja beim PKW-Bereich möglich. Kritischer ist es bei der Luftfahrt und dem Schwerkverkehr.

Wenn wir aber zwanzig Jahre weiter sind und ein System haben, dass eine Überkapazität an Erneuerbaren hat, dann mag es wieder anders aussehen. Es wird dann nur noch eine wirtschaftliche Frage sein, zu welchem Preis man den Wasserstoff produzieren kann. Oder eine Importfrage. Ich glaube auch nicht, dass uns Kuwait und Katar den Wasserstoff zum Selbstkostenpreis liefern werden. Die möchten auch noch ein paar Cents verdienen. Der Preis von Erdgas ist auch kein Produktions-, sondern ein Marktpreis. Man muss den Leuten vermitteln, billiger wird es nicht mehr. Das ist die Realität.

Schwer zu vermitteln ist es trotzdem.

Klar, aber man muss es doch tun. Ich finde Robert Habeck authentisch. Es kommt rüber, was er sagt, im Gegensatz zu anderen (lacht). Naja, Energie muss teurer werden. Das hatte man vor 30 Jahren schon gesagt.

Sind nicht eher die Steuern und andere Nebenkosten das Problem und nicht die Produktionskosten?

Als Endkunde zahlen Sie 30 Cent für eine

kWh Strom. Die Marktpreise lagen jahrelang bei etwa 4 Cent. Jetzt sind es 10 Cent. Die Vollkosten für erneuerbaren Strom einschließlich der Speicherung liegen in der gleichen Größenordnung. Das andere sind Netzkosten, Vertriebskosten, Steuern und Umlagen. Da haben Sie schon Recht, aber zu den alten Marktpreisen kehren wir nicht zurück.

„Man muss den Leuten vermitteln, billiger wird es nicht mehr. Das ist die Realität.“

Ihrer Website zufolge ist ein Forschungsschwerpunkt Ihres Lehrstuhls thermochemische Energiespeicher. Könnten Sie kurz erklären, was es damit auf sich hat und warum diese Technologie bislang weitgehend unbekannt ist?

Was man dabei macht, ist Wärmespeicherung. Die Wärme speichert man in einer chemischen Reaktion. Jede Reaktion benötigt in die eine Richtung Wärme, in der anderen wird Wärme frei. Wir nutzen das System mit Kalziumoxid. Das reagiert mit Wasserdampf und bildet Kalziumhydroxid. Dabei wird Wärme freigesetzt. Wenn man Wärme zuführt, erzeugt man wiederum Kalziumoxid und so kann man Energie speichern. Das könnten Sie ein Jahr speichern. Kalzium ist verfügbar und billig, weil es ein Massenprodukt ist. Das ist ein Vorteil. Der andere Vorteil ist, dass man keine Verluste hat und man hohe Temperaturen erzeugen kann. Bei Wasser als Speichermedium sind Temperaturen unter 100°C möglich. Unsere Spezialität ist die Hochtemperaturanwendung.

„Rechtliche, aber auch sonstige Randbedingungen führen zu suboptimalen Lösungen. Genau da muss man ansetzen und außerhalb der Grenzen denken.“

Das System ist nicht ganz neu und das Problem ist die Reaktorentwicklung. Wir haben ein Wirbelschichtkonzept für eine große deutsche Chemiefirma und einen Anlagenbetreiber entwickelt, um einen größeren Reaktor zu bauen.

Zukünftig soll es so funktionieren, dass man etwa überschüssige elektrische Energie dort einspeichert und man diese bei Bedarf in Wärme umsetzt. So kann man auch Erdgas einsparen. Die Randbedingungen sind aktuell noch günstiger für das System geworden. Aber man muss es fachgerecht integrieren. Es ist also keine alleinstehende Lösung, funk-



tioniert aber sinnvoll im Industriepark. Viele Ideen sind gar nicht neu, sondern wurden nur noch nicht eingesetzt. Häufig ist eben genau diese Integration wichtig. Also: Wie fasst man es ein, damit es ein wirtschaftlicher Erfolg wird?

Gibt es vielleicht noch ein Thema, das Ihnen besonders am Herzen liegt, das Sie unseren Leserinnen und Lesern weitergeben wollen?

Uns ist es ein Anliegen, dass wir durch Kooperation versuchen, den CleanTechCampus, zu realisieren. Es ist wichtig, dass man vor Ort das Potential ausschöpft und wir haben viele Möglichkeiten. Wir können zwar keine Vollversorgung erreichen, aber das, was möglich ist, sollten wir auf jeden Fall machen.

Bezüglich der Wärme müssen wir autark sein. Strom werden wir beziehen müssen und auch da gibt es viele Möglichkeiten. Das LRZ beispielsweise braucht Strom für ihre Computer und wird in Zukunft mehr und mehr Abwärme produzieren, die man nutzen sollte. Es geht also auch darum, die Grenzen zwischen den Systemen zu überwinden.

Häufig ist es so, dass die TUM, Energiewende Garching und LRZ getrennt arbeiten. Da muss man kooperieren. Dem steht aber Rechtliches entgegen: Wenn man Energie austauscht, verkauft man Energie und wird zum Verkäufer. Also wird man wiederum anders besteuert. Die Aufgabe der Forschung ist es, auf die Möglichkeiten hinzuweisen und zu sagen, was sinnvoll ist. Dann ist zu prüfen, ob die optimale Lösung umsetzbar ist. Diese rechtlichen, aber auch sonstigen Randbedingungen führen zu suboptimalen Lösungen. Genau da muss man ansetzen und außerhalb der Grenzen denken. Dann sollte man auch schauen, wie man die Grenze überwinden kann.

Diese Grenzen sind oft menschengemacht. Der Apfel wird immer von oben nach unten fallen. Das ist ein physikalisches Gesetz und das kann man nicht ändern. Aber müsste man eine rechtlich Grenze nicht abwandeln können?

Viele Dinge, zum Beispiel die Funktionsweise des Marktes heutzutage, ist nur vorgegeben. Man kann die Marktmechanismen ändern. Dann muss geschaut werden, wie

man die Randbedingungen gestaltet, um die Ausgangssituation zu verbessern. Aber trivial ist das auch nicht, sondern eine Herausforderung. Die Zeit ist günstig für die Energieforschung. Wenn die Energiepreise steigen, ist es auch für die Forschung interessanter, neue Lösungen zu realisieren. Es bleibt also spannend!

Vielen Dank für das Gespräch.



PROVISION DURCH AGGRESSION

Über die Rolle und Verantwortung von Waffen- ingenieur*innen im Krieg



Pedram
Golestani

Alfred Nobel ist heutzutage vor allem durch die nach ihm benannte Stiftung bekannt, die Entdeckungen der Wissenschaft oder Aktivitäten für die Friedenssicherung ehrt und fördert. Für die Gründung dieser hinterließ er beinahe sein gesamtes Vermögen, was er in seinem Testament formulierte, um mit seinem Gewissen ins Reine zu kommen; zumindest posthum. Nobel ist nämlich der Erfinder des Dynamits, der Sprengelatine und des Ballistits, einem Schießpulver, das die Kriegsführung und Waffenentwicklung seinerzeit revolutionierte. Das Interesse für Sprengstoffe kam nicht von ungefähr: sein Vater Immanuel betrieb in Russland eine Rüstungsfabrik, mit der er sich am Krimkrieg 1853-1856 ein großes Vermögen hatte aufbauen können.

Im Land der Krim, der Ukraine, tobt auch heute der Krieg. Die Medien werden dominiert mit Zahlen, Grafiken und Gesprächen rund ums Thema Ukraine. Was allerdings selten diskutiert wird ist die Rolle derjenigen, ohne die der moderne Krieg gar nicht möglich wäre. Menschen wie Alfred Nobel, sprich den Erfinder*innen und Ingenieur*innen, die in der Waffenindustrie

ihr täglich' Brot verdienen. Welche Verantwortung haben sie für die Tragweite ihrer Entwicklungen, sind sie **schuld** am Leid in der Welt, zumindest teilweise?

Kann ich schuld daran sein, wenn ein Mensch einen anderen mit einer von mir entwickelten Waffe tötet? Diese Frage hört sich irgendwie abwegig an, als könnte sie jede*r Dreijährige beantworten. Doch es ist eine moralische Frage, hat Hand und Fuß und ist sehr aktuell. Natürlich nicht, antworten viele mit folgender Argumentation: Die Aufgabe der Ingenieur*innen sei unmissverständlich und simpel. Als Ingenieur*in bekommt man eine Problemstellung, für die es gilt, eine Lösung zu finden. Sobald das getan ist, endet die Zuständigkeit. Verantwortung hätten



Erfinder*innen aber sehr wohl, allerdings auf einer anderen Ebene. Die Brücke muss stehen, das Programm muss laufen und das



Flugzeug muss fliegen. Doch so einfach ist das nicht. Im Dokument „Ethische Grundsätze des Ingenieurberufs“ vom Verein Deutscher Ingenieure von 2002 heißt es: „Die spezifische Ingenieurverantwortung [...] verbietet, Produkte für ausschließlich unmoralische Nutzung (beispielsweise ausgedrückt durch internationale Ächtung) zu entwickeln und unwägbar Gefahren und unkontrollierbare Risikopotentiale zuzulassen“. Das Dokument ist aber lange kein Gesetz, sondern lediglich eine Empfehlung für Ingenieur*innen mit Gewissensbissen.

Dass Erfinder*innen, deren Produkte weittragende negative Folgen haben, sich eines Tages doch verantwortlich fühlen, wird nicht nur bei Alfred Nobel klar, sondern auch zum Beispiel beim Erfinder des Sturmgewehrs AK-47, Mikhail Kalaschnikow. Ursprünglich „nur“ zur Verteidigung der UdSSR gedacht begann mit dem Export der Waffe Russlands an andere kommunistische Länder der kometenhafte Aufstieg der Verkaufszahlen der Waffe. Heute gilt die Kalaschnikow mit ca. 100 Millionen verkauften Exemplaren als eines der meistgehandelten und kopierten Gewehre der Welt. Das Gewehr wird allerdings auch von Terroristen, Kriminellen und Kindersol-

daten verwendet, was den stolzen Erfinder in eine moralische Zwickmühle gezwängt hat. In einem Brief äußerte er seine Ängste dazu. Sein geistiger Schmerz sei unerträglich. Wie könne er als Christ orthodoxen Glaubens für die Millionen Toten verantwortlich sein? Je länger er lebe, desto mehr bohre sich diese Frage in seinen Kopf und desto mehr wundere er sich, wieso Gott dem Menschen erlaubt, so aggressiv und gierig zu sein.¹

Die Menschheit bekriegt sich schon so lange wie es sie gibt, und das mit allen Mitteln und Möglichkeiten, die sie hat. Lohnt es sich, zwischen den Mitteln mit dem sie es tut zu differenzieren? Hart gesagt ist eine Metallstange ja etwas anderes als eine vollautomatische Waffe oder ein Spionageprogramm.

Diese Frage stellt sich zum Beispiel bei Waffen, die speziell für die Polizei konstruiert werden, um einen eigentlich **guten** Zweck, den Schutz des Staats und der Gesellschaft zu sichern. Jedoch gibt es leider keine friedlichen Waffen. Letztendlich werden sie alle entwickelt, um zu töten. Als Beweis könnte man die Atombombe als Abschreckungswaffe sehen, deren Erfindung ja bekanntlich nicht zu langen Friedensperioden geführt hat, wie





ursprünglich geplant, sondern unmittelbar zum Kalten Krieg und zahlreichen Konflikten. Vor allem kann es vermeintlich friedliche Waffen auch dann nicht geben, wenn diese aus Unternehmen stammen, die ganz und gar nicht für Moral und Ethik stehen. Denn selbst wenn der Vertrieb von Waffen gut reguliert bleibt, ereignet sich doch immer wieder ein Fauxpas. So wurden etwa von 2005 bis 2007 deutsche Gewehre der Firma Heckler & Koch in Regionen Mexikos geliefert, für die es die Bundesregierung strengstens untersagt hatte. Kurz darauf landeten diese im mexikanischen Drogenkrieg: die Verantwortlichen von Heckler & Koch strichen die jeweiligen trotz Verbot belieferten Regionen einfach von der offiziellen Empfängerliste.² Klar, deutsche Gewehre landen zwar in den Händen ukrainischer Soldaten, aber auch über Umwege in

denen der Terroristen des IS. Aufgrund solcher Vorfälle ist es sinnvoll nicht nur einige, sondern alle Waffen zu verurteilen, denn genau hier fehlt die Grenze zwischen gut und schlecht. Oft sind sich Erfinder*innen dessen nicht bewusst oder denken gar

nicht erst darüber nach. Um auf eine moralische Frage zu antworten, kann man schwer richtig oder falsch sagen, das sind zumal keine moralischen, sondern höchstens naturwissenschaftliche Kategorien.

Im Interview mit der Süddeutschen Zeitung antwortet Harald Buschek, einer der höchstgeschätzten Rüstungsingenieure Deutschlands, auf die Frage wie es um die Ethik der Waffenbauer steht: „Ethik des Waffenbauers? Schauen Sie: Das sind Fragen, mit denen wir uns gar nicht befassen.“³ Eine erschreckend leichte Antwort auf eine doch so schwierige Frage.

Dem entgegen steht allerdings die Meinung des deutschen Physikers Carl Friedrich von Weizsäcker, einem wichtigen deutschen Atomphysiker und Wegbereiter der Atombombe. Besser wird die Rolle des Erfinders vom späteren Friedensforscher in Werner Heisenbergs Buch „Quantentheorie und Philosophie“ dargestellt. Im Gespräch über das Grauen und die Verantwortung der Wissenschaft gegenüber der Atombombenabwürfe mit Letzterem beschreibt von Weizsäcker diese in einem anderen Zusammenhang, einem gesellschaftlich-sozialen: „Der Erfinder [...] hat ja ein praktisches Ziel vor Augen. Er muß überzeugt sein, daß die Erreichung dieses Zieles einen Wert darstellt, und man wird ihn mit Recht mit der Verantwortung dafür belasten. Allerdings wird gerade beim Erfinder deutlich, daß er eigentlich nicht als



Einzelner, sondern im Auftrag einer größeren menschlichen Gemeinschaft handelt. Der Erfinder des Telefons etwa wusste, daß die menschliche Gesellschaft eine schnelle Kommunikation für wünschenswert hält. Und auch der Erfinder der Feuerwaffen handelte im Auftrag einer kriegerischen Macht, die ihre Kampfkraft steigern wollte.“ Und weiter: „An den Einzelnen wird man also nur die Forderung stellen können, daß er sein Ziel im großen Zusammenhang sehen müsse; daß er nicht um des Interesses irgendeiner kleinen Gruppe willen andere, viel weitere Gemeinschaften in Gefahr bringt.“ Auch fordert er die „sorgfältige und gewissenhafte Berück-



sichtigung des großen Zusammenhangs, in dem sich der technisch-wissenschaftliche Fortschritt vollzieht.“⁴

Die wirkliche Frage ist also nicht etwa ob nun dieses richtiger sei als jenes, sondern ob man Dinge tun sollte, über die man später leicht die Kontrolle verliert, speziell wenn man sich deren Konsequenzen gar nicht erst bewusst ist. Die Uneinigkeit der Philosophie diesbezüglich unterstreicht die Tatsache, dass es dazu keine allgemeine Lösung geben kann. Jeder Mensch hat zu versuchen, seinen Platz in der Welt selbstverantwortlich auszufüllen, die Grenze dabei ist der eigene Moralapparat. Es bleibt eine persönliche Frage ohne universelle Antwort. Wer beispielsweise aktuell helfen will, Demokratie und Frieden zu sichern und sich deswegen in der Waffenindustrie engagieren will, muss sich nichtsdestotrotz als Individuum bewusst sein, dass Erfindungen entfremdet und entzweckt werden können, und man gleichwohl, mittelbar oder unmittelbar für alles, was damit passiert die Verantwortung trägt.

Hätte sich Nobel vor der Veröffentlichung seines Patents mehr Gedanken über die Vermarktung von Dynamit als Waffe machen sollen? Sollte man in den Universitäten und in den entsprechenden Branchen mehr zur moralisch-ethischen Auseinandersetzung anregen, damit unreflektierte Grundsätze wie der von Harald Buschek vermieden werden? Der Trend ist eher gegenläufig; Hörsaalnamen der TUM sind teilweise noch nach geschichtlich schwierig einzuordnenden Persönlichkeiten benannt (zu lesen in dieser Ausgabe im Artikel „Diesel, Kühne, Messerschmitt“) und Rüstungskonzerne halten Gastvorträge.

Wer helfen will und dabei gute Absichten hat, kann das auch anders tun, denn Krieg und Waffen wird es in der Weltgemeinschaft mit ihrem Aufbau wahrscheinlich immer geben, das zeigt die Geschichte. Diejenigen, die die Waffen bauen, mit Sicherheit ebenfalls. Aber du musst es nicht sein. Im Jahr 2002 äußerte Mikhail Kalaschnikow den Wunsch: „Ich würde vorziehen eine Maschine erfunden zu haben, die Arbeitern bei ihrer Arbeit hilft – zum Beispiel einen Rasenmäher“.⁵

Quellen

¹„Kalashnikov ‚feared he was to blame‘ for AK-47 rifle deaths“, www.bbc.com, 13. Januar 2014

²„Tödliche Exporte – Wie das G36 nach Mexiko kam“, 23.09.2015, www.daserste.de

³„Wer denkt sich sowas aus – Beruf Waffentwickler“, 04.07.2012, www.sueddeutsche.de

⁴„Quantentheorie und Philosophie“, Werner Heisenberg, 1986, S.82f

⁵„Kalashnikov: ‚I wish I’d made a lawnmower““, www.theguardian.com, 30.07.2002



DIESEL, KÜHNE, MESSERSCHMITT

MW-Hörsäle und ihre Namensgeber



Paul
Bachmann

Wenn man im Garching Maschinenwesengebäude nach einem Raum sucht, stößt man neben vielen verwirrenden Zahlen vor allem auf die Namen einiger Größen der Maschinenbaugeschichte. Da gibt es Rudolf Diesel, den Erfinder des Dieselmotors oder Gustav Niemann, einem langjährigen Professor für Maschinenelemente an der TUM — bis 1970 noch Technische Hochschule (TH) München —, die die Namensgeber der beiden großen Hörsäle der Gebäudes sind. Weiter hinten im Gebäude finden sich einige Zeichensäle, benannt zumeist nach ehemaligen Professoren der Universität, zum Beispiel Georg Kühne, der Anfang des 20. Jahrhunderts an der Entwicklung von Landmaschinen arbeitete. Oder Ludwig Burmester, der ab 1887 Professor für darstellende Geometrie und Kinematik war.



Der größte Hörsaal des MW-Gebäudes, benannt nach Rudolf Diesel. Bild: Albert Scharger / TUM

Dass unter den Geehrten genau null nicht-männliche Personen zu finden sind, hat freilich auch mit der bis heute männlich dominierten Kultur des Maschinenbaus zu tun. Dabei gibt es sie durchaus, die Frauen des Maschinenbaus.

Da ist zum einen Bertha Benz, die sowohl auf technischer als auch auf unternehmerischer Ebene maßgeblich zur Entwicklung und Popularisierung des Autos beigetragen hat, aber zumeist höchstens in einem Halbsatz neben ihrem Mann erwähnt wird.

Dann gibt es Ilse Essers, die nach einer Ausbildung in der Flugzeugbaufirma ihres Vaters 1918 begann, an der LMU Mathematik und Physik, später an der TH München Technische Physik zu studieren. Von ihr erdachte neue Berechnungsmethoden bezüglich der Stegbeanspruchung von Biegungsträgern wurden vom hiesigen Professor für Festigkeitslehre allerdings als „Unsinn“ abgetan.



Ilse Essers (1998-1994)



Dieselben Ideen veröffentlichte sie dann einige Jahre später am Aachener Aerodynamischen Institut unter der Leitung des Luft- und Raumfahrtpioniers Theodore von Kármán, der ihr dafür den Diplomtitel verlieh. Später erhielt sie an der TH Berlin als erste Frau in Deutschland ihren Dokortitel im Maschinenwesen [1].

Sogar die allererste deutsche Diplom-Ingenieurin im Maschinenbau, Elisabeth Steinhilf, machte trotz ständiger Anfeindungen durch die männlichen Studenten 1917 ihren Abschluss an der TH München.

Die TUM setzt sich jedoch nicht kritisch mit ihrer patriarchalen Geschichte auseinander. Anstatt hier eine Vielfalt von Biographien und Identitäten durch die Hörsaalbenennungen abzubilden, finden sich unter den mit Hörsaalnamen Geehrten auch Menschen wie Ernst Schmidt und Wilhelm Messerschmitt. Ersterer war Professor für Thermodynamik und Rektor an der TH München, nach ihm ist die Schmidt-Zahl benannt, letzterer ist bekannt als Flugzeugingenieur und Leichtbaupionier. Beide bekannten sich spätestens 1933 offen zum Nationalsozialismus, beide wurden schon kurz nach der Machtergreifung Hitlers Mitglied in der NSDAP.



Der Ernst-Schmidt-Hörsaal (MW1801), benannt nach dem Rüstungsforscher im NS-Regime, Ernst Schmidt.
Bild: Albert Scharger / TUM

Auch der Aerodynamikforscher Ludwig Prandtl, nach dem ein Hörsaal in der Mitte des Gebäudes benannt ist, war ein Anhänger der faschistischen Ideologie der NSDAP. Er sah den Faschismus in Deutschland und Italien als „sehr gute Anfänge von neuem Denken“, den Holocaust als „notwendig“ für Deutschlands Selbsterhaltung und die

Schuld für den zweiten Weltkrieg auf der Seite Englands. Im Gegensatz zu den anderen beiden war er allerdings weder ökonomisch noch machtpolitisch am NS-Regime selbst beteiligt.

Zunächst zu Ernst Schmidt. Er beteiligte sich noch 1933 am „Bekenntnis der deutschen Professoren zu Adolf Hitler“ und wurde Fördermitglied der NSDAP. Schmidt war stellvertretender Leiter der Luftfahrtforschungsanstalt Hermann Göring und im Zuge des Krieges ernannte ihn Göring zum „Bevollmächtigten für Strahlvortrieb“. Der spätere Rektor der TUM arbeitete in Danzig und Braunschweig unter anderem an Triebwerken, fungierte als Verbindung zwischen dem Reichsluftfahrtministerium und der Waffen-SS und schuf das größte deutsche Forschungsnetzwerk für die Entwicklung von Feststoffraketen [2].

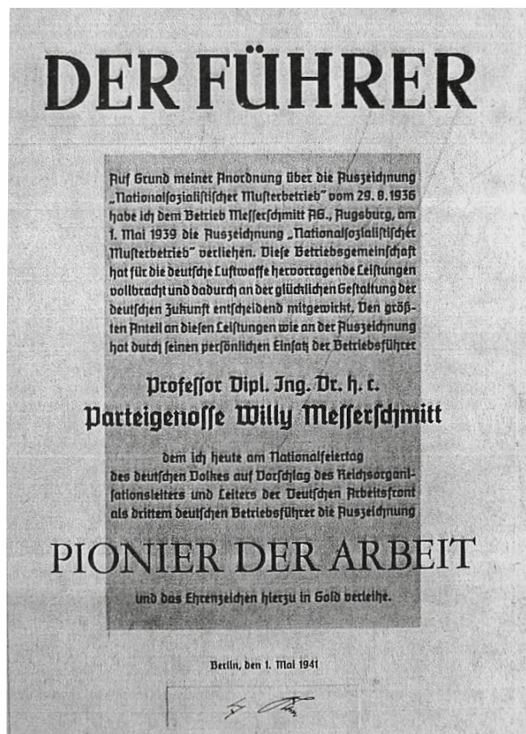
Bereits 1945 wurde er trotzdem wieder in Braunschweig als Professor für Wärmelehre eingestellt und seine führenden Funktionen in der Kriegsforschung des NS-Regimes unter den Tisch gekehrt. 1952 wechselte er zur Thermodynamik an der TH München und wurde hier 1956 zum Rektor ernannt. Für die beiden Jahre, in denen Schmidt hier Rektor war, wird er mit der Benennung des drittgrößten Hörsaals des Maschinenwesengebäudes geehrt und seine zwölf Jahre Mitäterschaft in der NS-Diktatur mit keinem kritischen Wort erwähnt.



Propaganda-Plakat aus der NS-Zeit.
Bild: Robert Werner / regensburg-digital



Bekannter dürfte Wilhelm Messerschmitt sein. Die von ihm entwickelten Flugzeuge waren Vernichtungsmaschinen der Luftwaffe der Wehrmacht. Allein vom Typ „Messerschmitt Bf 109“ wurden etwa 35.000 Flugzeuge gebaut, die als Aufklärer sowie Jagd- und Schlachtflugzeuge verwendet wurden. Messerschmitt selbst freundete sich 1925 mit Theodor Croneiß an, einem Piloten und Leiter einer Tarnfirma der Wehrmacht. Croneiß war bereits vor dem Putschversuch 1923 enger Bekannter Hitlers und stellte die Räumlichkeiten seiner Firmen vor der offiziellen Machtergreifung regelmäßig Mitgliedern der SA und SS zur Verfügung, auch Hitler selbst war oft bei Croneiß.



Eine der vielen Auszeichnungen, die Messerschmitt vom NS-Regime erhalten hat. Bild: Robert Werner / regensburg-digital

In enger Zusammenarbeit mit Theodor Croneiß und der Luftwaffe begann Messerschmitt nach 1933, in seiner Firma Kampfflugzeuge zu entwickeln und zu produzieren. 1938 legte er die Firma mit der Bayerische Flugzeugwerke Regensburg GmbH und später der Wiener Neustädter Flugzeugwerke GmbH zur Messerschmitt AG zusammen. In den Werken des Unternehmens wurden unzählige Flugzeuge gefertigt, mit deren Hilfe die Weltherrschaftsansprüche des NS-Regimes militärisch ermöglicht wer-

den sollten. Auch in der Produktion selbst zeigte sich das menschenfeindliche Weltbild Messerschmitts: So wurden allein im Regensburger Standort mindestens 6000 Zwangsarbeiter*innen aus überfallenen Gebieten festgehalten, darunter sowohl Kriegsgefangene als auch zivile Opfer. Von den verschiedenen Messerschmitt-Werken wurde die Bauteilproduktion teilweise in die Konzentrationslager Flossenbürg, Dachau, Plattling, Augsburg und Gusen ausgelagert. Die dortigen Gefangenen wurden als Sklaven von der SS an Unternehmen vermietet. Zu der Zeit hatte Wilhelm Messerschmitt zwar formal keine leitende Rolle mehr inne, er regte die Ausbeutung von Zwangsarbeiter*innen aber aktiv an und befürwortete explizit eine Kooperation mit KZs.

So auch, als gegen Ende des Krieges Teile der Flugzeugproduktion in einen unterirdischen Stollen bei Linz verlegt wurden, um sie vor Angriffen der Alliierten zu schützen. Hier starben schon beim Bau des Stollens



KZ-Zwangsarbeiter*innen in einer durch Luftangriffe beschädigten Messerschmitt-Fabrik (um 1943). Bild: Wikipedia

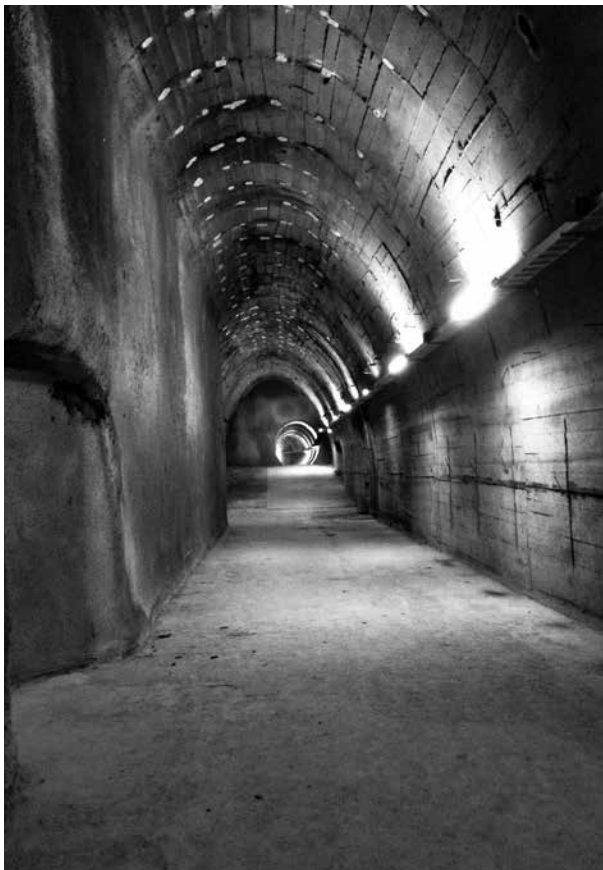


etwa 10.000 Zwangsarbeiter*innen, viele mehr bei der Produktion. Insgesamt wurden wohl zehntausende KZ-Gefangene zur Arbeit in der Messerschmittschen Rüstungsindustrie gezwungen, viele von ihnen starben unter den sklavereiartigen Bedingungen. Messerschmitt persönlich bedankte sich für das Überlassen der Gefangenen beim Kommandanten des KZ Dachau und drückte seine Hoffnung auf „engere Zusammenarbeit“ aus.

Derselbe Kommandant wurde in den Kriegsverbrecherprozessen nach 1945 erhängt, Messerschmitts Name zierte bis heute den Zeichensaal im ersten Stock gegenüber Hof 5. Messerschmitt wurde zwar 1945 zu-

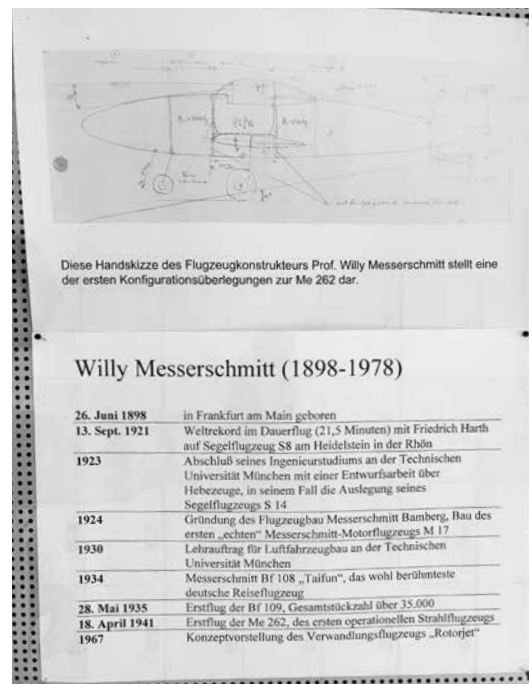
gefangenensklaverei. Von alledem steht auf dem Plakat über ihn, das vor dem Zeichensaal hängt, allerdings nichts. Sein Lebenswerk wird bequem entpolitisiert und auf das Bauen fortschrittlicher Flugzeuge reduziert.

Messerschmitt erhielt 1964 den Bayerischen Verdienstorden und 1969 das große Bundesverdienstkreuz mit Stern. Verschiedene Straßen sind nach ihm benannt, darunter eine in Regensburg, auf dem Gebiet



Der Bergstollen B8 Bergkristall bei Linz, bei dessen Bau tausende KZ-Häftlinge starben. Bild: Wikipedia

nächst für drei Jahre inhaftiert, schließlich aber doch nur zum „Mitläufer“ erklärt. Die zentrale Rolle der Messerschmittwerke für die Rüstungsindustrie der Wehrmacht zeigt sich allerdings schon beim Linzer Bergstollen. Wilhelm Messerschmitt ermöglichte mit seiner Flugzeugproduktion die Eroberungsfantasien Hitlers und profitierte zugleich wirtschaftlich enorm von der KZ- und Kriegs-



Wohlwollend aufgehübschter Lebenslauf Messerschmitts vor dem nach ihm benannten Zeichensaal im MW-Gebäude.

der ehemaligen NS-Waffenschmiede, wo unzählige Zwangsarbeiter*innen starben und eine in Ottobrunn, beim Department of Aerospace and Geodesy der TU — direkt neben der Ludwig-Böckow-Straße, benannt nach einem weiteren stolzen Mittäter in der NS-Rüstungsindustrie.

Die TUM ehrt den Nationalsozialisten, Unternehmer und Sklavereibefürworter gleich mehrfach. Einerseits ist der Zeichensaal in Garching nach ihm benannt, andererseits taucht sein Name auf der Website der „Gründungspioniere“ unserer Universität auf. Dort steht er unter anderem neben Claude Dornier, ebenfalls Rüstungsproduzent im NS-Regime, weil die Unternehmen der beiden „die Welt veränderten“. Dass diese Veränderung im Wesentlichen aus Beihilfe zum Massenmord, der Zerstörung des halben Kontinents sowie Mittäterschaft im Konzentrationsla-



Entrepreneurship

- Für Gründungsinteressierte
- Für GründerInnen & Start-ups
- Für Alumni & Unternehmen

Gründungspioniere

- Gründergalerie
- Entrepreneur of Excellence
- Entrepreneurship Forschung
- TUM Venture Labs
- News & Events
- Über Uns
- Technologietransfer
- Kooperationen
- Kontakt

Unsere Gründungspioniere

Alle reden heute von Ausgründungen aus Universitäten – die TUM vollbringt auf diesem Gebiet bereits seit 130 Jahren Pionierleistungen! Unsere Wissenschaftler Carl Linde, Claude Dornier und Willy Messerschmitt veränderten mit ihren Unternehmen die Welt.

CARL LINDE



Carl Linde war junger Professor für Maschinenbau an der damaligen Kgl.-Bayerischen Polytechnischen Schule zu München, wo er das Prinzip der "künstlichen Kälte" entdeckte (in Zusammenarbeit mit dem Großbrauereibesitzer Gabriel von Sedlmayr). Am 21. Juni 1879 gründete er zusammen mit einem Finanzier in Wiesbaden sein Unternehmen „Gesellschaft für Lindes Eismaschinen AG“ und verließ die Hochschule. Zehn Jahre später kam er zurück und entdeckte die Luftverflüssigung. Die Linde AG hat heute über 60.000 Beschäftigte.

Carl Linde
BfW: TUM Archiv

CLAUDE DORNIER



Der weltberühmte Flugzeugkonstrukteur Claude Dornier studierte von 1903 bis 1907 Maschinenwesen an der Technischen Hochschule München. Im Eiltempo erwarb er das Diplom und arbeitete für Maschinen-, Brücken- und Stahlbauunternehmen. 1910 erhielt Claude Dornier eine Anstellung beim Luftschiffbau Zeppelin in Friedrichshafen. Er beschäftigte sich zunächst mit Luftschiffen, setzte jedoch auf Flugzeuge. 1931 zeichnete ihn die TH München mit der Ehrensanktorwürde aus. Seine Firmen bauten während des Zweiten Weltkrieges Kampflugzeuge, auch unter Einsatz von Zwangsarbeitern und KZ-Häftlingen, von denen viele dabei zu Tode kamen.

Claude Dornier
BfW: TUM Archiv

WILHELM MESSERSCHMIDT



Wilhelm Messerschmitt wurde am 26. Juni 1888 in Frankfurt am Main geboren. 1923 schloss er sein Studium des Maschineningenieurwesens mit einer Arbeit zum Segelflugzeug S14 an der Technischen Hochschule München (THM) ab. Im gleichen Jahr gründete er die "Flugzeugbau-Messerschmitt GmbH" in Bamberg, welche 1933 in die Bayerischen Flugzeugwerke (BFW) eingegliedert wurde und 1938 in Messerschmitt AG umbenannt wurde.

1929 wurde an der THM eine ordentliche Professur für Flugwesen eingerichtet. Diese konnte jedoch aus Kostengründen nicht besetzt werden. Stattdessen erhielt W. Messerschmitt 1930 einen Lehrauftrag und wurde 1937 zum Honorarprofessor ernannt. 1938 verlieh ihm die THM die Ehrendoktorwürde. Seine Firma baute während des Zweiten Weltkrieges Kampflugzeuge, auch unter Einsatz von Zwangsarbeitern und KZ-Häftlingen, von denen viele dabei zu Tode kamen.

Wilhelm Messerschmitt
BfW: TUM Archiv

TUM-Website zu Firmenausgründungen der Universitätsgeschichte. Zwei der drei dargestellten „Gründungspioniere“ sind NS-Kollaborateure, deren Unternehmen nahezu ausschließlich für Rüstungszwecke existierten. Website: www.tum.de/innovation/entrepreneurship

ger- und Sklavereisystem bestand, scheint der unternehmerischen Universität dabei eher unwichtig zu sein.

Allein aus ökonomischer Sicht ist es seltsam, Messerschmitt und Dornier für ihr Unternehmertum zu loben: Der Erfolg der Firmen wäre ohne den NS-Staat und die Ausbeutung hilfloser Gefangener als Zwangsarbeiter*innen nicht in der Form möglich gewesen. Ihre Unternehmen sind lediglich aufgrund ihrer zentralen Rolle in Hitlers Kriegsindustrie und der damit künstlich geschaffenen Nachfrage nach Rüstungsgütern für den tödlichsten Krieg der Menschheit groß geworden. Die Zwangsarbeit erwähnt die TUM zwar auf der Website, allerdings stellt sich damit die Frage, welche Art von Gründergeist hier also idealisiert werden soll.

In der U-Bahn-Station Garching-Forschungszentrum finden sich auf einer der vielen Wandtafeln zur Ehrung wichtiger Wissenschaftler*innen auch wieder die Großindustriellen Dornier und Messerschmitt. Hier

kam es bei der Eröffnung der Station zu einer Diskussion, die die geschichtsrelativierende Haltung der TUM aufzeigt [3]. So behauptete der damalige TU-Präsident Wolfgang Herrmann, dass Wilhelm Messerschmitt, der über Jahre hinweg mithilfe von KZ-Sklaverei das Vorzeigeflugzeug der Luftwaffe produziert hatte, mit dem NS-Regime „nichts am Hut gehabt“ hätte. Trotz dieser irritierenden Haltung des damaligen TUM-Präsidenten wurde hier im Nachhinein immerhin ein Hinweis auf die problematischen Biographien der Ingenieure hinzugefügt.

„Technikbegeisterung, die mit Geschichtsblindheit einhergeht“

–
**Max Mannheimer,
Holocaust-Überlebender**

Zuletzt trägt Wilhelm Messerschmitt bis heute einen Ehrendokortitel der TU München, genauso wie einige andere NS-Verbrecher, darunter der Bauingenieur, SA-Obergruppenführer und Reichsminister für Bewaffnung und Munition, Fritz Todt. Diesen hat die Uni bislang allerdings noch nicht durch Hörsaalbenennungen geehrt, sein Nachname scheint doch zu sehr an sein Lebenswerk zu erinnern. Statt eine öffentlichen Aberkennung zu veranlassen, werden auf der Fakultätswebsite inzwi-



schen einfach nur noch die Ehrendoktoren seit 1979 angegeben und die schwierige Vergangenheit der Universität damit einfach verschwiegen.

Wie die Süddeutsche Zeitung schon 2018 schrieb, betrifft die Problematik nicht nur das Maschinenwesen der TUM, sondern auch einige andere Fakultäten und Institutionen [6]. So war zum Beispiel German Bestelmeyer, nach dem Gebäudeteile des Stammcampus benannt sind, ein Antisemit, der unter anderem an der Hetze beteiligt war, die dazu führte, dass Thomas Mann 1933 Deutschland verlassen musste. Die Architekturfakultät ehrt ihn dennoch ohne ein kritisches Wort.

Auch wurde der NS-Raketeningenieur Wernher von Braun, der ebenfalls KZ-Sklaverei nutzte und dessen Rüstungstechnik wie die V2-Rakete unzählige Menschen das Leben kostete, noch 2012 an der TUM zu seinem 100. Geburtstag mit einem „Festkolloquium“ gewürdigt. Hierzu sprachen verschiedene Menschen aus seinem persönlichen und professionellen Umfeld und versuchten, nahbar und menschlich an den NS-Kollaborateur zu erinnern. Dass von Braun

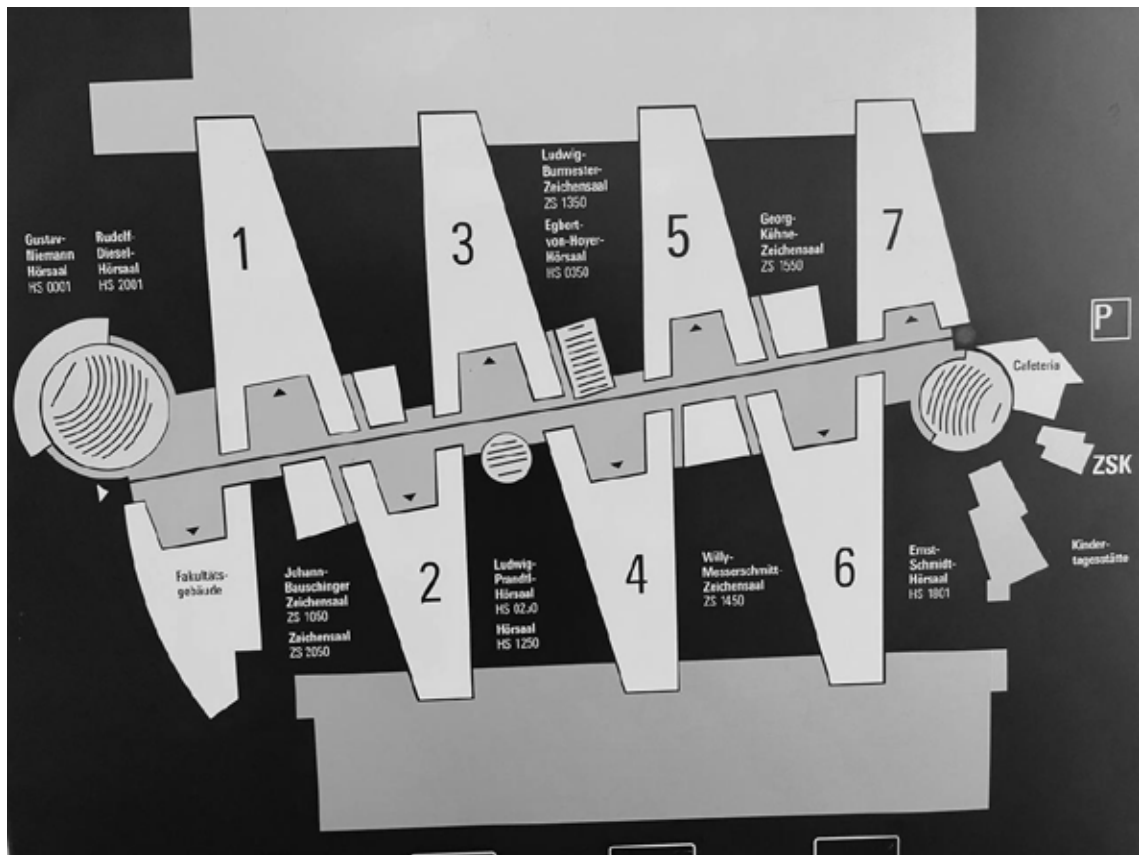
lediglich den Kriegsverbrecherprozessen entkommen konnte, weil er als Forscher für die USA nützlich war, wurde wohl nicht erwähnt. Ironischerweise fand die Veranstaltung auch noch im Ernst-Schmidt-Hörsaal statt.

Die eigentliche Schwierigkeit besteht hier wohl darin, dass Forschung und ihre Anwendung allgemein und besonders im Rüstungsbereich extrem schwer zu trennen sind. Trotzdem tut die TUM gerne so, auch wenn sie sich bis heute immer wieder von moralisch fragwürdigen bis problematischen Unternehmen abhängig macht und sich nicht daran interessiert zeigt, welchen gesellschaftlichen und ökologischen Folgen ihre Forschung hat.

Da gibt es die umfangreichen Kooperationen mit BMW und anderen Automobilgiganten, ohne die viele Lehrstühle wohl nicht mehr forschen könnten. Unter den Gebäuden, die BMW für die TUM in Garching gebaut hat, ist auch das MW-Gebäude, das der fossile Konzern nach Eberhard von Kuenheim, dem ehemaligen Vorstandsvorsitzenden des Konzerns benannt hat. Auch mit Rüstungskonzernen wie MTU arbeiten eini-

<p>Programm</p> <p>Eröffnung Prof. Dr. rer. nat. Ulrich Walter</p> <p>Grußworte des Dekans Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Kau</p> <p>Grußworte des Internationalen Förderkreises Raumfahrt Prof. Dr.-Ing. Robert Schmucker Präsident des IFR</p> <p>Der Mensch Wernher von Braun Dr. Christoph-Friedrich von Braun Neffe Wernher von Brauns</p> <p>Raumfahrtantriebe von Peenemünde bis Heute Prof. Dr.-Ing. Stefan Schlechtriem Leiter des DLR Instituts für Raumfahrtantriebe</p> <p>Der Weg zur Saturn V Prof. Dr.-Ing. Harry O. Ruppe Emeritus LRT, Schüler Wernher von Brauns</p> <p>Wernher von Braun – The Rocket Man Ed Buckbee Leiter NASA Public Affairs Office in Apollo Ara Empfänger der Wernher-von-Braun-Medaille</p> <p>The Von-Braun Legacy Dr. Michael Griffin (via Skype) Ehem. NASA Administrator (2005 – 2009)</p>	<p>Einladung</p> <p>„In Zukunft müssen sich die Utopien beeilen, wenn sie nicht von der Realität eingeholt werden wollen.“</p> <p>Diese Worte von Wernher von Braun sind typisch für einen Mann, der seine Utopien liebte. Doch wie war Wernher von Braun wirklich? Ging alles so glatt wie die Geschichte es uns glauben lassen will?</p> <p>Anlässlich des 100. Geburtstags des großen deutschen Raumfahrtpioniers möchte ich Sie einladen zu einer Festveranstaltung, bei der Verwandte, Freunde und Schüler von Wernher von Braun seiner Erfolgsgeschichte auf die menschliche wie fachliche Spur kommen wollen.</p> <p>Folgen Sie uns zu dieser wohl namhaftesten Veranstaltung zu seinem 100. Geburtstag in seinem Geburtsland Deutschland.</p> <p>Prof. Dr. Ulrich Walter Lehrstuhl für Raumfahrttechnik TU München</p> <p>Kontakt Dipl.-Ing. Markus Wilde Tel.: 089-289-16016 m.wilde@irt.mw.tum.de</p>	 <p>Wernher von Braun Der Mensch und die Technik</p> <p>Festkolloquium zum 100. Geburtstag von Wernher von Braun</p> <p>22. März 2012 17:30 h</p> <p>MW 1801 Geb. Maschinenwesen TU Garching</p> <p>TUM IRT IFR</p>
---	---	---

Einladung der TUM zur Jubiläumsveranstaltung zu Ehren von Wernher von Braun



Gebäudeplan des „Eberhard-von-Kuenheim-Baus“, dem Hauptgebäude der Maschinenwesenfakultät.

ge Lehrstühle sehr eng zusammen, es gibt einen Honorarprofessor, der neben seiner Anstellung an der TUM beim Lenkraketenhersteller MBDA tätig ist. Der Lehrstuhl für Hubschraubertechnologien wird komplett von der EADS-Tochter Eurocopter finanziert. Das Thema der intransparenten Wirtschaftsverflechtungen der Universität und der damit einhergehende Verlust der demokratischen Kontrolle über öffentliche Forschung hat aber wohl einen eigenen Artikel verdient.

Zurück zu den Hörsälen: wie also umgehen mit Forschenden, die zwar gute Forschung betrieben haben, aber politisch und ökonomisch problematische Biographien haben? Eine Möglichkeit wäre es, bei Benennungen einfach auf die vielen TUM-Alumni ohne NS-Vergangenheit und andere problematische Verflechtungen zurückzugreifen. Im Zuge dessen könnte man auch gleich die anderweitigen Würdigungen der problematischen Personen überdenken. Das allermindeste wäre eine kritische und öffentliche Auseinandersetzung mit der problematischen Ver-

gangenheit. Menschen wie Messerschmitt, Dornier und Schmidt allerdings öffentlich zu ehren, ohne auch nur ein Wort über ihre Taten im NS-Deutschland zu verlieren, wird der historischen Verantwortung nicht gerecht.

Allerdings sind die wenigsten Personen das ideale Bild, zu dem man sie mit öffentlichen Würdigungen macht. Zum Beispiel war auch Ilse Essers, die erste Frau mit Dokortitel im Maschinenwesen, Mitglied in der NSDAP, auch wenn sie schnell ihre Begeisterung für Hitlers Regime verlor und sich distanzierte. Aber wieso orientiert sich eine Universität überhaupt so sehr an Einzelpersonen und Namen? Gibt es keine andere Möglichkeit, Hörsäle und Gebäude zu benennen? Meine persönliche Meinung: Konzepte statt Namen. Warum benennen wir die Räume nicht nach den eigentlichen wertvollen und schönen Konzepten und Ideen, hinter deren Erforschung und Entwicklung meist ohnehin nicht nur ein einzelner Mensch, sondern eine ganze Gemeinschaft von Wissenschaftler*innen steht?



Die Recherche zu diesem Artikel begann mit einer simplen Verwunderung über die Benennung des Messerschmitt-Zeichensaals. Je mehr wir allerdings über die Verstrickungen der damaligen TH München mit dem NS-Regime herausgefunden hatten, desto mehr waren wir entsetzt über das Ausmaß an unkritischem Umgang mit der Universitätsgeschichte. Mit jeder Suchanfrage fanden sich mehr und mehr fragwürdige Ehrungen und bis heute anhaltende Würdigungen. Die hier aufgeführten sind eine Auswahl der erschreckendsten Beispiele, es gibt jedoch leider noch einige mehr. Diese Vorbilder tragen nicht dazu bei, dass sich Ingenieur*innen ihrer Rolle und sozialen Verantwortung bewusst werden.

In einer demokratischen Gesellschaft besteht die Verantwortung einer Universität insbesondere bei gesellschaftlich derart bedeutsamen Forschungsfeldern wie Maschinenbau auch darin, die menschlichen Folgen der Wissenschaft zu betrachten und sich kritisch damit auseinanderzusetzen. Dieser Verantwortung wird die TUM meiner Meinung nach nicht gerecht. Ich hoffe, sie beschäftigt sich einmal ernsthaft kritisch mit ihrer NS-Vergangenheit.

Quellen

- [1] <https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/25009/201455AE.pdf>
- [2] https://www.researchgate.net/publication/341100222_Soziale_Netzwerke_im_Maschinenbau_an_deutschen_Hochschul-und_ausseruniversitaeren_Forschungseinrichtungen_1920-1970
- [3] <https://www.sueddeutsche.de/muenchen/garching-forschungszentrum-umstrittene-ehrung-fuer-hitlers-flugzeugbauer-1.745325>
- [4] <https://www.sueddeutsche.de/muenchen/tu-lmu-und-hochschule-so-fliesst-das-geld-der-wirtschaft-in-die-muenchner-unis-1.3800009>
- [6] <https://www.sueddeutsche.de/muenchen/umstrittene-forscher-problematische-ehrun-gen-1.3984357>

Außerdem: Wikipedia-Artikel über Wilhelm Messerschmitt, Ernst Schmidt und Ludwig Prandtl



VASA: DAS VERSUNKENE SCHIFF

Oder warum Prototypen so wichtig sind



Elene
Mamaladze



Rekonstruktion der Vasa

Als König Gustav II. Adolf von Schweden 1625 die Galeone Vasa bauen ließ, sollte sie eins der größten und am stärksten bewaffneten Schiffe sein, um im Dreißigjährigen Krieg vor Macht strotzend die Gegner einzuschüchtern. Mit wehenden Flaggen, hunderten von wunderschönen bunten Schnitzereien und zwei prächtigen Kanonendecks begann die Vasa am 10. August 1628 ihre Jungfernfahrt... und sank nach 1300 m noch im Hafen.

Die Ursache war konstruktive Instabilität. Das Schiff hatte nicht genug Tiefgang und kippte beim ersten Windstoß einfach um. Hätte man das nicht vorher berechnen oder testen können, bevor man die über 500 handgemachten Schnitzereien am Schiff anbrachte und es auslaufen ließ?

Nunja, CAD und technische Zeichnungen gab es nicht. Der Schiffbaumeister Hen-

rik Hybertsson hatte alle Maße im Kopf und basierte alles auf Erfahrungswerte für Proportionen. Es wurde für das Schiff keine einzige Zeichnung angefertigt, geschweige denn eine Auslegungsberechnung ange stellt. Und da die Vasa das erste Kriegsschiff mit zwei Kanonendecks war, hatte Henrik Hybertsson noch keine Erfahrungswerte dafür.

Kurz vor der Fertigstellung führte der Flottenchef, Vizeadmiral Klas Fleming, noch einen Stabilitätstest durch: 30 Mann Besatzung rannten schnell von der ei-

nen Seite des Schiffs zur anderen. Das Experiment musste abgebrochen werden, weil das Schiff bedrohlich schwankte. Aber der König hatte befohlen das Schiff zu bauen und man konnte sich nicht mit leeren Händen vor ihm zeigen.

Nach der Katastrophe des Kenterns mit 30-50 Toten gab es selbstverständlich einen Gerichtsprozess, bei dem alle wichtigen Akteure vorgeladen wurden. Aber ein konkreter Schuldige konnte nicht festgestellt werden. Der Schiffbaumeister Hybertsson war noch vor der Fertigstellung verstorben und alle anderen waren involviert, aber hatten nicht DIE fatale Entscheidung getroffen. Heute nennt man solche Kommunikationsprobleme im Management auch das „Vasa-Syndrom“.

1961 konnte das Schiff nach 333 Jahren endlich geborgen werden. Als man es an die Oberfläche brachte, musste es dauerhaft nass gehalten werden, weil sich sonst beim



Trocknen das Holz verzogen hätte. Das Schiff war erstaunlich gut erhalten. Das lag daran, dass sich im sauerstoffarmen Wasser Bakterien und der Schiffsbohrwurm nicht wohl fühlen und das Schiff nicht zersetzt haben. Glücklicherweise war das Hafenwasser so sauerstoffarm, was daran lag, dass so viel Müll im Hafenbecken versenkt wurde.

Nach der gründlichen Säuberung ersetzte Plastik die Wasserdusche. Um das Schiff auf lange Sicht haltbar zu machen, wurde es über 17 Jahre mit Polyethylenglycol imprägniert. Das stabilisiert die Holzfasern und gibt dem Schiff den Glanz, den es heute hat. Aber auch diese Maßnahmen können die Zersetzung nur verlangsamen und nicht für immer aufhalten. Das Schiff steht heute im Vasamuseet in Stockholm und kann dort bewundert werden.

Als König Gustav II. Adolf von Schweden 1625 die Galeone Vasa bauen ließ, sollte sie eins der größten und am stärksten bewaffneten Schiffe sein, um im Dreißigjährigen Krieg vor Macht strotzend die Gegner einzuschüchtern. Aber Vasa wurde etwas anderes. Erst einmal wurde es ein Desaster. Aber hunderte Jahre später wurde es ein archäologischer Kulturschatz, an dem wir die Vergangenheit sichtbar machen können. Es haben nicht nur die Schiffbauer des 17. Jahrhunderts etwas daraus gelernt, sondern wir lernen vieles über die Vergangenheit. Und wenn es auch nur die Erkenntnis ist, dass Prototypen und Auslegungsberechnungen wichtig sind.

Quellen

Ein Museumsbesuch im Vasamuseet,
<https://www.vasamuseet.se/de>



Das Schiff im Museum in Stockholm

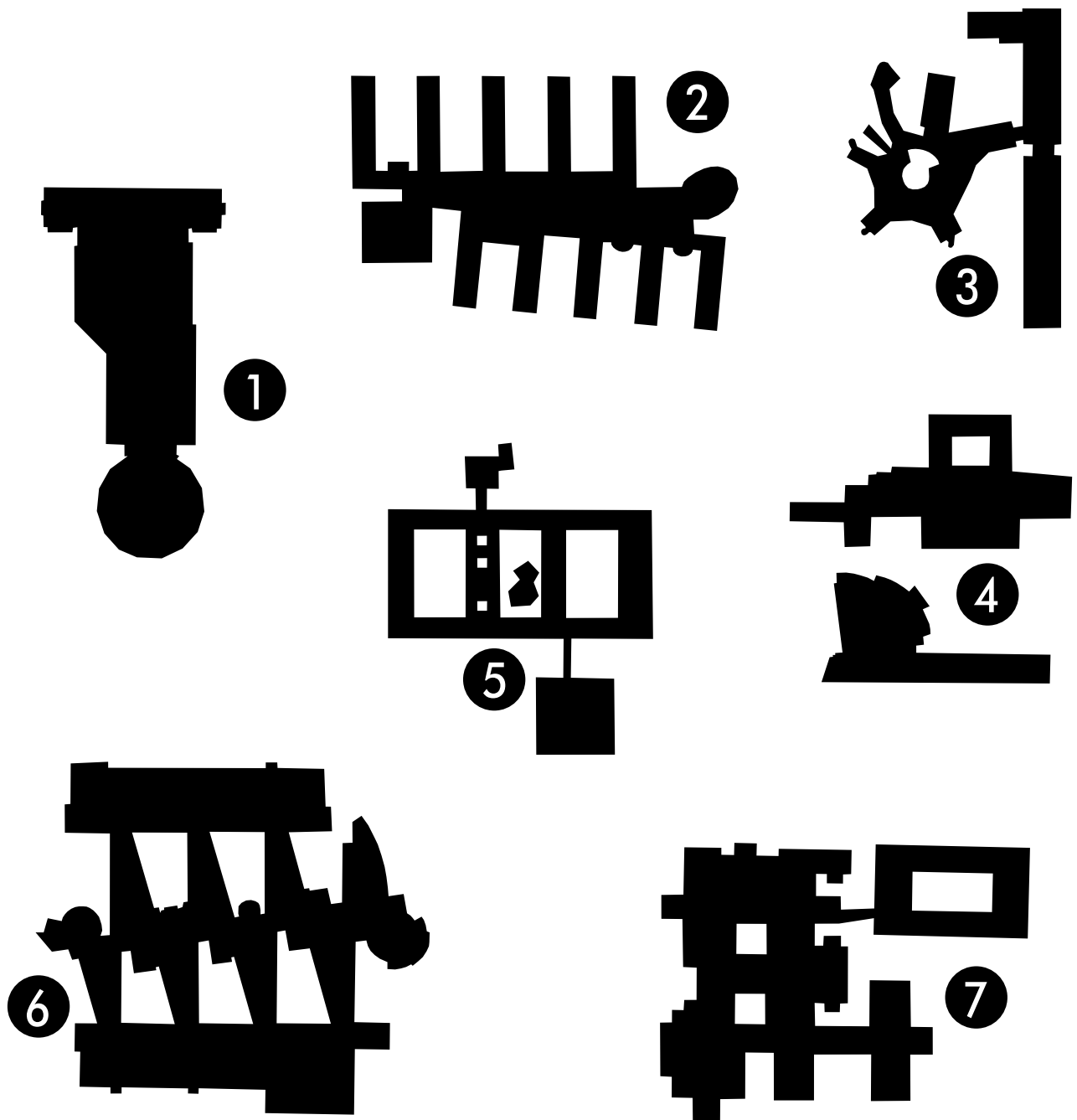


Die Bergungsaktion im Jahr 1961. Foto: Gerhard Huber



GEBÄUDERÄTSEL

Welche Ungebäude sind das?



Auflösung in der nächsten Ausgabe

Rettet die Wahlen



Hochschulwahl

5. Juli 2022

9 - 17 Uhr

