

Institutsbericht

2023/2024

**Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik (IWF)
der Technischen Universität Braunschweig**

Institutsleitung

Prof. Dr.-Ing. Klaus Dröder

Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann



Institutsleitung (links nach rechts)
 Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann
 Prof. Dr.-Ing. Klaus Dröder

Vorwort

Liebe Partnerinnen und Partner, Fördererinnen und Förderer sowie Freunde des IWF,

wir freuen uns, Sie mit diesem Bericht über die Neuigkeiten des Instituts für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik informieren zu können. Auch in diesem Jahr steht die Weiterentwicklung der strategischen Ausrichtung unserer Forschungsschwerpunkte im Mittelpunkt.

Im Bereich der Batterieforschung lag ein Fokus auf der Weiterentwicklung der Battery LabFactory Braunschweig in Richtung des erweiterten Formats BLB+ Braunschweig LabFactories for Batteries and more. Die BLB+ umfasst die Betrachtung von Energiespeicherung und -umwandlung, also neben innovativen Batterietechnologien unter anderem auch Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien. Einen wesentlichen Beitrag zum Erfolg unserer Batterieforschungsaktivitäten leisten unsere Forschungscluster GreenBatt, InZePro und ProZell, die nunmehr kurz vor ihrem Abschluss stehen. Trotz der Herausforderungen durch eine deutliche Kürzung der zukünftigen Fördermittel bieten die hervorragenden Projektergebnisse eine wichtige Basis für kommende Anschlussförderungen.

Ein weiterer Höhepunkt ist im Jahr 2024 der Start der Joint Research Groups in der Open Hybrid LabFactory (OHLF) in Wolfsburg und die damit verbundene Vertiefung gemeinsamer Forschungsaktivitäten mit der Ostfalia Hochschule, der Fraunhofer-Gesellschaft und den mitwirkenden Instituten der TU Braunschweig. Als weitere Aktivitäten am Standort Wolfsburg sind die bevorstehende Evaluation und Begehung durch die Mittelgeber der Forschungscampus-Förderung im Juni hervorzuheben, auf Basis welcher, so die Planung, wesentliche Voraussetzungen für eine dritte Förderphase unter dem Stern "Nachhaltige und zirkuläre Produktion" geschaffen werden sollen.

Interdisziplinäre Zusammenarbeit prägt nicht nur unsere Aktivitäten in den Zentren, sondern zeigt sich auch in unserem Engagement in Forschungsverbänden wie dem TRR 277 "Additive Manufacturing in Construction". Die exzellenten Bewertungen haben uns seit Beginn 2024 in die zweite Förderphase geführt, an der das IWF in zwei Teilprojekten maßgeblich beteiligt ist.

Ein absolutes Highlight war die unter Federführung des IWF erstmalige Eröffnung einer Forschungspräsenz der TU Braunschweig in Singapur im November 2023. Sie bietet zukünftig eine Plattform für die multidisziplinäre Forschung in den Bereichen intelligente und urbane Fertigung, urbane industrielle Symbiose, zirkuläre Produktion und nachhaltige Stadtplanung.

Neben der Eröffnung unserer Forschungspräsenz unterstreichen auch die Durchführung der Indo-German Challenge im Herbst 2023 mit spannenden fachlichen und interkulturellen Einblicken für indische und deutsche Studierende sowie unsere Teilnahmen an diversen internationalen Konferenzen, darunter die CIRP Life Cycle Engineering Conference in Turin, die International Conference on Learning Factories in Twente sowie die CIRP Conference on Assembly Technology and Systems unsere internationale Ausrichtung.

Besonders hervorzuheben sind weiterhin die mit Unterstützung bzw. in Federführung des IWF selbst ausgerichteten Konferenzen, deren Durchführung nur durch den erheblichen Einsatz der beteiligten Mitarbeitenden so erfolgreich möglich ist. Neben der inzwischen etablierten und sehr erfolgreichen International Battery Production Conference (IBPC), welche im Jahr 2023 in Braunschweig stattfand, und die dort auch in 2024 wieder stattfinden wird, werden dieses Jahr vom IWF noch zwei weitere Konferenzen ausgerichtet. Nach langjähriger Kooperation zwischen der alle zwei Jahre ausgerichteten Future Automotive Production Conference (FAPC) und dem Werkstoffsymposium sind die beiden Konferenzen im Mai 2024 erfolgreich erstmals unter dem gemeinsamen Format der „Circularity Days“ aufgetreten. Zusätzlich ist die CIRP Conference on Composite Material Parts Manufacturing (CCMPM) im September 2024 in Braunschweig.

Und natürlich trugen auch institutsinterne Veranstaltungen wie Doktoranden-Workshops und Strategiemeetings zu einem regen Austausch bei und förderten so unsere Forschungsaktivitäten. Die Erfolge und Errungenschaften des vergangenen Jahres sind das Ergebnis eines gemeinsamen Engagements aller Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter unseres Instituts, für das wir uns sehr herzlich bedanken. Damit möchten wir Ihnen auch in diesem Jahr wieder eine Vielzahl laufender und neuer Forschungsvorhaben vorstellen. Auf den folgenden Seiten haben wir wie gewohnt eine Auswahl aus unseren Forschungsprojekten und Aktivitäten zusammengestellt.

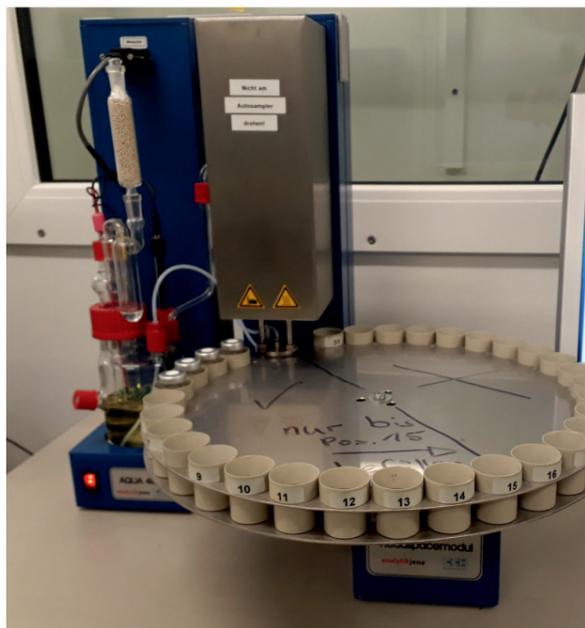
Wir wünschen Ihnen ein spannendes Forschungsjahr und freuen uns auf zukünftige Treffen und Möglichkeiten zum Austausch. Mit besten Grüßen aus dem IWF

Prof. Dr.-Ing. Klaus Dröder

Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann

Inhalt

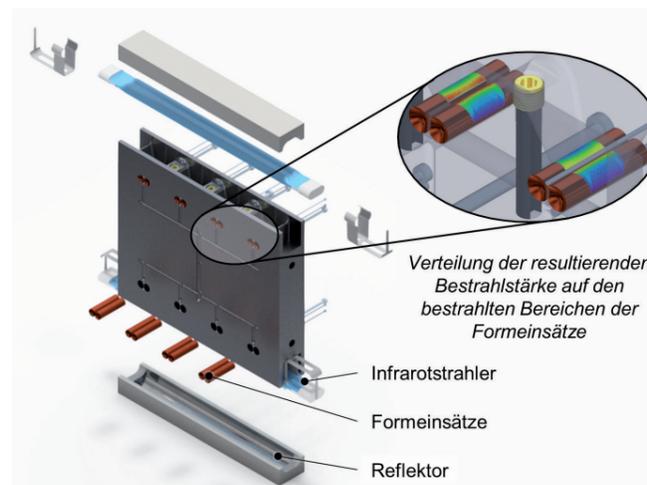
Einen kleinen Vorgeschmack auf die spannenden Aktivitäten des IWF haben Sie im Vorwort erfahren können. Auf den folgenden Seiten haben wir Ihnen eine Auswahl aus unseren Forschungsprojekten und Aktivitäten zusammengestellt.



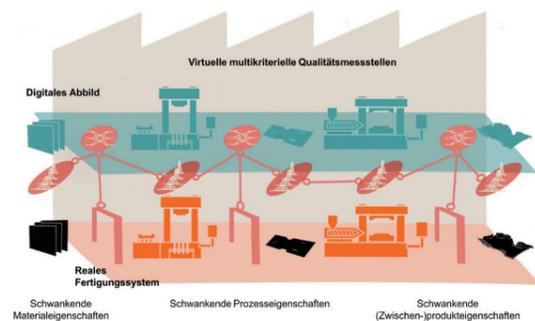
Seite 25 | NEWBIE – Next Generation Power Batteries



Seite 29 | BiPas – Passive vakuumbasierte Handhabung mittels bionischer Wirkprinzipien

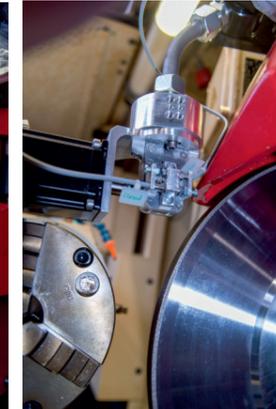
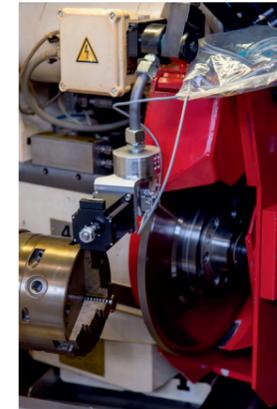


Seite 32 | DyVaTemp - Dynamisch variotherm temperierte Werkzeugeinsätze zur lokalen Verbesserung der Fließfähigkeit von Kunststoffschmelzen in Spritzgießwerkzeugen



Seite 34 | DigiPRO2green - Digitale Methoden für die Produktentwicklung und zirkuläre Produktion nachhaltiger Leichtbaustrukturen

Seite 45 | E-KISS - Betrieb energiebedarfsorientierter Kühlschmierstoffsysteme



Seite 46 | Hydrogen Terminal Braunschweig



1 Institutsprofil

- 6 Organisationsstruktur und Arbeitsfelder
- 8 Professur Fertigungstechnologien und Prozessautomatisierung
- 10 Professur Nachhaltige Produktion und Life Cycle Engineering

2 Forschung am IWF

- 12 Einrichtungen
- 20 Nachwuchsgruppe Urban Flows and Production
- 22 Ausgründung TU BS Singapore
- Ausgewählte Forschungsprojekte:
- 24 Fertigungstechnologien und Prozessautomatisierung
- 40 Nachhaltige Produktion und Life Cycle Engineering
- 50 Projektträger und Förderhinweise
- 52 Sonderforschungsbereich Transregio 277
- 53 Konferenzen 2023/2024
- 54 Promotionen 2023/2024

3 Lehre am IWF

- 62 Vorlesungen und Dozenten
- 64 Das Team des IWF
- 65 Impressum

Organisationsstruktur und Arbeitsfelder

Das Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik (IWF) wird gemeinschaftlich von Prof. Dr.-Ing. Klaus Dröder und Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann geleitet. Sie haben die Professuren für Fertigungstechnologien und Prozessautomatisierung sowie Nachhaltige Produktion und Life Cycle Engineering inne.

Die Professur Fertigungstechnologien und Prozessautomatisierung von Prof. Dr.-Ing. Klaus Dröder fokussiert technologische und automatisierungstechnische Fragestellungen entlang aktueller und zukünftiger Fertigungsprozessketten. Die Schwerpunkte zielen auf die Umsetzung zukünftiger Fertigungsstrategien, die eine stückzahl- und variantenflexible Fertigung funktionalisierter Produkte mit höchster Effizienz ermöglichen. Die Forschungsgebiete erstrecken sich von der Montage und Fertigungsautomatisierung über die automatisierten Prozessketten für die Batterieproduktion bis hin zu neuen Fertigungs- und Werkzeugtechnologien für die integrierte Herstellung werkstoffhybrider Funktionsstrukturen sowie die virtualisierte Prozesskettenbetrachtung unter Zuhilfenahme von numerischen Methoden. Hierbei werden neben zukunftsorientierten Produktionskonzepten besonders auch innovative und nachhaltige (De-)Montage- und Fertigungskonzepte zur Ertüchtigung einer Kreislaufproduktion betrachtet.

Die Professur für Nachhaltige Produktion und Life Cycle Engineering von Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann verfolgt einen systematischen Ansatz zur Gestaltung von Produkten und Prozessen gemäß einer nachhaltigen Entwicklung (technisch-wirtschaftlich und ökologisch). Forschungsschwerpunkte sind Technologien sowie (digitale) Methoden und Werk-

Professurübergreifend strukturieren sich die Forschungsaktivitäten als Matrixorganisation in sieben Abteilungen und fünf Teams. Die Abteilungs- und Teamstrukturen sorgen für die nötige fachbezogene Vernetzung und reflektieren die vielschichtige Einbindung des Instituts in die strategischen Forschungsschwerpunkte der Technischen Universität Braunschweig „Stadt der Zukunft“, „Metrologie“, „Mobilität“ sowie „Engineering for Health“.

zeuge zur Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz und zur Schließung von Stoffkreisläufen. Gestaltungsansätze fokussieren die Optimierung der (Teil-)Systeme einer Fabrik: von einzelnen Maschinen und Prozessketten, der technischen Gebäudeausstattung bis hin zu Produktionssystemen und deren Einbettung in den urbanen Kontext. Weiterhin zielt die Forschung auf die Minimierung von Kosten und Umweltwirkungen entlang des gesamten Produktlebenszyklus sowie auf die optimierte Gestaltung übergeordneter, komplexer Systeme der Systeme, welche durch eine intelligente Vernetzung von Produkten, Maschinen und Anlagen mit ihrer Umwelt gekennzeichnet sind.

Das IWF engagiert sich in fächer- und fakultätsübergreifenden Forschungsverbänden, welche als Zentren organisiert sind. Am Standort Braunschweig befinden sich die „Lab-Factories for Batteries and more“ (BLB+) zur Erforschung neuer Prozessketten für die Herstellung von Traktionsbatterien, die Niedersächsischen Forschungszentren für Luftfahrt und Fahrzeugtechnik (NFL und NFF) sowie das Zentrum für Pharmaverfahrenstechnik zur Entwicklung von Herstellungsverfahren für kostengünstige und personalisierte Arzneimittel. Der Wasserstoff Campus Salzgitter bildet den Fokus des IWF für die Weiterentwicklung von Prozessketten rund um die Elektrolyseur- und Brennstoffzellenproduktion. Am kürzlich zum Standort der TU Braunschweig weiterentwickelten Campus Wolfsburg ist das IWF ebenfalls vertreten und treibt die Aktivitäten des BMBF-Forschungscampus „Open Hybrid LabFactory“ (OHLF) voran. Hier werden Produktionstechnologien und Kreislaufproduktionskonzepte für multifunktionale Fahrzeugstrukturen erforscht und zusammen mit industriellen Partnern im Rahmen einer Public Private Partnership entwickelt.



Fertigungstechnologien und Prozessautomatisierung

Innerhalb der Abteilung für Montage und Fertigungsautomatisierung werden innovative Lösungen und Ansätze in der Automatisierung und Handhabungstechnik der Produktion von Morgen untersucht. Neben der Montage werden auch Aspekte der Demontage betrachtet und durch Funktions- und Sensorintegration in der Handhabung sowie durch Strategien des maschinellen Lernens weiterentwickelt. Der Fokus liegt im konzeptionellen Entwurf, der System- und Prozessmodellierung, der automatisierungsorientierten Prozessgestaltung und der Untersuchung von innovativen Automatisierungs- und Montagekonzepten.

Die Themenschwerpunkte der Abteilung für Automatisierte Batterieproduktion umfassen die volumenfähige und variantenflexible Batterieproduktion mit den Fertigungsprozessen Stapelbildung, Lamination, Einhausung und Elektrolytbefüllung zur Herstellung von Lithium-Ionen-Batterien sowie den montagebezogenen Prozessen für All-Solid-State-Batterien. Dabei werden insbesondere die Erforschung von Prozess-Produkt-Wirkbeziehungen, die Entwicklung materialangepasster und hochdurchsatzfähiger Handhabungskonzepte sowie die Demontage von System- über Modul- bis auf Elektrodenenebene fokussiert.

Die Gestaltung und Fertigung von Produkten mit dem Anspruch eines nachhaltigen Materialeinsatzes ist Forschungsgegenstand der Abteilung Hybrider Leichtbau und integrierte Formgebung. Darüber hinaus werden intelligente und funktionalisierte Werkzeug- und Formenbau-Technologien entwickelt, um neue Fertigungsstrategien für kreislauffähige Leichtbau- und Funktionsstrukturen zu realisieren. Der Schwerpunkt liegt auf den Fertigungsprozessen sowie der Untersuchung von kreislaufgerechten Re-X-Strategien.

Ziel der Abteilung Numerische Methoden ist die Simulation und Modellierung von Produktionsverfahren. Hierbei werden virtuelle Prozessketten erforscht, die verschiedene Einzelmodelle im Sinne eines ganzheitlichen Produkt- und Produktionsengineering koppeln. Diese Modelle ermöglichen es, Prozesseinflüsse und Wechselwirkungen zu analysieren und ein erhöhtes Prozessverständnis zu erlangen. Die numerischen Ansätze werden zudem mit Methoden der Künstlichen Intelligenz erweitert um recheneffiziente, physikbasierte Modelle zur Optimierung und Regelung im Betrieb aufzustellen und fokussiert neben der anwendungsbezogenen Nutzung insbesondere auch die Grundlagenforschung.

Montage und Fertigungsautomatisierung

Fynn Dierksen, M.Sc.
Arne Wagner, M.Sc.

Automatisierte Batterieproduktion

Timon Scharmann, M.Sc.
Do Minh Nguyen, M.Sc.

Hybrider Leichtbau und integrierte Formgebung

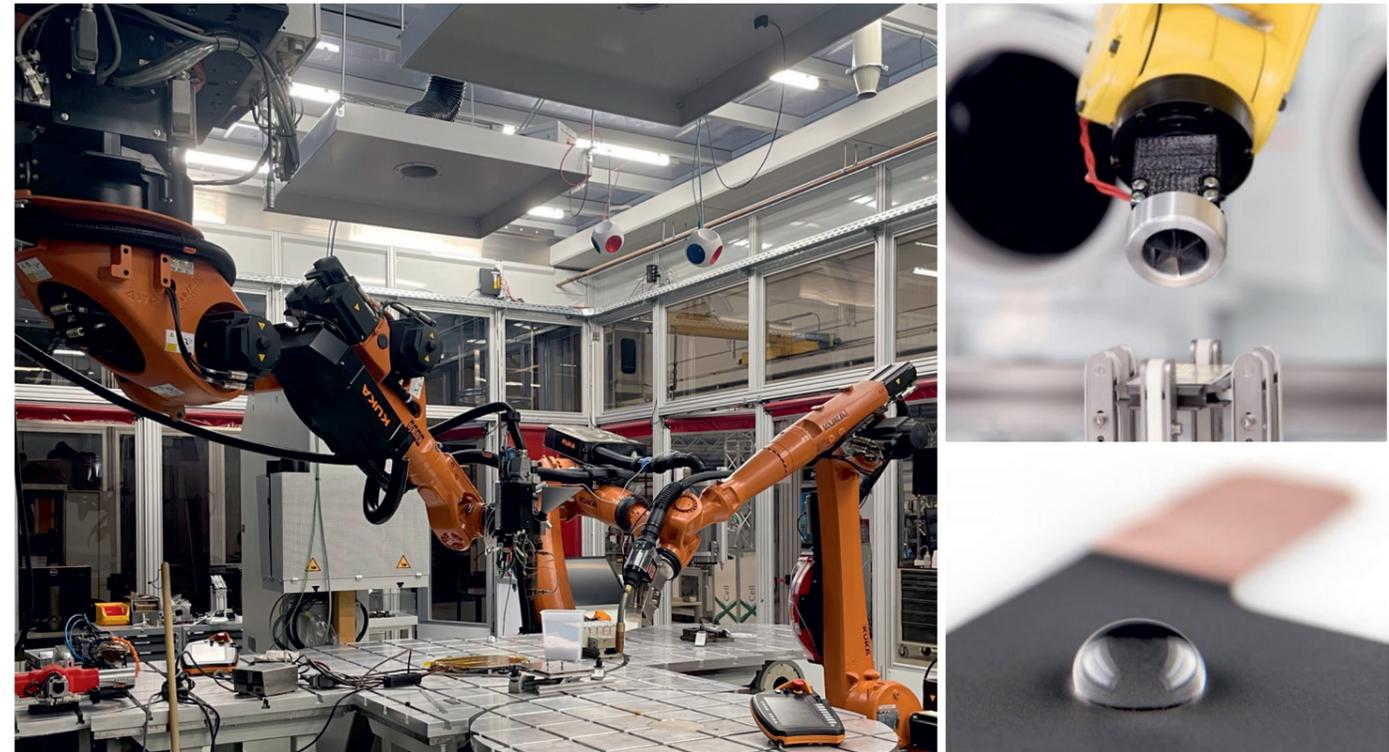
Dr.-Ing. Werner Berlin
Christoph Persch, M.Sc.

Numerische Methoden

Dr.-Ing. André Hürkamp



Prof. Dr.-Ing. Klaus Dröder



Die Professur Fertigungstechnologien und Prozessautomatisierung fokussiert technologische und automatisierungstechnische Fragestellungen entlang aktueller und zukünftiger Fertigungsprozessketten. Innerhalb der Forschungsarbeiten zielen die kontinuierlich und konsequent weiterentwickelten Schwerpunkte auf die Umsetzung intelligenter Fertigungsstrategien, die eine hochproduktive, digitalisierte und effiziente Fertigung funktionalisierter Produkte und derer Varianten in unterschiedlichen Stückzahlen ermöglichen. Besonderes Augenmerk gilt dabei der prozessindividuellen Montage- und Fertigungsautomatisierung, der Fertigung kreislauffähiger Produkte sowie den Werkzeug- und Simulationstechniken. Besondere Zielfelder bilden hierbei zukünftige Fertigungstechniken und virtuell abbildbare Prozessketten, die automatisierte Batteriefertigung, skalierbare additive Fertigungsverfahren für verschiedenste Einsatzfelder (z.B. in der Werkzeugtechnik oder im Bauwesen) sowie sogenannte Reverse-Production-Techniken als "Enabler" für eine zukünftige Kreislaufwirtschaft.

Nachhaltige Produktion und Life Cycle Engineering

Die Abteilung Nachhaltige Produktion und Fabriksysteme entwickelt Methoden, digitale Werkzeuge und Technologien für die nachhaltigkeitsorientierte Analyse und Bewertung sowie Planung und Steuerung von Fabriken. Hierbei werden alle Teilsysteme der Fabrik – Produktionsmaschinen und -prozessketten, technische Gebäudeausstattung und Gebäudehülle – betrachtet. Im Fokus sind dabei jegliche mit der Produktion in Verbindung stehenden relevanten Ressourcen, wie insbesondere Material- und Energieflüsse.

Der Schwerpunkt der Abteilung Life Cycle Engineering liegt auf der Entwicklung von rechnerunterstützten Ansätzen zur Analyse und Bewertung von lebenszyklusübergreifenden ökologischen und ökonomischen Auswirkungen von Produkten, Prozessen und Dienstleistungen. Die Weiterentwicklung hin zu einem Integrated Computational Life Cycle Engineering ermöglicht auch die Betrachtung komplexer Produkte unter zugrundeliegender Variabilität.

Die Abteilung System of Systems Engineering erforscht die Einbettung von Fabriken in den räumlichen und urbanen Kontext sowie in übergeordnete Produktionsnetzwerke und betrachtet hierzu innovative Formen der Zusammenarbeit zwischen Unternehmen im Sinne einer industriellen Symbiose mit einem Fokus auf Resilienz und Nachhaltigkeit. Hierfür entwickeln wir interdisziplinäre Methoden und Werkzeuge zur systematischen Analyse, Bewertung und Gestaltung komplexer Systeme sowie der mit ihnen in Wirkbeziehung stehenden Um- und Subsysteme sowie neuartige Geschäftsmodelle wie Produkt-Service-Systeme. Ziele sind die Bündelung der Fähigkeiten und Ressourcen von unabhängigen Teilsystemen und die Realisierung emergenten Verhaltens durch deren intelligentes Zusammenwirken.

Internationale Kooperationen

Für die Förderung einer nachhaltigen Entwicklung ist es essentiell, Anforderungen einer globalisierten Welt zu verstehen und zu berücksichtigen. Daher streben wir nach dem Aufbau und der Pflege eines starken Netzwerks internationaler Zusammenarbeit, das auf einen aktiven Austausch von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie Studierenden abzielt. Wichtige Kooperationen basieren auf gemeinsamen Forschungs- und Lehraktivitäten mit Partnern in Singapur, Indien, Japan und Australien. Zu den Partnern zählen u.a. das Singapore Institute of Manufacturing Technology (SIMTech, Singapur), das Advanced Remanufacturing and Technology Centre (ARTC, Singapur), das Birla Institute of Technology (BITS Pilani, Indien), die University of Tokyo (Japan) sowie die University of Melbourne und die University of New South Wales (beide Australien).



Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann

Nachhaltige Produktion und Fabriksysteme

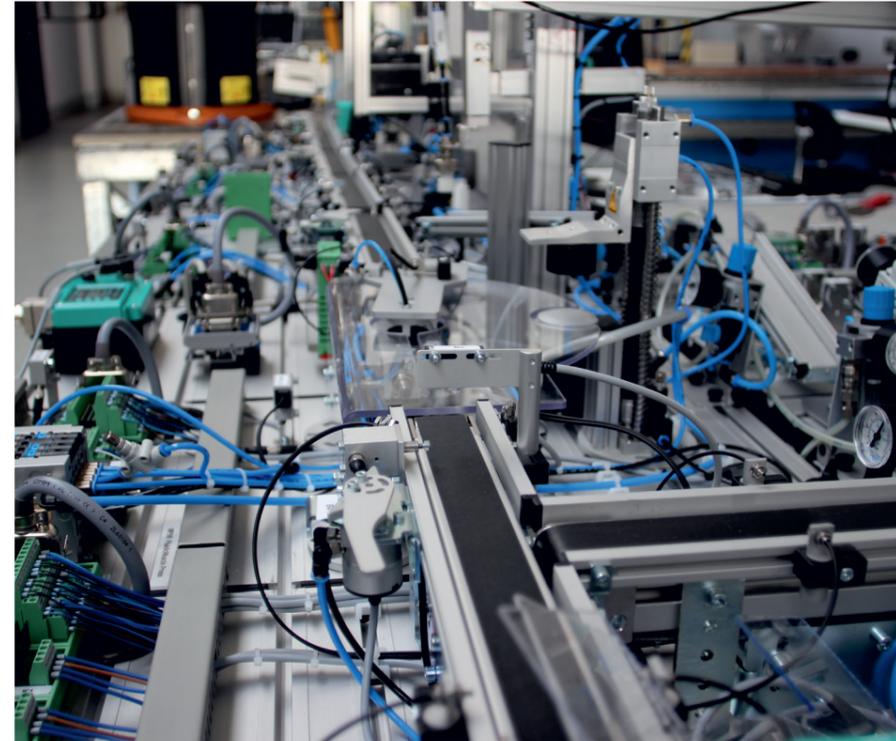
Gabriela Ventura Silva, M.Sc.

Life Cycle Engineering

Steffen Blömeke, M.Sc.

System of Systems Engineering

Dr.-Ing. Mark Mennenga



Die Professur Nachhaltige Produktion und Life Cycle Engineering von Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann ist seit dem Jahr 2011 inhaltlich fest am Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik verankert. Das Portfolio umfasst die Forschungsfelder Nachhaltige Produktion und Fabriksysteme, Life Cycle Engineering und System of Systems Engineering. Das von uns entwickelte Konzept des Ganzheitlichen Life Cycle Management dient hierbei als Rahmen für die Aktivitäten in Forschung und Lehre, welche wir in enger Anbindung an die Industrie durchführen.



Aleksandra Naumann

al.naumann@tu-braunschweig.de
Telefon + 49 531 391-7642



Edith Uhlig

edith.uhlig@tu-braunschweig.de
Telefon + 49 531 391-2704

Regionale Allianz der Forschungs-
institutionen der Dachmarke BLB+

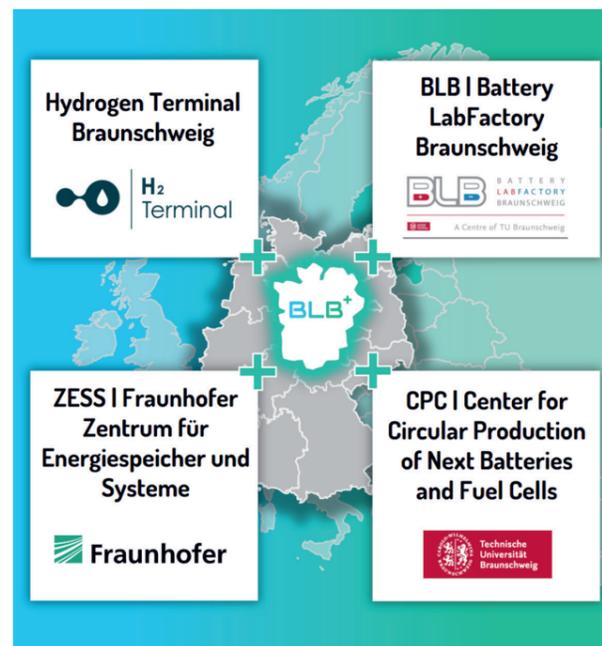
EINRICHTUNG_ Braunschweig LabFactories

Braunschweig LabFactories for Batteries and more (BLB+)

Die Dachmarke "Braunschweig LabFactories for Batteries and more", kurz BLB+, ist eine seit Ende 2023 etablierte regionale Plattform für die innovative Forschung an Batterien, Brennstoffzellen und weitere Energiespeicher- und -konversionssysteme. Ausgehend von der TU Braunschweig und in enger Partnerschaft mit weiteren Forschungsinstitutionen in diesem Bereich, darunter das Hydrogen Terminal Braunschweig (H2 Terminal) und das Fraunhofer-Zentrum für Energiespeicher und -systeme (ZESS), bündelt dieser Zusammenschluss die zentralen Forschungsaktivitäten in Braunschweig und Umgebung für die nationale und internationale Sichtbarkeit des Forschungsstandortes Niedersachsen.

Forschungsinfrastruktur mit Aktivitäten des IWF

Ausgangspunkt dieses Zusammenschlusses bildet das ProductionLab am Langen Kamp - ursprünglich das Kernstück der Battery LabFactory Braunschweig - als Forschungsinfrastruktur für die Produktion lithiumbasierter Batteriesysteme im Labormaßstab, in dem das IWF die Themenkomplexe Zellaassemblierung und Digitalisierung verantwortet. Die Eröffnung des CircularLabs im November 2023 am Forschungsflughafen erweiterte das Standortportfolio und setzt den Forschungsschwerpunkt auf die Themen der nachhaltigen Produktion und Recycling von Batteriesystemen, in dem Prozesse der Demontage von Batterien von Modul- auf Zellebene untersucht werden. Diese Themen sollen im sich derzeit im Bau befindlichen Forschungsbau des Centers for Circular Production of Next Batteries and Fuel Cells (CPC) mit geplanter Eröffnung im Jahr 2027 weiter vertieft und bereits in der Produktion von Feststoffbatterien sowie membranbasierten Energiesystemen mitgedacht werden. Seit 2023 ist das EducationLab im Technikum des IWFs im Aufbau,



welches eine innovative Lehr- und Lernumgebung für die Aus- und Weiterbildung von Fachkräften und dem Wissenstransfer von Fach- und Methodenkompetenzen zur zirkulären Batterieproduktion bilden soll.

Forschungsschwerpunkte des IWF

Die Professur von Prof. Herrmann beschäftigt sich mit den Themenfeldern der nachhaltigen Produktion, Ressourceneffizienz, Simulation, Ökobilanzierung und dem Einsatz von Industrie-4.0-Ansätzen in der Batteriezellproduktion sowie dem zunehmend industriell bedeutsamen Batterierecycling. Der methodische Fokus liegt dabei auf Prozesssystemanalysen, ökologischen und ökonomischen Bewertungen über den gesamten Lebenszyklus sowie der Datenerfassung, -speicherung, und -verarbeitung. Übergeordnete Ziele sind die Erhöhung der Produkt- und Prozessqualität sowie die Reduzierung der prozessabhängigen Kosten und Emissionen. In öffentlich geförderten sowie industriellen Projekten wird neben Lithium-Ionen-Batterien mit flüssigem Elektrolyten an Next-Generation-Batterien und Festkörperbatterien geforscht.

Die Professur von Prof. Dröder entwickelt mit Hilfe der Infrastruktur der BLB+ neuartige Prozess- und Automatisierungsstrategien und erschließt Effizienzpotenziale in der Batteriezellproduktion. Hierbei bilden die material- und durchsatzspezifische Zellaassemblierung mit Stapelbildung, Einhausung und Elektrolytbefüllung sowie das Recycling die Forschungsschwerpunkte in öffentlich geförderten Projekten sowie engen Kooperationen mit industriellen Vertretern in diesem Spannungsfeld, wobei zunehmend der Anwendungsfall auf Next-Generation-Batteriesysteme, wie Festkörperbatterien, in den Vordergrund rückt. Aktuelle Forschungsaktivitäten betreffen unter anderem die Erforschung von Prozessketten für die automatisierte Batteriedemontage unter dem Gesichtspunkt der Demontage-tiefe, bspw. von Modul- bis auf Zellebene (HVBatCycle), oder der Variantenflexibilität, etwa unter Nutzung innovativer kamerabasierter Lösungen (VaTreBat). Im Projekt NEWBIE erfolgt die Untersuchung von Belastungsgrenzen in der Zellaassemblierung zur Formulierung von Einsparungspotenzialen entlang der Batterieproduktion.

<https://www.tu-braunschweig.de/blb>



Timon Scharmann

t.scharmann@tu-braunschweig.de
Telefon + 49 531 391-8758

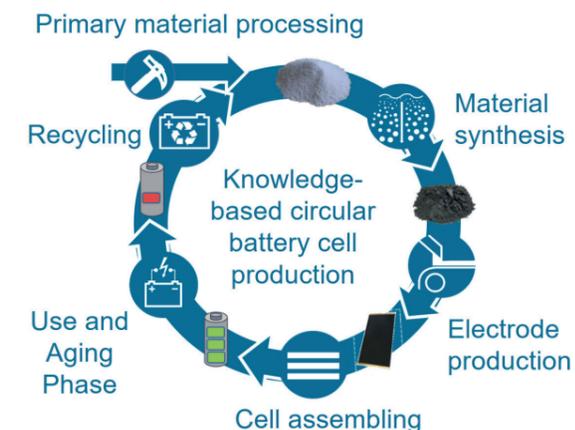
BLB+ Braunschweig LabFactories for Batteries and more

Gemeinsame Forschungsinfrastruktur der Dachmarke BLB+

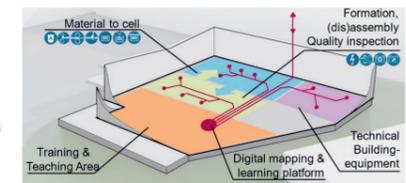
CircularLab (2023)



DiagnosisLab (2022)



EducationLab (2024)



ProductionLab (2014)





Tim Ossowski

t.ossowski@tu-braunschweig.de
Telefon +49 531 391-65040

Förderung:
BMBF,
EFRE (Anlagen),
MWK
Laufzeit:
Planmäßige Verstetigung zum
Universitäts- und Innovationscampus

EINRICHTUNG_OHLF – Open Hybrid LabFactory

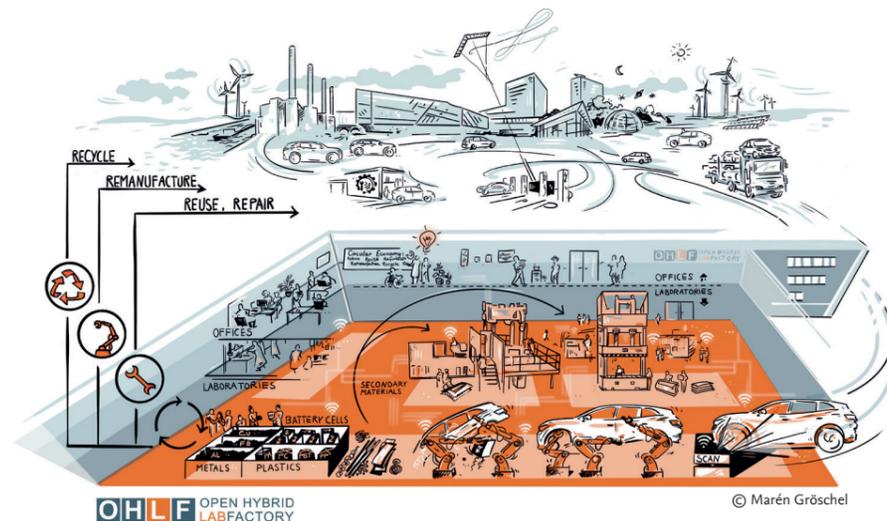
Open Hybrid LabFactory und Campus Wolfsburg

Startschuss für die Beantragung der dritten Förderphase

Seit der Gründung der Open Hybrid LabFactory (OHLF) im Jahr 2012 wurde der Forschungscampus in seiner Programmatik, Organisationsstruktur und im Partnernetzwerk stetig weiterentwickelt. Diese dynamische Wandlungsfähigkeit ermöglicht es, gesellschaftliche, politische und wirtschaftliche Bedarfe im Forschungsprogramm abzubilden. Alle fünf Jahre wird der Forschungscampus durch eine Begutachtung des BMBF mit Unterstützung einer hochkarätigen Jury und Gutachtern für die folgende Förderphase evaluiert. Die Arbeit und Ergebnisse des letzten Jahres zielten maßgeblich auf die Vorbereitung der Beantragung der nächsten Förderphase ab. Gemeinsam mit unseren Stakeholdern und Mitgliedsunternehmen und -instituten wurden in strategischen und fachlichen Workshops die Leitlinien der Forschungsprogrammatik bis 2030 erarbeitet und definiert. Die Forschungsvorhaben für die dritte Förderphase greifen nun die offenen Fragestellungen der zweiten Phase auf und adressieren darüber hinaus dringliche gesellschaftliche, politische und industrielle Herausforderungen im Rahmen der Kreislaufwirtschaft. Im Allgemeinen wird mit den skizzierten Vorhaben der weitere Kompetenzaufbau im Bereich Circular Economy für Mobilitätsträger entlang definierter Handlungsfelder angestrebt, indem Herausforderungen wie eine sortenreine Rückgewinnung von Werkstoffen, effiziente automatisierte Prozesse, die Analyse und Beurteilung von Materialqualitäten und die ressourceneffiziente Wiederverarbeitung zu leistungsfähigen Produkten/Bauteilen in den Vorhaben aufgegriffen werden.

Das Zukunftskonzept des Campus Wolfsburg

Mit Blick auf die permanente Verstetigung des Forschungsstandorts der Open Hybrid LabFactory, wurde im Jahr 2023 eine Initiative zum Aufbau eines Campus Wolfsburg gestartet. Dazu wurden die interdisziplinären Ressourcen lokaler Akteure gebündelt, um die Leistungsdimensionen Forschung, Lehre, Weiterbildung, Industrie- und Gesellschaftstransfer sowie Entrepreneurship für eine Circular Economy im Mobilitätskontext am Standort nachhaltig zu stärken. Eine Bündelung des regionalen Forschungs-, Lehr- und Weiterbildungsangebots unter einer Dachmarke soll zur nachhaltigen Steigerung der überregionalen Sichtbarkeit sowie der Gewinnung (inter-)nationaler Talente dienen. Durch



Die Forschungsthemen an der Open Hybrid LabFactory für die dritte Förderphase

die Formulierung eines Dachkonzepts war es möglich, erhebliche zusätzliche Mittel insbesondere mit Unterstützung der Stadt Wolfsburg und vom Land Niedersachsen einzuwerben, die dem Ausbau der Infrastruktur sowie der Personalgewinnung dienen, um die Weiterentwicklung der Forschungsprogrammatik „Circular Economy Technologies“ voran zu treiben. Die Akteure der Campus-Wolfsburg-Initiative sind das Ministerium für Wissenschaft und Kultur des Landes Niedersachsen (MWK), die Stadt Wolfsburg, die Volkswagen AG und weitere Industriepartner des OHLF-Netzwerks sowie die beteiligten Forschungseinrichtungen der TU Braunschweig, Ostfalia Hochschule und Fraunhofer-Gesellschaft. In interdisziplinären Arbeitsgruppen werden konkrete Aktivitäten und Maßnahmen zur nachhaltigen Standortentwicklung und zum Ausbau des „Campus Wolfsburg“ erarbeitet. Ergänzende Effekte aus dieser Initiative sind unter anderem eine Verbesserung der lokalen Infrastruktur oder die Steigerung der öffentlichen Wahrnehmung durch (über-)regionales Marketing. Gleichzeitig hat die TU Braunschweig am Standort Wolfsburg eine ständige Repräsentanz in Form ihres ersten offiziellen Außenstandortes eingerichtet, wodurch Wolfsburg zur Universitätsstadt wird. Fachlich wird der Verstetigungsprozess zunächst bis 2028 durch eine Förderung des Landes Niedersachsen mit 11,5 Mio. € erheblich basisfinanziert.

Vier neue Joint Research Groups zur Verstetigung der Forschungsstrategie

Eine der ersten Maßnahmen für die thematische Verstetigung und Erschließung weiterer Forschungsfelder ist die Einrichtung von vier Joint Research Groups (JRG). Hierbei arbeiten Wissenschaftler der TU Braunschweig, der Fraunhofer-Gesellschaft und der Ostfalia Hochschule in interdisziplinären Forschungsgruppen zusammen. Thematisch ordnen sich die Gruppen in die Standortschwerpunkte ein, indem zukunftsweisende Handlungsfelder für eine nachhaltige Transformation der Mobilität adressiert werden. Die Erforschung und Entwicklung neuartiger Technologien und Anlagentechnik für die variantenflexible Zerlegung komplexer Fahrzeugstrukturen im Kontext einer „Reverse Production“ ist Gegenstand der JRG1 „Automatisierte Gesamtfahrzeugdemontage“. Dies zielt auf die Steigerung von Fahrzeugverwertungsquoten sowie der Verfügbarkeit und Qualität von Rezyklatwerkstoffen. Die JRG2 „Nachhaltige Material- und Oberflächensysteme“ fokussiert die Entwicklung von langzeitstabilen, schmutzabweisenden und antibakteriellen Oberflächen mit sehr guten tribologischen Eigenschaften, etwa aus Naturstoffen und betrachtet darüber hinaus die gesamte Herstellungsprozesskette durch ein ganzheitliches Life Cycle Engineering. Die Verarbeitung und Qualifikation von nachhaltigen und besonders CO₂-effizienten Konstruktionswerkstoffen steht in der JRG 3 „Adaptive Verarbeitung von biobasierten Werkstoffen“ im Fokus der Forschungsarbeiten. Die JRG 4 „KI-basierte Produktentwicklung und Optimierung“ befasst sich mit der ganzheitlichen Optimierung



Anna-Sophia Wilde

a.wilde@tu-braunschweig.de
Telefon + 49 531 391-65034

und Beschleunigung von Produktdesign- und Entwicklungsprozessen, indem KI-gestützt und in Echtzeit das Feedback auf Designmaßnahmen von Konstruktionen hinsichtlich der funktionellen Anforderungen des Bauteils zurückgespielt wird.

<https://open-hybrid-labfactory.de/>

Thematische Einordnung der Joint Research Groups



JRG 1
Automatisierte Gesamtfahrzeugdemontage



JRG 2
Nachhaltige Material- und Oberflächensysteme



JRG 3
Adaptive Verarbeitung von biobasierten Werkstoffen



JRG 4
KI-basierte Produktentwicklung und Optimierung





Arne Wagner

ar.wagner@tu-braunschweig.de
Telefon + 49 531 391-7631

Standortpartner:

Allianz für die Region GmbH,
Alstom Transport Deutschland GmbH,
Amt für regionale Landesentwicklung
Braunschweig,
Fraunhofer-Institut für Schicht- und
Oberflächentechnik IST,
MAN Energy Solutions SE,
Robert Bosch Elektronik GmbH,
Salzgitter AG,
Stadt Salzgitter,
TU Braunschweig,
WEVG Salzgitter GmbH & Co. KG

EINRICHTUNG_Wasserstoff Campus Salzgitter

Wasserstoff Campus Salzgitter

Bereits seit 2019 arbeiten regionale Partner aus Politik, Industrie und Wissenschaft in Salzgitter daran, nachhaltige Lösungen im Kontext der Wasserstoffwirtschaft zu entwickeln und forschen hierfür bereits seit mehreren Jahren in den unterschiedlichsten Anwendungsfeldern. Mit der Gründung des Wasserstoff Campus Salzgitter als eingetragenen Verein haben die Gründungsmitglieder (Allianz für die Region GmbH, Alstom Transport Deutschland GmbH, Fraunhofer-Institut für Schicht und Oberflächentechnik IST, MAN Energy Solutions SE, Robert Bosch Elektronik GmbH, Salzgitter AG, Stadt Salzgitter, Technischen Universität Braunschweig, WEVG Salzgitter GmbH & Co. KG) damit einen neuen Meilenstein erreicht. Mit dem Verein bietet sich ein starkes Netzwerk, in dem die Zusammenarbeit von Politik, Industrie und Wissenschaft koordiniert und damit innovative Ideen, Projekte und ein ganzheitlicher Wissenstransfer neu gestaltet werden kann. Aufbauend auf der Kooperation der Vereinsmitglieder können so kontinuierlich neue Ansätze für eine ganzheitliche Nachhaltigkeit von der Produktion, den Komponenten für Erzeugung und Speicherung bis hin zur Nutzung von Wasserstoff initiiert werden.

Forschungsschwerpunkte am Wasserstoff Campus Salzgitter

Am Wasserstoff Campus in Salzgitter werden verschiedene Forschungsschwerpunkte kontinuierlich weiterentwickelt, die insbesondere durch die wissenschaftlichen Partner mit dem Fraunhofer-Institut für Schicht und Oberflächentechnik IST und dem IWF vorangetrieben werden. Diese befassen sich mit der Dekarbonisierung der Industrie, der Sektorenkopplung für klimaneutrale Fabrikssysteme und Quartiere, Wasserstoff in der Mobilität und flexiblen Produktionstechnologien für Wasserstoffkomponenten.

Im Bereich der Dekarbonisierung der Industrie liegt der Schwerpunkt insbesondere auf der Identifikation von potenziellen Wasserstoffherstellungs- und Abnahmestandorten, wie beispielsweise dem Stahlwerk der Salzgitter AG als möglichen sehr großen Abnehmer für grünen Wasserstoff. Nach der Identifikation der Standorte gilt es, diese umfangreich hinsichtlich Kapazität und Bedarf zu analysieren, um geeignete Vernetzungskonzepte zu entwickeln und regionale Quellen und Senken zu ermitteln.

Um zu bewerten, welcher Bedarf in der Industrie oder auch anderen Quartieren besteht, müssen neue Modelle zur Sektorenkopplung entwickelt werden. Mithilfe dieser Modelle können die Wasserstoffquellen und -senken auch zeitlich analysiert und quantifiziert werden. So kann die Dekarbonisierung der Industrie und die Kopplung mit anderen Sektoren übergreifend betrachtet werden.

Neben den überwiegenden stationären Anwendungen bei Fabrik- und Quartiersystemen bietet insbesondere die PEM-Brennstoffzelle hohes Potenzial für die Nutzung von Was-

serstoff in der Mobilität. Hierfür werden am Wasserstoff Campus Salzgitter nachhaltige Systeme entwickelt, die beispielsweise in Zügen, schweren Nutzfahrzeugen oder auch im maritimen Umfeld Anwendung finden können. Neben der Auslegung des Brennstoffzellensystems steht die Entwicklung von innovativen fluorfreien Materialien als zukünftige Entwicklung mit im Fokus. Um zu gewährleisten, dass diese innovativen Materialien im Produktionsprozess verarbeitet werden können, forschen das IWF der TU Braunschweig und das Fraunhofer IST an neuen flexiblen Produktionstechnologien für den Einsatz dieser kontinuierlich weiterentwickelten Technologien. Dabei werden Prozesse von der Materialentwicklung, über Herstellverfahren zur Fertigung von Komponenten bis hin zur Montage und Demontage von ganzen Systemen betrachtet.

Ausblick und Standortentwicklung

Mit den fokussierten Forschungs- und Themenschwerpunkten ist ein erklärtes Ziel des Wasserstoff Campus e.V. sich als zentrale Anlaufstelle in der Region entlang der gesamten Wertschöpfungskette der Wasserstofftechnologien zu etablieren und die weiteren Entwicklungen strukturiert sowie mit hohem Wissenstransfer innerhalb des Netzwerks zu steuern. Um dieses Ziel zu erreichen, soll der Standort kontinuierlich mit neuen und innovativen Projekten weiterentwickelt werden. Darüber hinaus ist ein weiteres Ziel, den frisch gegründeten Verein weiter wachsen zu lassen und durch neue Partner weitere Expertise aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft zusammenzubringen und sowohl national als auch international die Wahrnehmung des Wasserstoff Campus zu erhöhen. Neben der Akquise von neuen Forschungsprojekten und der Gewinnung von neuen Partnern spielt auch der Ausbau von Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen sowie die Integration in die Lehraktivitäten der wissenschaftlichen Partner eine wichtige Rolle. Auch wird mit der Aus- und Weiterbildung von Fachkräften entlang der gesamten Wertschöpfungskette von Wasserstofftechnologien ein nennenswerter Beitrag zur Entwicklung der Region geleistet.

<https://wasserstoff-campus-salzgitter.de/>

Wasserstoff Campus
Salzgitter

Offizieller Gründungstermin des Wasserstoff Campus e.V. mit Vertreter*innen der Gründungspartner und dem Vereinsvorstand

Foto © FMN | Rudolf Karliczek



Vorstellung von Projekten und Inhalten entlang der gesamten Wasserstoffwertschöpfungskette im Rahmen des IHK-Sommerfestes 2023 am Wasserstoff Campus Salzgitter



Quelle: <https://www.ihk.de/braunschweig/wirtschaft-online/titel/ihk-sommerabend-2023-5881460>





Sandro Süß

s.suess@tu-braunschweig.de
Telefon + 49 531 391-7159



Gabriela Ventura Silva

g.ventura-silva@tu-braunschweig.de
Telefon + 49 531 391-8755

EINRICHTUNG_Lernfabrik

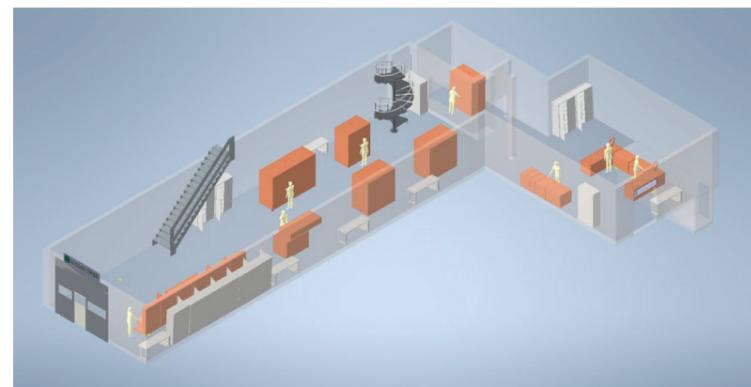
Lernfabrik zur zirkulären Batteriezellproduktion

Der Auf- und Ausbau industrieller Batteriezellproduktionsfabriken in Deutschland als Folge der Energie- und Mobilitätswende erzeugt einen enormen Bedarf an Fachkräften. Dabei hat sich die Erkenntnis durchgesetzt, dass die energie- und ressourceneffiziente Batteriezellproduktion nur dann gelingen kann, wenn vorwärts- und rückwärtsgerichtete Prozessschritte im Sinne einer zirkulären Produktion integrativ gestaltet und miteinander verknüpft werden und deren Einbettung in eine Kreislaufwirtschaft gelingt. Dies erfordert ein tiefes Verständnis zu den Wechselwirkungen zwischen technischen und organisatorischen Entscheidungen in der zirkulären Produktion und den damit verbundenen ökonomischen und ökologischen Zielen. Zukünftige Fach- und Führungskräfte und der wissenschaftliche Nachwuchs müssen die hierzu benötigten Fach- und Methodenkompetenzen schon jetzt beherrschen.

Im Jahr 2022 wurde vor diesem Hintergrund nach einem erfolgreichen Antrag beim Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) ein Vorhaben zum Aufbau einer neuen Lernfabrik im IWF für die „Zirkuläre Batteriezellproduktion“ initiiert. Die als EducationLab verankerte Lernfabrik | Batterie unterstützt in enger Verschränkung zu den Forschungsaktivitäten der Battery LabFactory Braunschweig als innovative Lehr-/Lernumgebung die Vermittlung von Fach- und Methodenkompetenzen in der Aus- und Weiterbildung von wissenschaftlichen Fachkräften und Studierenden. Sie fungiert als gezielt runterskalierte Testumgebung und dient dem Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und industrieller Praxis im Bereich der zirkulären Batteriezellproduktion. Konzeptionell orientiert sich die Lernfabrik am Prinzip des forschenden Lernens. Dadurch können unterschiedliche Qualifizierungsmaßnahmen angeboten werden, die sich jeweils an den neuesten Erkenntnissen aus der Forschung und den Bedürfnissen der Industrie orientieren. Neue Technologien und Methoden der Batteriezellproduktion können frühzeitig in die Testumgebung integriert und für die Qualifizierung zugänglich gemacht werden.

Zentrale Elemente und geplante Investitionen

Zentrale Elemente der Lernfabrik sind modulare Lernstationen auf Basis von Produktionsanlagen im Labor- und Pilotmaßstab, die jeweils einzelne Prozessschritte der zirkulären Batteriezellproduktion abbilden. Die Produktionsschritte können von den Ausgangsmaterialien bis zur fertigen Batteriezelle, von der Qualitätskontrolle über die Nutzung bis zum Recycling praktisch erlernt und erprobt werden. Die ganzheitliche Sichtweise auf zirkuläre Fabrikssysteme wird durch den Einbezug von technischer Gebäudeausrüstung, wie Lüftungsanlagen und Klimatisierung, erreicht. Mit dem Einsatz produktionsfähiger Maschi-



nen und Anlagen kann der Transfer erlernter Kompetenzen in die Anwendungswelt der Lernenden gesichert werden.

Die physischen Lernstationen und Anlagen werden in eine virtuelle Umgebung (cyber-physisches System) eingebettet, sodass bestehende, aber auch weitere Prozesse über virtuelle Lernstationen abgebildet werden. Diese virtuellen Lernumgebungen (z.B. Modelle und Simulationen) erlauben es, wichtige Aspekte zur Bildung und Kompetenzentwicklung beizutragen und die Vorteile der Implementierung verschiedener Grade von Virtualität und Realität in hybriden Lernumgebungen zu kombinieren und die Batteriezellproduktion und ihre Anlagen in einer sicheren, interaktiven 3D-Umgebung zu erkunden und zu testen. Mittels dieses ganzheitlichen Ansatzes können die Fähigkeiten einer erweiterten Realität in den Lernprozess auf einer Lernplattform integriert werden, welche schnell an unterschiedliche Fragestellungen, Lernsettings und zukünftige Trends angepasst werden kann.

Insgesamt konnten ca. 3,7 Mio. EUR für den Aufbau der neuen Lernfabrik eingeworben werden. Die Sachinvestitionen umfassen die Anschaffung der Produktionsmaschinen, sowie von Extended-Reality-Technologien, eine digitale Lernplattform sowie von Remote-Lehrumgebungen, die eine flexible und vielseitige Gestaltung von Lehrkonzepten ermöglichen.

Physische Verortung und notwendige Infrastrukturmaßnahmen

Die räumliche Verortung der neuen Lernfabrik | Batterie erfolgt im IWF. Für ihre Integration sind Infrastrukturmaßnahmen und ein Umzug von vorhandenen Maschinen und Anlagen sowie deren Reintegration in andere bestehende Flächen erforderlich. Dies betrifft insbesondere die bisherige Gemeinschaftswerkstatt, welche im IWF als abgeschlossene Einheit im dargestellten Hallensegment verortet war. In Folge der Flächenbedarfe der Lernfabrik | Batterie findet eine Verschiebung und Komprimierung dieser Flächen in die angeschlossene Versuchshalle statt, weshalb auch hier erhebliche Maßnahmen zur Komprimierung und Befähigung der Flächen für die geplanten Aktivitäten notwendig werden. Für die Sanierung der Räumlichkeiten im IWF stellen das Präsidium der Technischen Universität Braunschweig sowie die Fakultät Maschinenbau dankenswerterweise weitere ca. 600T€ bereit. Eine Prinzipskizze zur geplanten Einbringung mit Darstellung der Anlagen in der Lernfabrik | Batterie ist in der linken Abbildung dargestellt.

Wie geht es weiter?

Derzeit laufen die Beschaffungen für die physischen Lernstationen zur Herstellung von funktionsfähigen zylindrischen Batteriezellen sowie von der virtuellen Lernplattform. Zukünftig soll die Lernfabrik | Batterie durch die Einbindung von Industrie zu einem wichtigen Bindeglied im regionalen Innovationsökosystem für die Batteriezellproduktion werden. Die Zielgruppen sind u.a. Studierende, gewerblich-technische Auszubildende, Schüler*innen, Techniker*innen, Lehrende sowie wissenschaftliche Mitarbeitende, Angestellte und Fachkräfte der Betriebe, Führungskräfte aus der Industrie, Politiker*innen, Vertreter*innen von Land und Bund sowie interessierte Bürger*innen. Eine Inbetriebnahme ist für das Jahr 2025 geplant. Sollten Sie Interesse an einem Austausch oder einer Mitwirkung haben, freuen wir uns über Ihre Nachricht!

<https://www.tu-braunschweig.de/iwf/npl-ce/forschungsprojekte/lebaz>

→
Bild links | Schematische 3D-Skizze Die Lernfabrik | Batterie

Bild rechts | Forschendes Lernen in der Lernfabrik für die zirkuläre Batteriezellproduktion





Dr.-Ing. Kolja Meyer

kolja.meyer@tu-braunschweig.de
Telefon + 49 531 391-2714

Förderung:
Exzellenzinitiative "Stadt der Zukunft"

Laufzeit: 03/2021 - 02/2025

NACHWUCHSGRUPPE

Nachwuchsgruppe Urban Flows and Production

Produktion in der Stadt der Zukunft

Im Rahmen der Exzellenzinitiative „Stadt der Zukunft“ der TU Braunschweig wurde eine Nachwuchsgruppe zum Thema „Urban Flows and Production“ eingerichtet. Die Gruppe setzt sich aus Forschenden beider Lehrstühle des IWF und des ISU (Institute for Sustainable Urbanism) zusammen.

Herausforderung und Zielsetzung

Städte und urbane Räume sind Motoren der globalen wirtschaftlichen Entwicklung. Doch diese wirtschaftliche Kraft hat einen Preis: Städte sind für einen hohen Anteil der weltweit emittierten Treibhausgase verantwortlich. Angesichts des zu erwartenden drastischen Anstiegs der in Städten lebenden Weltbevölkerung ist unter Beibehaltung bisheriger Produktions- und Konsumparadigmen mit einer deutlich höheren Belastung zu rechnen. Die Bedeutung der Städte und die Auswirkungen urbaner Räume auf das Klima und die Menschen sind in den Fokus verschiedener Entscheidungsträger gerückt. Vertreter*innen aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft haben sich auf verschiedenen Ebenen zusammengefunden, um Ziele für die weitere Stadtentwicklung und Schwerpunkte für eine nachhaltige Transformation zu formulieren. Beispiele hierfür sind die UN Sustainable Development Goals von 2017, die Leipzig Charta sowie der aktuelle IPCC-Bericht. Die aktuellen Fortschritte in der Produktionstechnologie bieten eine Möglichkeit, das Verhältnis zwischen Städten und Produktion neu zu definieren. Neue Entwicklungen ermöglichen intelligente und digital vernetzte Fertigungssysteme, die eine reibungslose Kommunikation zwischen Menschen, Maschinen, Anlagen, Logistik und Produkten ermöglichen. Zusammen mit anderen Aspekten, wie der Verfügbarkeit kostengünstiger Technologien zur Automatisierung können Produktionssysteme flexibel und adaptiv an städtische Umgebungen angepasst werden. Durch derartige Innovationen können Güterherstellungsprozesse in urbane Räume integriert werden, was nicht nur eine Optimierung bestehender Prozesse bedeutet, sondern auch einen Mehrwert für Stadtbewohner*innen und die Umwelt schafft. Die Nachwuchsgruppe „Urban Flows and Production“ verfolgt in diesem Zusammenhang das Ziel, Methoden zur ganzheitlichen Planung nachhaltiger Wertschöpfung in urbanen Räumen zu entwickeln.

Forschungsschwerpunkte

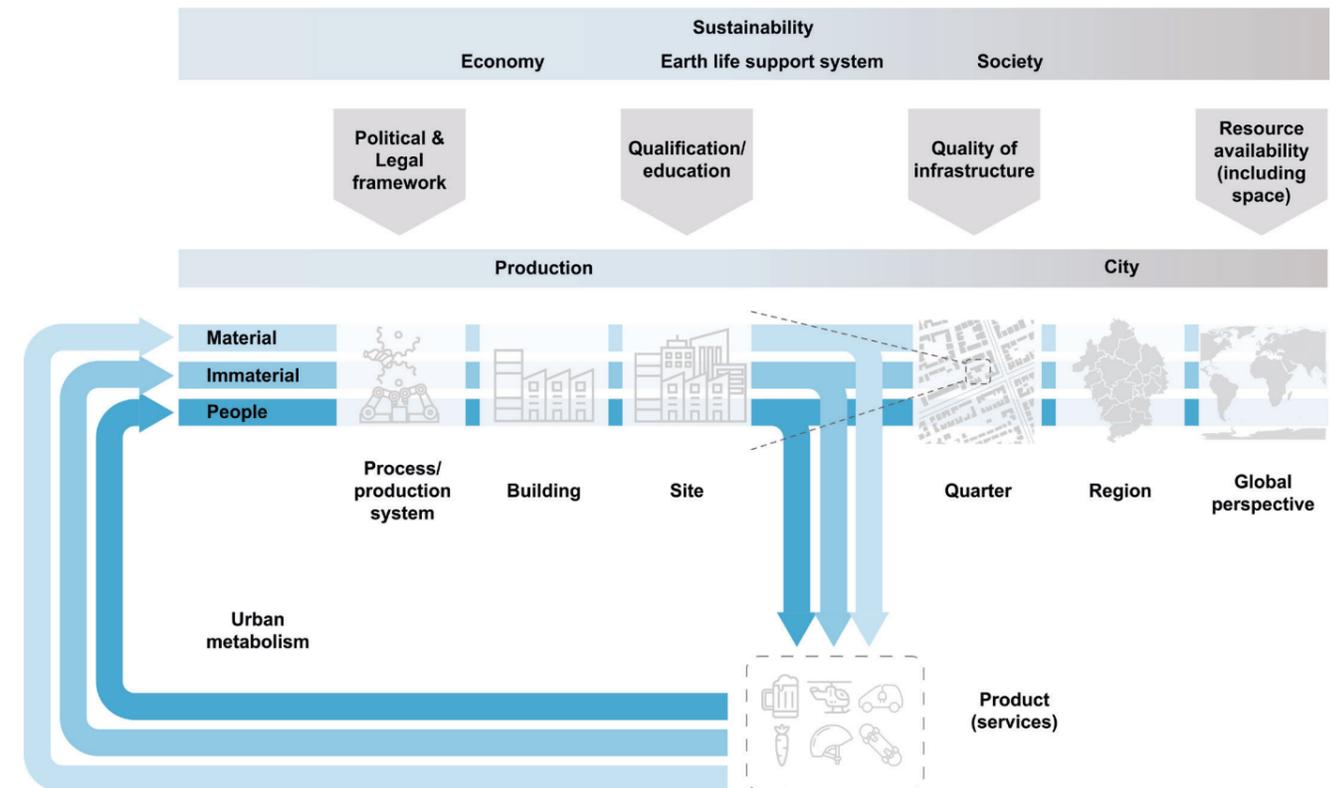
Im Kontext einer nachhaltigen Stadtentwicklung untersucht die Nachwuchsgruppe, wie Prozesse der Güterproduktion gestaltet werden können, um Synergien mit anderen urbanen Funktionen wie Wohnen, Freizeit oder Mobilität zu schaffen. Dabei werden auch Regularien, Normen, Gebäudekonfigurationen und Planungsprozesse berücksichtigt, um diese Synergien rechtlich und organisatorisch zu ermöglichen. Die Arbeit der Junior Research Group zielt darauf ab, die interdisziplinären Methoden der Entwicklung, Analyse, Bewertung und Planung von Stadtregionen, einschließlich der Aspekte Mobilität, Produktion und Nachhaltigkeitsbewertung an der Schnittstelle der Forschungsdisziplinen des In-

genieurwesens und des Städtebaus voranzutreiben. Die zu entwickelnden integrierten Modelle dienen der Analyse von Material-, Personen-, Energie- und Informationsflüssen innerhalb urbaner Gebiete zur Identifizierung von Auswirkungen und Symbiose-Potenzialen. Unter Betonung der zentralen Bedeutung der Wechselwirkungen zwischen den unterschiedlichen Akteuren und Bedarfen im urbanen Raum wird ein Schwerpunkt auf die Integration heterogener Datenquellen und Modelle gelegt. Durch Modell- und Analyseverfahren werden Synergiepotenziale und Trade-offs zwischen den verschiedenen Subsystemen identifiziert. Dazu gehören Infrastruktur, Gebäude, Quartiere und Produktionssysteme. Ziel ist eine nachhaltige und ressourcenschonende Entwicklung.

Die Nachwuchsgruppe verfügt über zwei Teilprojekte: „Flow Assessment and Planning of Production Facilities“ und „Flexible and Modular Sustainable Manufacturing Strategies“. „Flow Assessment and Planning of Production Facilities“ befasst sich primär mit der Entwicklung von Strategien und Regularien zur Integration urbaner Produktion und nimmt die Position des Städtebaus an der Schnittstelle zur Produktionstechnik ein. Das Teilprojekt „Flexible and Modular Sustainable Manufacturing Strategies“ befasst sich mit der technischen Ausgestaltung urbaner Produktionssysteme sowie der Interaktion zwischen Produktionsstätten und ihren Umgebungen. Dabei wird eine produktionstechnische Perspektive eingenommen.

<https://www.tu-braunschweig.de/ufp>

Die Junior Research Group „Urban Flows and Production“ verfolgt das Ziel, Methoden zur ganzheitlichen Planung nachhaltiger Wertschöpfung in urbanen Räumen zu entwickeln.



AUSGRÜNDUNG

TU BS Singapore

Forschungspräsenz der TU Braunschweig in Südostasien eröffnet



Dr.-Ing. Mark Mennenga

m.mennenga@tu-braunschweig.de
Telefon + 49 531 391-7150



Philipp Grimmel

p.grimmel@tu-braunschweig.de
Telefon + 49 531 391-7634

Entwicklung und Ausgründung

Die Technische Universität Braunschweig gründete im November 2023 die erste Forschungspräsenz der TU Braunschweig. TU BS Singapore Ltd. ist eine Tochter der iTUBS – Innovationsgesellschaft Technische Universität Braunschweig mbH und zielt darauf ab die internationale Zusammenarbeit zu intensivieren und globale Herausforderungen ausgehend von steigenden Anforderungen an die Nachhaltigkeit zu bewältigen. Die TU BS Singapore ist ein wesentlicher Bestandteil der Internationalisierungsstrategie und spielt eine Schlüsselrolle im Forschungsschwerpunkt „Stadt der Zukunft“. Diese Initiative wird von zwanzig Instituten und Forschungsgruppen unterstützt.

Die Kooperation basiert auf einer 20-jährigen Partnerschaft mit dem Singapore Institute of Manufacturing Technology (SIMTech) und dem Advanced Remanufacturing and Technology Centre (ARTC) von A*Star in Singapur, die seit dem Jahr 2002 besteht und nun weiter intensiviert und formalisiert wurde.

Strategische Handlungsfelder

Die Forschungspräsenz in Singapur wurde im Rahmen des BMBF-geförderten Projekts ISURF-Hub von 2017 bis 2024 aufgebaut. Die als eigenständige Gesellschaft gegründete Forschungspräsenz soll insbesondere in den folgenden Bereichen aktiv sein:

Netzwerkbildung und Sichtbarkeit: Die Präsenz in Südostasien stärkt die internationalen Verbindungen und erhöht die Sichtbarkeit der Universität in dieser strategisch wichtigen Region.

Stärkung der Forschungsqualität: Durch die Zusammenarbeit mit exzellenten Partner*innen und den Zugang zu fortschrittlichen Technologien und Anwendungsfeldern wird die Forschungsqualität gesteigert. Für das IWF stellen die Forschungsinstitute von A*Star, sowie die Nanyang Technology University und die National University of Singapore exzellente Partner dar.

Wissenschaft-Industrie-Verknüpfung: Die Kooperation mit lokalen Industriepartnern fördert den Wissenstransfer und die Anwendung innovativer Methoden und Technologien aus Deutschland.

Erweiterte Weiterbildungsmöglichkeiten: Die Präsenz bietet Wissenschaftler*innen die Möglichkeit, in einem internationalen Umfeld zu forschen und sich weiterzubilden.

Knowledge Exchange und Transfer: Die Plattform dient dem nationalen und internationalen Wissensaustausch und -transfer.

Rekrutierung internationaler Talente: Die Sichtbarkeit und Attraktivität der TU Braunschweig als Arbeitgeberin und Studienort wird erhöht.

Aktuelle Forschungsaktivitäten

Singapur als dynamischer Stadtstaat bietet ideale Bedingungen für vielfältige Forschungsthemen. Ausgangspunkt war zunächst die gemeinsame Forschung des IWF und des Institute for Sustainable Urbanism unter Leitung von Prof. Vanessa Carlow im Bereich urbane Produktion und industrielle Symbiose. Über viele Jahre wurden bereits bedeutende Forschungsergebnisse in den Bereichen urbane industrielle Symbiose, Sustainability Self-Assessments und Lernfabriken erzielt. Die Partnerschaft wurde hierbei von gemeinsamen Projekten und dem Austausch von Forschenden und Studierenden getragen. Im September wurden die Kooperationsthemen und die Erweiterung um weitere Forschungsinstitute zusätzlich in einem Memorandum of Understanding (MoU) festgehalten.

Die gemeinsamen Forschungsfelder umfassen nunmehr insbesondere die folgenden Themen:

- Intelligente und urbane Produktion
- Industrielle Symbiose
- Zirkuläre Batterieproduktion
- Nachhaltiges Management der Lieferkette

Zukunftsperspektiven

Die Forschungspräsenz bietet eine Vielzahl an Möglichkeiten für die kooperative Forschung und Weiterbildung. Folgende Aktivitäten sind zukünftig geplant:

Schulung und Weiterbildung: Gemeinsame Schulungen für Industrieunternehmen in Singapur mit unseren Partnern in Singapur. Neben Public Lectures werden mehrtägige Master Classes zu Energy Efficiency, Sustainable Management und Sustainable Engineering angeboten.

Gemeinsame Forschung: Es findet sowohl eine Vernetzung bestehender Projekte, wie z. B. Urban Factories II und dem ISURF-Hub Projekt mit Projekten des SIMTech statt, als auch die Entwicklung gemeinsamer Forschungsprojekte im Rahmen kollaborativer Ausschreibungen.

Forschung und Beratung: Es findet ein enger Austausch mit Unternehmen und öffentlichen Institutionen in Singapur statt, beispielsweise im Bereich Batterierecycling, mit Plattformbetreibern zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und mit lokalen Behörden, welche

vielversprechende Aussichten für Projektaktivitäten bieten.

Darüber hinaus wurde zuletzt gemeinsam an einer Kollaborationsplattform für die urbane industrielle Symbiose gearbeitet, welche vielversprechende Möglichkeiten zur Implementierung im Bereich des Matchmakings für Unternehmen bietet, die ihre Materialien im Kreislauf führen möchten. Darüber hinaus wurden Ansätze für weitere Forschung unter Berücksichtigung von generativer KI und dynamischer Simulation entwickelt, welche in der näheren Zukunft weiter ausgestaltet werden.

Die TU BS Singapore Ltd. stellt eine bedeutende Erweiterung der internationalen Aktivitäten der TU Braunschweig dar. Durch die strategische Positionierung in Singapur und die enge Zusammenarbeit mit lokalen Partnern wird die Forschungsqualität gesteigert und die Sichtbarkeit der Universität erhöht. 2024 starten zwei Doktoranden des IWF zu Langzeitaufenthalten in Singapur. Neue BMBF-Kooperationsprojekte sind ausgeschrieben, und es sind verschiedene Master Classes in Singapur in Planung, die erstmals über die TU BS Singapore abgewickelt werden sollen.

<https://www.tu-braunschweig.de/singapore>

→
November 2023 –Eröffnung der Forschungspräsenz in Singapur unter Beisein der Präsidentin der TU Braunschweig Prof. Dr. Angela Ittel, Staatssekretär im BMBF Dr. Jens Brandenburg, Prof. Dr. Andy Hor (A*STAR), Dr. David Low (A*STAR SIMTech), Vizepräsident Prof. Dr. Arno Kwade, Prof. Dr. Christoph Herrmann und Prof. Dr. Vanessa Carlow (alle TU Braunschweig)

(Foto: SIMTEch)



←
September 2023 – MoU-Unterzeichnung in Singapur unter Beisein der Präsidentin der TU Braunschweig Prof. Dr. Angela Ittel, dem geschäftsführenden Leiter des A*Star Mr. Frederick Chew und Prof. Dr. Christoph Herrmann

(Foto: SIMTEch)



Leif Tönjes

leif.toenjes@tu-braunschweig.de
Telefon + 49 531 391-7633

Förderung: Bundesministerium für
Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)
Laufzeit: 02/2023 - 01/2026

Projektpartner:
Ansmann AG,
Institut für Füge- und Schweißtechnik –
TU Braunschweig,
J. Schmalz GmbH,
Redux Recycling GmbH,
SITEC Industrietechnologie GmbH

PROJEKT_Fertigungstechnologien und Prozessautomatisierung

VaTreBat

Variantenflexible und automatisierte Trennung von Verbindungen im Demontageprozess von Batteriesystemen

Ausgangssituation und Zielsetzung

Aufgrund der stetig steigenden Anzahl an End-of-Life-Batterien sind zunehmend effiziente Recyclingstrategien erforderlich. In der industriellen Praxis wird das Recycling nach heutigem Stand durch einen zweistufigen Prozess abgebildet. Dabei werden dem Batteriesystem in einer manuellen Vordemontage die einzelnen Module entnommen und diese anschließend geschreddert. Aufgrund derzeit fehlender Standards weisen die Batteriesysteme jedoch eine hohe Varianz in der Gestaltung der Systemelemente und der verwendeten Verbindungstechniken auf. Dies gilt insbesondere für die verwendeten Zellen, die von gewickelten Rundzellen über prismatische Flachwicklungen in Hardcase-Gehäusen bis hin zu gestapelten Elektroden-Separator-Verbunden in Pouchfolien reichen. Daraus ergeben sich hohe Anforderungen an die Flexibilität der Demontageprozesse. Bestehende Demontageverfahren sind daher heutzutage durch aufwendige Handarbeit gekennzeichnet, deren Produktivität und Sicherheit durch die Handhabung schwerer Hochspannungskomponenten begrenzt ist. Perspektivisch ist diese Art der Demontage für zukünftige Recyclingmengen nicht geeignet.

An dieser Stelle setzt das Projekt VaTreBat an. Ziel ist die Entwicklung eines Verfahrens zur automatisierten und variantenflexiblen Demontage von Batteriesystemen bis zur Zellebene. Das angestrebte Verfahren zeichnet sich dabei durch einen besonderen Fokus auf die kritischen Themen Variantenflexibilität, Sicherheit und Produktivität aus.

Vorgehen und methodischer Ansatz

Bei der Demontage von Batteriesystemen muss eine Vielzahl unterschiedlicher Fügeverbindungen aufgetrennt werden. Dazu wird ein robotergesteuertes Laserstrahlchneidverfahren genutzt. Gleichzeitig muss das Batteriesystem während des Schneidvorgangs sicher fixiert sein und abgetrennte Komponenten aus dem Arbeitsbereich entnommen werden können. Hierzu wird in Zusammenarbeit mit dem Partner Schmalz ein universelles Greifsystem entwickelt. Dieses Greifsystem wird als Endeffektor an einem zweiten Roboter montiert. Um eine zielgerichtete Kooperation der Endeffektoren zu ermöglichen, werden Methoden der 3D-Bildverarbeitung auf Basis des maschinellen Lernens entwickelt und zur automatisierten roboterbasierten Prozessführung des Trenn- und Greifprozesses

eingesetzt. Dazu erfolgt in einem ersten Schritt die eindeutige Identifikation, Klassifizierung und Zuordnung von Batteriesystem und zu trennenden Komponenten. Auf Basis dieser Informationen plant das System in einem zweiten Schritt selbstständig und adaptiv Demontagerihenfolgen und Trajektorien mit dynamischer Kollisionsvermeidung. Durch Integration und Kombination der einzelnen Prozessmodule zu einem Gesamtdemonstrator sollen die erzielbare Qualität der demontierten Komponenten, die Wirtschaftlichkeit, die industrielle Skalierbarkeit sowie die erreichbare Arbeits- und Prozesssicherheit evaluiert werden.

Projektfortschritt

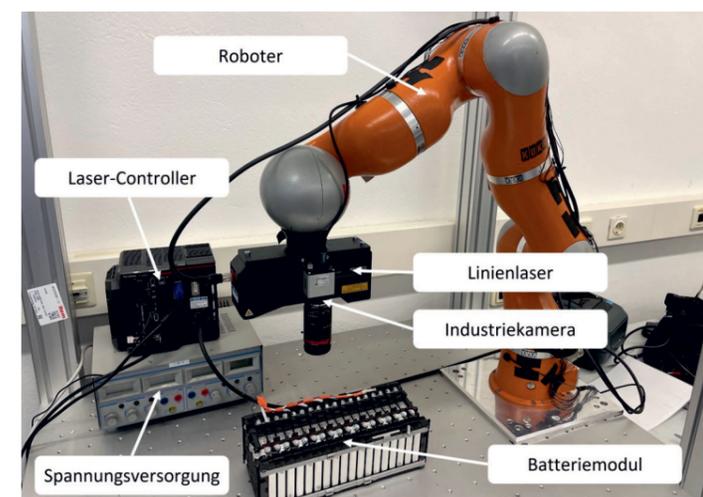
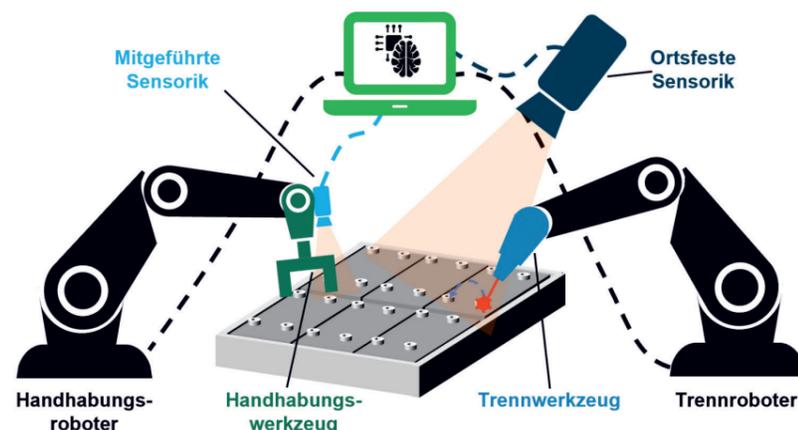
Zur Realisierung eines automatisierten und variantenflexiblen Demontageprozesses wurden zunächst die spezifischen Herausforderungen bei der Demontage von Batteriesystemen anhand des vollständig manuellen Referenzprozesses beim Projektpartner Redux analysiert. Auf Basis dieser Analyse konnten konkrete Anforderungen an die Automatisierung der drei Teilprozesse zur Erkennung und Verarbeitung von Informationen über Fügstellen, dem Trennen von Fügstellen und der Handhabung von Systemkomponenten abgeleitet werden. Basierend auf diesen Anforderungen werden in drei parallelen Arbeitspaketen die Abhängigkeiten und Einflussgrößen dieser drei Teilprozesse experimentell untersucht. Das IWF bearbeitet dazu schwerpunktmäßig die Arbeitspakete zur automatisierten Klassifizierung von Fügstellen und der Entwicklung eines flexiblen Greifsystems. Um im Rahmen der automatisierten Klassifizierung das Erkennen und Verarbeiten von Informationen über Fügstellen zu erproben und anzulernen, wurde am IWF ein sogenanntes Lernkit entwickelt. Es besteht aus verschiedenen repräsentativen Komponenten und Fügstellen eines Batteriesystems bzw. -moduls. Auf einer gemeinsamen Grundplatte können verschiedene Schraub-, Schweiß- und Klebeverbindungen, aber auch Crimpverbindungen, flexible Leiterplatten oder Spacer montiert werden. Ein Kamerasystem nimmt detaillierte Bilder für das Training von Algorithmen in der Bildverarbeitungssoftware Halcon auf. Darüber hinaus wird zur Nachbildung realer Randbedingungen bei der Demontage von Batteriesystemen parallel zum Lernkit am IWF an einem weiteren Versuchsaufbau gearbeitet. Dieser integriert eine Industriekamera sowie einen Linienlaser des assoziierten Partners Keyence in eine Roboterzelle. Es ist geplant, diese Roboterzelle im kommenden Projektjahr weiter für die Nutzung eines Greifsystems zu qualifizieren. Mit der Fertigstellung dieses Aufbaus wird die Möglichkeit geschaffen, Trainingsdaten an realen Batteriesystemen zu generieren, um darauf aufbauend anwendungsspezifische Algorithmen und Prozesse zur Automatisierung der Demontage zu entwickeln.

Ausblick und Potenziale

Die im Projekt VaTreBat gewonnenen Erkenntnisse sollen zukünftige Potenziale und Chancen im industriell zunehmend an Relevanz gewinnenden Thema Batterierecycling aufzeigen. Die derzeitige manuelle Demontage von Batteriesystemen wird in absehbarer Zeit den wachsenden Recyclingströmen nicht mehr gerecht werden. Gleichzeitig ist die Demontage ein wesentlicher Bestandteil des Recyclings. Sie entlastet Schredder- und Aufbereitungsanlagen und gewährleistet eine hohe Reinheit der Rezyklate. Aus ökonomischer Sicht ist dabei die Rückgewinnung teurer Elemente wie Lithium und Kobalt essentiell, um wertschöpfenden Unternehmen einen gegenüber asiatischen Produktionsstandorten konkurrenzfähigen Zugang zu einer innovativen Kreislaufwirtschaft mit hohem Wertschöpfungsanteil am Standort Deutschland zu eröffnen.

<https://www.tu-braunschweig.de/iwf/fup/abp/forschungsprojekte-1/vatrebat>

Vereinfachte schematische Zeichnung des final angestrebten Prozessdemonstrators bestehend aus einem Kamerasystem sowie zwei Robotern zur Handhabung und Trennung von Komponenten.



Versuchsaufbau zur Nachbildung realer Randbedingungen bei der Demontage von Batteriesystemen. Ein Linienlaser und eine Industriekamera erfassen Geometrie, Material und Fügstellen eines zu demontierenden Batteriemoduls.



Timo Hölter

timo.hoelter@tu-braunschweig.de
Telefon +49 531 391-7680

Förderung: BMWK
Laufzeit: 01/2022 - 12/2024

Projektpartner:
Institut für Partikeltechnik –
TU Braunschweig,
Institut für Energie- und Systemver-
fahrenstechnik –
TU Braunschweig,
Institut für Chemische und Thermische
Verfahrenstechnik –
TU Braunschweig,
Institut für Hochspannungstechnik und
Energiesysteme –
TU Braunschweig,
Institut für Metallurgische Prozesstech-
nik und Metallrecycling –
RWTH Aachen,
Fraunhofer-Institut für Schicht- und
Oberflächentechnik IST,
PowerCo SE,
TANIOBIS GmbH,
J. Schmalz GmbH,
Exacom GmbH

PROJEKT_Fertigungstechnologien und Prozessautomatisierung

HVBatCycle

Erarbeitung von Recycling-/Resynthese-Prozessen für nach-
haltige Materialkreisläufe für HV-Batterien

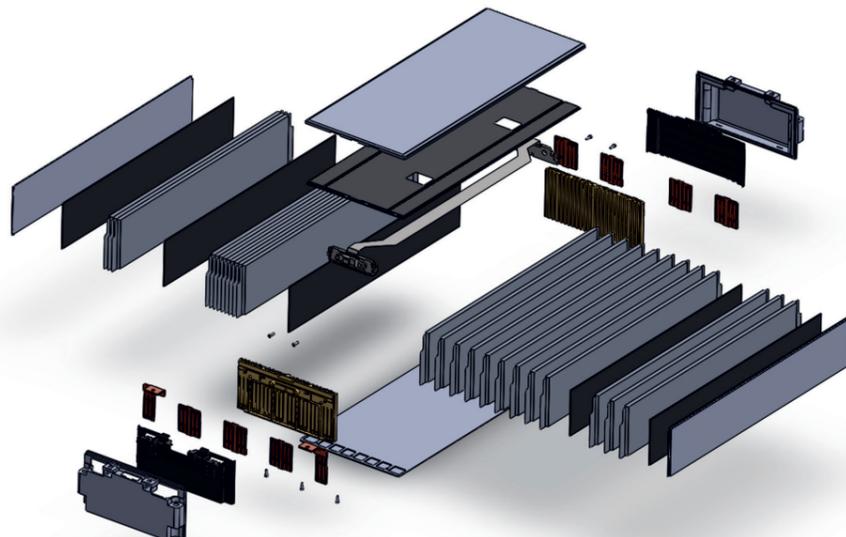
Motivation und Zielsetzung

Um im internationalen Wettbewerb ein europäisches Gegengewicht zu den dominieren-
den Batterieherstellern aus Asien und Rohstofflieferanten aus Südamerika und Afrika auf-
zubauen, ist es zielführend, eine Wertschöpfungskette aus Batterieproduktion und Batte-
riecycling in Deutschland zu etablieren. Damit wird eine Kreislaufwirtschaft von
Batteriematerialien ermöglicht, strategisch wichtige Rohstoffe gesichert und die Abhän-
gigkeit der europäischen Batterieproduktion von anderen Regionen reduziert.
Das übergeordnete Ziel des Projektes liegt in der Entwicklung innovativer, nachhaltiger
und energieeffizienter Prozesse entlang der Wertschöpfungskette von Hochvoltbatterien
aus Elektrofahrzeugen, um in naher Zukunft ein Closed-Loop-Recycling von Batteriemate-
rialien zu ermöglichen. Insbesondere werden die Prozesse zur sortenreinen Demontage,
zum ökologisch effizienten Recycling von Altbatterien und zur Herstellung neuer Batterie-
materialien aus den zurückgewonnenen Sekundärrohstoffen entwickelt.

Projektergebnisse

Durch die manuelle Demontage der variantenreichen Batteriemodule und -zellen konnte
deren Aufbau analysiert und dadurch eine ganzheitliche Konzeptentwicklung und Ranking
von Demontagerihenfolgen entwickelt werden. Daraus konnten Anforderungen an ge-
eignete Trenn- und Handhabungsverfahren abgeleitet werden, die zunächst im Labor-
maßstab erprobt und validiert wurden, um anschließend eine entsprechende Umsetzung
in Demonstratorprozessen voranzutreiben. Dies kann in zwei Bereiche unterteilt werden:
die Demontage von der Modul- zur Zellebene in einer Roboterzelle und die Demontage
von der Zell- zur Elektrodenzene in einer Glovebox. Die abschließende Verifikation sowie
die Verkettung und Optimierung der Prozesse stehen im Fokus der weiteren Projektbear-
beitung.

<https://www.tu-braunschweig.de/iwf/fup/abp/forschungsprojekte-1/hvbatcycle>



Explosionszeichnung eines beispielhaften
Batteriemoduls mit Pouchzellen, welches
im Projekt automatisiert demontiert wird

PROJEKT_Fertigungstechnologien und Prozessautomatisierung

NEWBIE

Next Generation Power Batteries

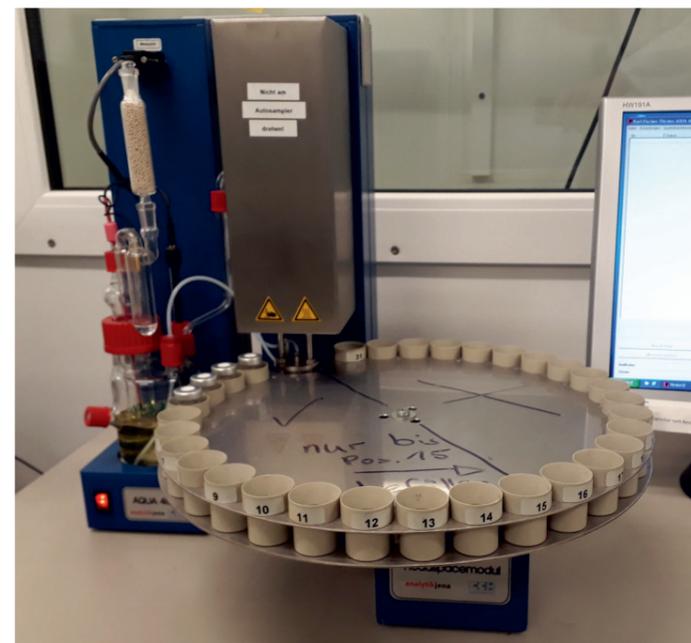
Motivation und Zielsetzung

Um die Attraktivität der Elektromobilität zu erhöhen, ist eine Kostenreduktion erforder-
lich, besonders für die Batterieproduktionstechnik bei gleicher Leistung. Ziel des Projekts
NEWBIE ist es, Einsparungspotenziale in der Batterieproduktion zu untersuchen. Neuarti-
ge Prozesstechniken im Zellbau gehen vermehrt mit höheren mechanischen Belastungen
für die verwendeten Zellmaterialien einher, insbesondere für Elektroden. Das IWF arbeitet
dabei an der Ermittlung materialgerechter Belastungsgrenzen bei möglichst hoher Pro-
zessgeschwindigkeit und minimiertem Ausschuss. Weiterhin werden Potenziale für die
Prozessatmosphäre im Zellbau evaluiert. Insbesondere der eingesetzte Elektrolyt ist stark
reaktiv mit Wasser, wobei die Abbauprodukte die elektrochemische Leistungsfähigkeit der
Batteriezelle beeinträchtigen. Die aus diesem Grund in der Zellproduktion eingesetzte
Trockenraum-Atmosphäre ist energie- und kostenintensiv, sodass Einsparungspotenziale
durch eine materialgerechte Konditionierung ermittelt werden sollen.

Projektergebnisse

Für die Ableitung der Belastungsgrenzen wurden mögliche Belastungsszenarien in der
Zellassemblierung identifiziert und geeignete Versuchsstände und Methoden zur Abbil-
dung dieser Belastungen abgeleitet. Hieraus sollen Materialkarten der Zellmaterialien er-
stellt werden. Für die Ableitung einer energieeffizienten Prozessatmosphäre wurde die
Feuchtigkeitsaufnahme der Zellmaterialien bei unterschiedlichen Atmosphären und Be-
feuchtungsdauern untersucht. Die Ergebnisse werden nun um elektrochemische Charak-
terisierungen von Zellen mit unterschiedlicher aufgenommener Wassermenge ergänzt. In
Kombination mit den Materialkarten sollen so ganzheitliche Einspar- und Effizienzpoten-
ziale in den etablierten Batterieprozessketten identifiziert und nutzbar gemacht werden.

<https://www.tu-braunschweig.de/iwf/fup/mofa/forschungsprojekte/newbie>



Jonas Schwieger

j.schwieger@tu-braunschweig.de
Telefon +49 531 391-7664

Förderung: BMWK
Laufzeit: 06/2021 – 11/2024

Projektpartner:
Mercedes Benz AG,
MAHLE International GmbH,
TRUMPF GmbH & Co. KG,
Institut für Partikeltechnik –
TU Braunschweig,
Institut für Füge- und Schweißtechnik –
TU Braunschweig,
Institut für Hochspannungstechnik und
Energiesysteme –
TU Braunschweig



Im Karl-Fischer-Titrator werden
kleinste Wassermengen im µg-
Bereich in Zellmaterialien nachgewie-
sen. In Kombination mit elektroche-
mischen Charakterisierungen können
so energieoptimierte Trockenraum-
atmosphären identifiziert werden.



Dr.-Ing. Paul Bobka

p.bobka@tu-braunschweig.de
Telefon + 49 531 391-7623

Förderung: Bundesministerium für Bildung
und Forschung (BMBF)
Laufzeit: 04/2021 - 03/2025

Projektpartner:
thyssenkrupp Uhde Chlorine Engineers
GmbH,
De Nora Deutschland GmbH,
Hoedtke GmbH & Co. KG,
Institut für Verpackungstechnik (IfV) im Ver-
ein zur Förderung innovativer Verfahren in
der Logistik (VVL) e.V.,
RWTH Aachen,
BIAS Bremer Institut für angewandte Strahl-
technik GmbH

PROJEKT_Fertigungstechnologien und Prozessautomatisierung

H₂NRY

Automatisierte Montage von alkalischen Elektrolysezellen

Ausgangssituation und Zielsetzung

Für das Ziel einer klimaneutralen Zukunft hat sich Deutschland im Rahmen der nationalen Wasserstoffstrategie ehrgeizige Ziele gesetzt. Besonders im breit aufgestellten Mittelstand Deutschlands existieren viele Industrien, in denen der Einsatz von fossilen Gasen substituiert werden muss, von Bäckereien bis hin zu Keramik-, Oberflächen- und metallverarbeitenden KMUs, in der Chemie- und der Papierindustrie sowie in der Stahlproduktion.

Um dem damit verbundenen rasant steigenden Bedarf an grünem Wasserstoff zu begegnen, müssen die Elektrolysekapazitäten erheblich ausgebaut werden. Entsprechend schlägt sich dieser Bedarf auch bei der Herstellung von industriellen Elektrolyseanlagen nieder. Insbesondere für stationäre Großanlagen bietet sich dabei die alkalische Wasserstoffelektrolyse (AEL) als vielversprechende Lösung an. Die hierfür benötigten, oftmals mehrere Quadratmeter großen Teilmodule, werden bisher nahezu ausschließlich manuell assembliert und sind deshalb nur bedingt skalierbar. Mithilfe von Automatisierungslösungen kann die Produktivität bei der Montage der AEL signifikant gesteigert werden, um eine hohe Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff zu gewährleisten. An genau dieser Stelle setzt das Projekt H₂NRY mit dem Ziel an, erforderliche Technologien zur automatisierten Montage der AEL zu entwickeln. Diese sollen in einer prototypischen Montagezelle im Realmaßstab qualifiziert werden, um auf dieser Basis industriell nutzbare Montagekonzepte mit den erforderlichen Kerntechnologien in einer digitalen „Blaupause“ bereitzustellen.

Vorgehen und methodischer Ansatz

Um geeignete Technologien und Lösungen für die automatisierte Montage von AEL identifizieren zu können, wird zunächst der Aufbau der AEL analysiert. Auf Basis von Informationen zu den bestehenden manuellen Montagevorgängen werden die Anforderungen für die Handhabung und Montage der einzelnen Bauteile identifiziert. Mit diesen Anforderungen wird ein Grobkonzept für eine prototypische Montagezelle entwickelt und damit auch ein grobes Anlagenlayout festgelegt. In den nächsten Schritten wird eine Adaption und Integration industriell verfügbarer Technologien aus anderen Bereichen untersucht, die für die erforderlichen Handhabungs- und Montageprozesse genutzt werden können. Allerdings ist aufgrund der spezifischen Anforderungen der Bauteilgröße und Materialien bzw. den dafür erforderlichen Handhabungssystemen die Verfügbarkeit von bereits etablierten Lösungen gering. So werden hohe Anteile an Komponenten zunächst im Labor-

maßstab entwickelt und qualifiziert und anschließend in den Realmaßstab überführt und in der roboterbasierten Montagezelle experimentell erprobt. Mit den daraus gewonnenen Erkenntnissen wird ein digitales Modell entwickelt, welches eine digitale „Blaupause“ für zukünftige Montagesysteme in einem industriellen Scale-Up-Szenario ermöglicht. Basis für diese digitalen Modelle und eine besondere Herausforderung in diesem Projekt ist dabei die Entwicklung der Technologien und deren experimentelle Erprobung.

Projektfortschritt

Im Rahmen der Analyse der Bauteile und Zellkomponenten konnte bereits früh im Projektverlauf festgestellt werden, dass die Handhabung der Zellkomponenten, die Applikation von Dichtungselementen sowie die automatisierte Verschraubung der vollständig montierten Zelle die Kerntechnologien darstellen. Dabei sind insbesondere bei der Handhabung Lösungen zur präzisen Aufnahme und Ablage der Komponenten erforderlich. Die großformatigen Elemente können je nach Bauteil als gitterartig und biegeschlaff und als flächig geschlossen klassifiziert werden. Vor allem für die Handhabung von gitterartigen und biegeschlaffen sowie flächig geschlossenen und biegeschlaffen Bauteilen im Kontext der Elektrolysezellenmontage gibt es bisher noch keine qualifizierten Automatisierungslösungen in der erforderlichen Größenordnung. Für die Applikation von Dichtungselementen sowie der automatisierten Verschraubung der montierten Zelle konnten bereits bestehende Technologien adaptiert werden. Zusätzlich wurden im Projekt Greiftechnologien zur Handhabung der gitterartigen sowie für die flächigen biegeschlaffen Bauteile im Labormaßstab entwickelt und qualifiziert und werden nun gemeinsam mit den weiteren Technologien in den Realmaßstab überführt. Für einige Teilkomponenten der Zelle, wie beispielsweise die Handhabung der Anoden- und der Kathodenhalbschale konnte in der roboterbasierten prototypischen Montagezelle bereits eine Demonstration im Realmaßstab durchgeführt werden. Dabei bietet die Montagezelle die Möglichkeit, die unterschiedlichen Montageschritte der Komponenten mit den dazugehörigen Technologien zukünftig flexibel miteinander zu verknüpfen und so auch komplexere Montageabfolgen und Wechselwirkungen dieser Abfolgen zu untersuchen.

Ausblick und Potenziale

Mit den bereits ersten erfolgreichen Demonstrationen im Realmaßstab wurde eine erste Basis für die Ausgestaltung der digitalen „Blaupause“ geschaffen, welche im verbleibenden Projektzeitraum ausgestaltet wird. Neben der Analyse von unterschiedlichen Verkettungen und Prozessabfolgen im digitalen Montagemaßstab bietet die reale Architektur des Montagesystems die Option diese auch teilweise real zu untersuchen und zu qualifizieren. Neben der Montage und der Produktion von Elektrolysezellen in einem industriellen

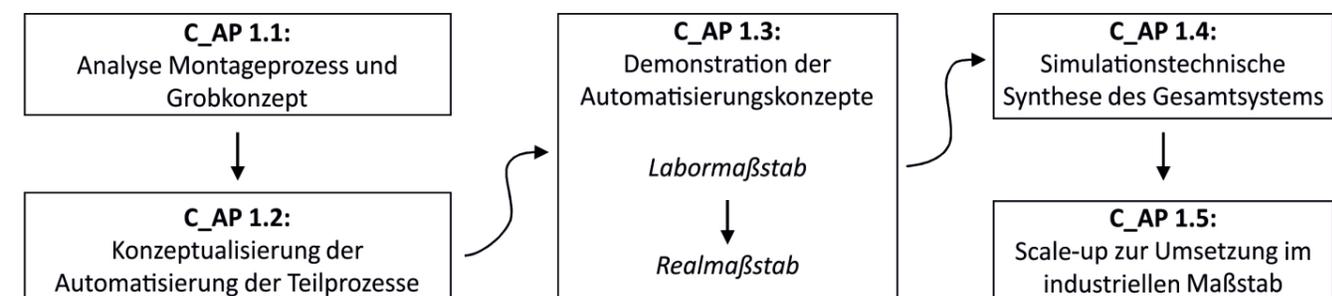
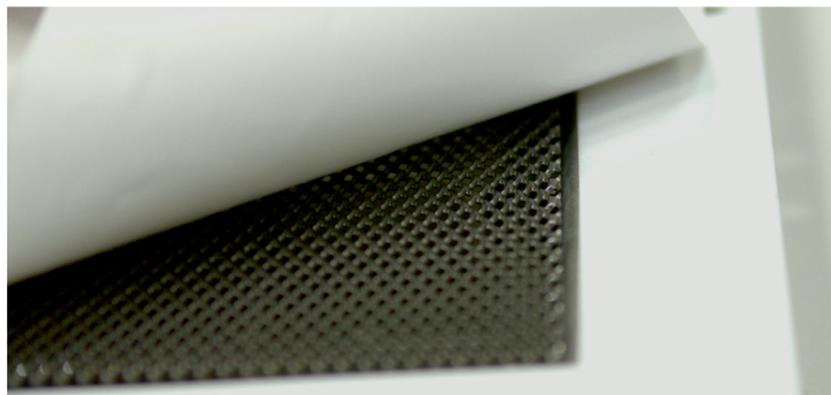
Maßstab wird zukünftig eine Automatisierung der Wartung an Relevanz gewinnen. Auch hier bietet das am Wasserstoff Campus Salzgitter aufgebaute Montagesystem Möglichkeiten für die Untersuchung von Konzepten und Anwendungspotenzialen.

<https://www.tu-braunschweig.de/iwf/fup/mofa/forschungsprojekte/hznry>

Methodisches Vorgehen im Projekt H₂NRY zur Entwicklung von Konzepten, Technologien und qualifizierten Automatisierungslösungen zur Montage von alkalischen Elektrolysezellen im Realmaßstab



→
Detailansicht des Montageprozesses einer im Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik entwickelten alkalischen Elektrolysezelle beim präzisen Ablegen des Separators zur Untersuchung möglicher Risiko- und Einflussfaktoren





Martin David

m.david@tu-braunschweig.de
Telefon + 49 531 391-7678

Förderung: BMBF
Laufzeit: 12/2022 - 11/2024

Projektpartner:
Institut für Tragwerksentwurf (ITE) –
TU Braunschweig,
Institut für Baustoffe, Massivbau und
Brandschutz (iBMB) –
TU Braunschweig

PROJEKT_Fertigungstechnologien und Prozessautomatisierung

GoLehm

Mobiler, robotischer Stampflehm: Vom Labor zur Baustellenfertigung

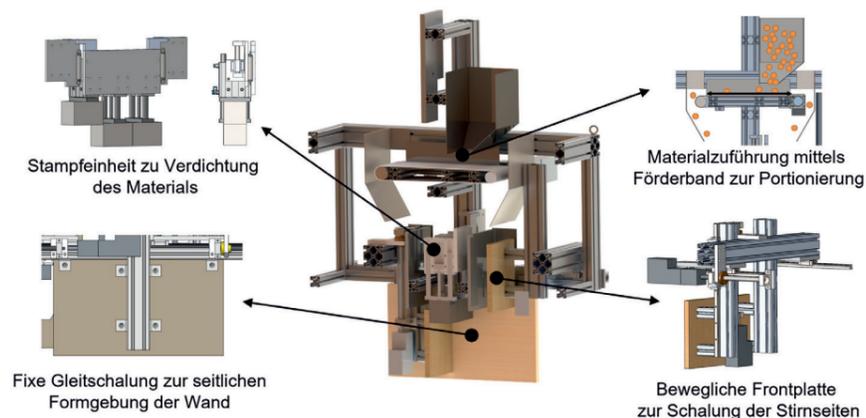
Motivation und Zielsetzung

Um dem voranschreitenden Klimawandel zu begegnen und CO₂-Emissionen zu reduzieren, ist ein Umdenken vieler Industriesektoren erforderlich. In der Bauindustrie werden dafür neue Technologien entwickelt, die den Einsatz von nachhaltigen Materialien (z.B. Lehm) in automatisierten Bauprozessen ermöglichen sollen. Bislang sind für derartige automatisierte Prozesse (z.B. Extrusion) meist sehr spezielle Material-Prozess-Eigenschaften erforderlich, wodurch der Einsatz von lokal vorhandenen Ressourcen nicht möglich ist. Ein bisher meist manuell durchgeführter, jedoch sehr robuster Prozess mit einem hohen Potenzial für die Nutzung von lokalen Rohstoffen, ist die Stampflehmfertigung. Im Rahmen des Forschungsprojekts "Mobiler, robotischer Stampflehm: Vom Labor zur Baustellenfertigung" arbeiten verschiedene Institute der TU Braunschweig daran, einen automatisierten und robotergeführten Stampflehmprozess mit lokal verfügbaren Rohstoffen, wie Lehm, Schluff und Gestein zu entwickeln. Das IWF fokussiert hierfür die Entwicklung und Konzeptionierung eines Endeffektors zur Fertigung von massiven Stampflehmwänden.

Projektergebnisse

Die Herausforderungen für einen automatisierten Stampflehmprozess ist die Adaptierbarkeit von Materialzuführung, Verdichtung und Schalung in Abhängigkeit der lokalen Materialzusammensetzung. Damit verschiedene Prozessparameter und Versuchsaufbauten getestet werden können, wurde ein flexibles Endeffektorrahmenkonzept gestaltet, um beispielsweise unterschiedliche Verdichtungsmethoden (z.B. Rollen, Vibrieren, Stampfen) zu untersuchen. Außerdem wurden Untersuchungen zur Bestimmung der im Prozess auftretenden Kräfte durchgeführt, um die Gleitschalung optimiert auszulegen. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die auf die Schalung wirkenden Kräfte um den Faktor zehn kleiner als die Verdichtungskraft sind. Nach der Inbetriebnahme eines Prototypen soll bis Projektende der Prozess optimiert und an einem Demonstrator validiert werden.

<https://www.tu-braunschweig.de/iwf/fup/mofa/forschungsprojekte-2/golehm-initiative-mobiler-robotischer-stampflehm-vom-labor-zur-baustellenfertigung>



Endeffektor zur automatisierten Stampflehmfertigung mit lokal verfügbaren Materialien sowie Schnittdarstellungen durch den Endeffektor und Detaildarstellungen der Module.

PROJEKT_Fertigungstechnologien und Prozessautomatisierung

BiPas

Passive vakuumbasierte Handhabung mittels bionischer Wirkprinzipien

Motivation

Um die Nachfrage nach effektiven Handhabungslösungen für die Automatisierung im stetig wachsenden eCommerce-Sektor zu bewältigen, sind innovative Lösungen erforderlich. Im Bereich der automatisierten Handhabung stellen vakuumbasierte Greifsysteme und mobile Robotersysteme einen zentralen technologischen Baustein dar. Die aktuelle druckluftbasierte Vakuumtechnik eignet sich jedoch aufgrund der hohen Betriebskosten und der erforderlichen Anbindung an eine Druckluftversorgung insbesondere für mobile Robotik nicht. Um diesen Herausforderungen zu begegnen, steht im Projekt BiPas die Entwicklung von biologisch inspirierten Technologien für eine energieeffiziente, passive vakuumbasierte Handhabung im Fokus, die durch innovative Betriebsstrategien einen dynamischen und dennoch zuverlässigen Handhabungsprozess ermöglichen sollen. Unabhängig vom Prinzip der Vakuumerzeugung werden die Greifsysteme stark durch Leckagen beeinträchtigt, besonders für formflexible Objekte und unterschiedliche Oberflächen.

Zielsetzung

Um in der passiven Vakuumhandhabung eine hohe Prozesssicherheit sicherstellen zu können, ist eine frühzeitige Erkennung einer Objektblöschung entscheidend, um situativ angepasste Strategien gegen einen Objektverlust einzuleiten. Durch die Korrelation von optischer und pneumatischer Sensorik soll eine Methodik zur Leckageprädiktion entwickelt werden. Ergänzend wird auf Basis der Leckageprädiktion eine detaillierte Modellierung der Handhabungstrajektorien durchgeführt, um Objektverluste während des Handhabungsprozesses zu verhindern. Resultierende für Prozesssicherheit und Zykluszeit optimierte Trajektorien werden anschließend experimentell validiert und mithilfe von lernenden Algorithmen kontinuierlich optimiert. Insgesamt wird somit ein entscheidender Baustein für eine erhöhte Energieeffizienz und eine gleichzeitige Automatisierbarkeit der Pick-&-Place-Abläufe im eCommerce-Sektor geleistet.

<https://www.tu-braunschweig.de/iwf/fup/mofa/forschungsprojekte/bipas>



Anna Marie Opolka

a.opolka@tu-braunschweig.de
Telefon + 49 531 391-7628

Förderung: BMWK
Laufzeit: 12/2023 - 11/2026

Projektpartner:
J. Schmalz GmbH,
Botanischer Garten – TU Darmstadt,
Botanischer Garten –
Universität Freiburg
(assoziierter Partner)



Exemplarische Versuchsstandumgebung zur automatisierten Kommissionierung von eCommerce-Handhabungsobjekten. Durch den Einsatz von optischer und pneumatischer Sensorik soll das Leckagerisiko im Handhabungsprozess mittels passiver Vakuumgreiftechnik minimiert werden.



Christoph Persch

c.persch@tu-braunschweig.de
Telefon + 49 531 391-5793

Förderung: BMBF
Laufzeit: 10/2021 - 09/2024

Projektpartner:
Institut für Partikeltechnik –
TU Braunschweig,
Fraunhofer-Institut für Schicht- und
Oberflächentechnik IST,
Fraunhofer-Institut für Werkzeugma-
schinen und Umformtechnik IWU,
DECKEL MAHO Pfronten GmbH,
Synergeticon GmbH,
ASCon Systems Holding GmbH,
Arxum GmbH,
Liebherr-Verzahntechnik GmbH,
Volkswagen AG

PROJEKT_Fertigungstechnologien und Prozessautomatisierung

ZIRKEL

Zirkuläre Produktion für hochintegrierte Komponenten der Elektromobilität

Ausgangssituation und Zielsetzung

Die aktuelle Transformation des Automobilsektors zur klimaneutralen Mobilität stellt die Automobilindustrie vor umfangreiche Herausforderungen. Neben den gesetzlichen Anforderungen an eine emissionsarme Fahrzeugflotte und den Kundenansprüchen an ein kostengünstiges elektrifiziertes und datenbasiertes Dienstleistungsprodukt mit hoher Reichweite und geringen Ladezeiten, fordern geopolitische Situationen eine nachhaltige sowie ressourceneffiziente Produktion mit ökologischen und ökonomischen Wiederverwertungsstrategien der hochwertigen Komponenten. Insbesondere letztere stehen durch die hohe Variantenvielfalt der wiederzuverwertenden Produkte und Komponenten zunehmend im Fokus, an dem auch das Verbundprojekt ZIRKEL ansetzt. Am Beispiel von Traktionsbatteriesystemen und Elektromotoren zielt das Forschungsvorhaben darauf ab, die Produktivität und die Wirtschaftlichkeit der Demontage-, Trenn- und Zerteilungsprozesse nachhaltig zu steigern, produktspezifische ökologisch-ökonomisch optimale Verwertungsrouten sowie Wege aufzuzeigen, Materialkreisläufe vollständig zu schließen. Mit diesen Zielen geht die Entwicklung von resilienten Anlagen einher, die mittels künstlicher Intelligenz (KI), Bilderkennung und intelligenter Steuerung in der Lage sind, flexibel auf unterschiedliche Produkte und Zustände reagieren zu können. Um darüber hinaus die Nachverfolgung der wiederverwerteten Komponenten zu gewährleisten, sind digitale Methoden erforderlich. Im Projekt ZIRKEL erfolgt dies eindeutig, fälschungs- und datensicher durch Nutzung der Blockchain-Technologie über Smart Contracts.

Vorgehen und methodischer Ansatz

Für die Bewertung der Eingangsprodukte hinsichtlich ihrer Wiederverwertungsszenarien wird eine optische Zustandserfassung mittels KI-gestützter Computer-Vision eingesetzt. Neben der Detektion von Schädigungen, Verunreinigungen und Korrosionen werden die Positionsdaten der zu lösenden Fügestellen erfasst, um diese in der automatisierten Demontage verwenden zu können und dort reduzierte Prozesszeiten und adaptive Prozessrouten zu ermöglichen. Mit Hilfe einer nachgelagerten multi-kriteriellen Bewertungsmethode erfolgt die eigentliche Einstufung der Bauteile in Abhängigkeit des möglichen Wiedereinsatzes im Fahrzeug (Reuse), der Umnutzung (Repurpose), der Instandsetzung

(Refurbishment), der Refabrikation (Remanufacturing) und der Wiederverwertung (Recycling). Abhängig von der gewählten Verwertungsrouten sind unterschiedliche Prozesse für die Demontage und die materialelektive Zerteilung zu evaluieren und in einer ganzheitlichen Prozesskette zusammenzuführen. Für die automatisierte Demontage werden daher unterschiedliche Zerlegungsstufen analysiert und die dazugehörige Demontagesequenzplanung entwickelt. Das Ziel ist es dabei, die Prozessrouten schnell und flexibel auf die Eingangsprodukte anzupassen und eine möglichst effiziente Verwertung zu gewährleisten. Zur Erreichung einer ökologisch und ökonomisch optimalen Verwertungsrouten werden sowohl zerstörungsfreie Demontageverfahren, wie das automatisierte Erkennen und Lösen von Schraubverbindungen, als auch intelligente, minimalinvasive Trennverfahren und zerstörende Verfahren zur materialelektiven Zerteilung von irreversiblen Verbindungen eingesetzt. Zusätzlich werden im Verbundprojekt Konzepte für digitale Zwillinge in der Kreislaufproduktion erarbeitet und ein digitaler Produktpass entwickelt, der eine fälschungssichere Nachweiskette für das Recycling ermöglicht. Für die praktische Erprobung an konkreten Anwendungsfällen stellt eine prototypische Anlage zur automatisierten Demontage und informationellen Nachverfolgung einen Kerninhalt des Projekts dar.

Projektfortschritt

Mit den genannten Zielen wurde zu Beginn des Projekts das Batteriesystem des modularen Elektrobaukastens (MEB) der Volkswagen AG als beispielhaftes Anwendungsprodukt für die prototypische Demontageanlage ausgewählt. Anhand dieses konkreten Beispiels wurden Anforderungen abgeleitet, Prozessschritte konzeptioniert und die konstruktive Entwicklung der Pilotanlage abgeschlossen. Zunächst noch in Kempten in der Entwicklung, im Aufbau und der Ersterprobung sowohl unter spannungsfreiem als auch Hochspannungszustand, befindet sich die prototypische Anlage seit November 2023 im Technikum der Open Hybrid LabFactory, wo sie durch den Projektpartner Liebherr Verzahntechnik GmbH aufgebaut und erfolgreich in Betrieb genommen wurde. Hinzu-kommend sind die parallel entwickelten Lösungen zum digitalen Anlagenzwilling, der virtuellen Bauteilnachverfolgung sowie zur multi-kriteriellen Bewertungsmethode der Bauteilzustände für eine zustandsgerechte Demontagesequenzplanung in die Infrastruktur der Pilotanlage integriert worden und sollen im weiteren Verlauf erprobt und angepasst werden.

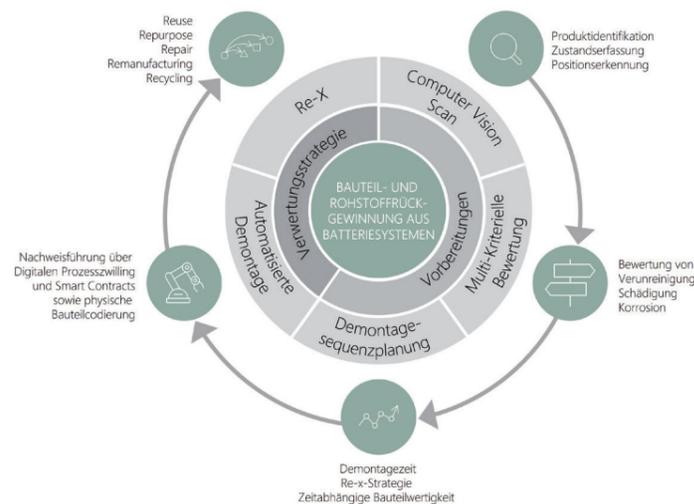
Ausblick und Potenziale

Erkenntnisse aus dem Projekt ZIRKEL sollen die Potenziale und Chancen für neuartige Lösungen der Mobilität im Bereich der zirkulären Produktion aufzeigen. Für eine geschlossene Kreislaufwirtschaft ist eine möglichst flächendeckende Nachverfolgbarkeit von Materialien, Komponenten und Produkten über das gesamte Wertschöpfungsnetzwerk sowie über den kompletten Lebenszyklus hinweg erforderlich. Darüber hinaus wird das Projekt ZIRKEL dazu beitragen, Empfehlungen für kreislaufgerechte Produktdesigns auszusprechen sowie hocheffiziente und ressourcenschonende Demontage- und Recyclingtechnologien zu erforschen, um zur vollständigen Schließung von Materialkreisläufen beizutragen.

<https://www.tu-braunschweig.de/iwf/fup/fhb/forschungsprojekte/zirkel>



Prozessschaubild für die Bauteil- und Rohstoffrückgewinnung aus Traktionsbatteriesystemen



Prototypische Anlage zur automatisierten Demontage von MEB-Batteriesystemen mit einem Demontagetisch zwischen den Industrierobotern, einem Ablagetisch für demontierte Batteriemodule sowie verschiedenen Aufbewahrungsbehältern für eine systematische Sortierung demontierter Bauteile am Standort Wolfsburg



Dr.-Ing. Werner Berlin

w.berlin@tu-braunschweig.de
Telefon + 49 531 391-65016

Förderung: BMWK
Laufzeit: 01/2023 - 12/2024

Projektpartner:
IMOS Gubela GmbH

PROJEKT_Fertigungstechnologien und Prozessautomatisierung

DyVaTemp

Dynamisch variotherm temperierte Werkzeugeinsätze zur lokalen Verbesserung der Fließfähigkeit von Kunststoffschmelzen in Spritzgießwerkzeugen

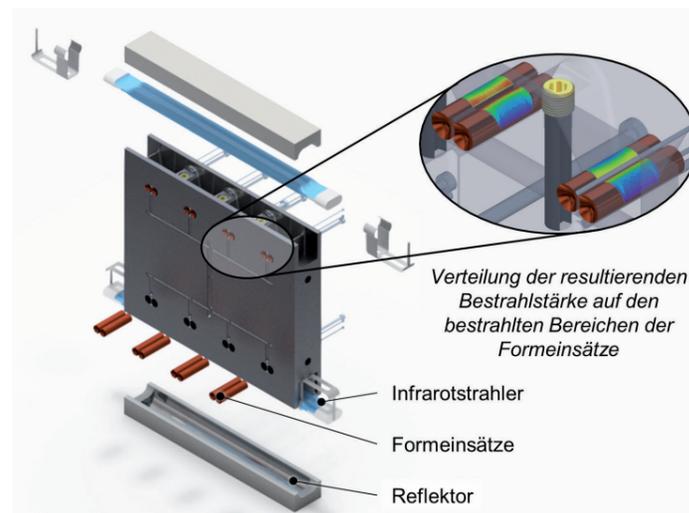
Motivation und Zielsetzung

Bei der Herstellung von Kunststoffformteilen mittels Spritzgießen wird ein schmelzflüssiger Kunststoff in einen Hohlraum zwischen zwei Hälften eines Werkzeugs injiziert. Die Temperatur des Werkzeugs hat dabei Einfluss auf die Bauteilqualität. Konventionell isotherm temperierte Werkzeuge werden den steigenden Bauteilanforderungen nicht mehr in jeder Hinsicht gerecht. Insbesondere die Fertigung von optischen Bauteilen aus Kunststoffen gewinnt an Relevanz. Anwendungsspezifische Kunststoffoptiken sind allerdings oftmals nicht nach Kunststoff-Konstruktionsrichtlinien auslegbar. Um eine Herstellbarkeit dennoch zu gewährleisten, ist die Fertigung mittels variothermer Werkzeugtemperierung notwendig.

Projektergebnisse

Ziel des Projekts DyVaTemp ist die Entwicklung, Umsetzung und Erprobung eines Werkzeugkonzepts mit integrierter, dynamischer, variothermer Werkzeugtemperierung. Dazu sollen Infrarotstrahler eingesetzt werden, die Werkzeugeinsätze fokussiert bestrahlen. Dadurch lässt sich die eingebrachte Energie gezielt in den an der kritischen Formgebung beteiligten Bereichen einsetzen. Die Bestimmung der Lage der Infrarotstrahler sowie die Auslegung der umgebenden Geometrie zur Maximierung der Bestrahlstärke auf den Formeinsätzen erfolgte mit Hilfe von analytischen und numerischen Berechnungen. Im weiteren Projektverlauf wird eine Validierung der Berechnungsergebnisse anhand von Messungen an einem der geplanten Werkzeuggeometrie nachempfundenen Prüfstand vorgenommen. Auf Grundlage der Messergebnisse wird ein Spritzgießwerkzeug zur Fertigung von Kunststoffoptiken entwickelt und gefertigt. Das Projekt wird abgeschlossen durch die Abmusterung des Werkzeugs und die Aufnahme von Prozessdaten wie Aufheiz- und Abkühlzeiten. Somit wird umfassend das variotherme Werkzeugkonzept für industrielle Anwendungen demonstriert.

<https://www.tu-braunschweig.de/iwf/fup/fhb/forschungsprojekte/dyvatemp>



Darstellung des Werkzeugkonzeptes und der simulierten, resultierenden Bestrahlstärkeverteilung bei Infrarotbestrahlung der Formeinsätze

PROJEKT_Fertigungstechnologien und Prozessautomatisierung

HyFiVe

Großserienfähige Variantenfertigung von Kunststoff-Metall-Hybridbauteilen

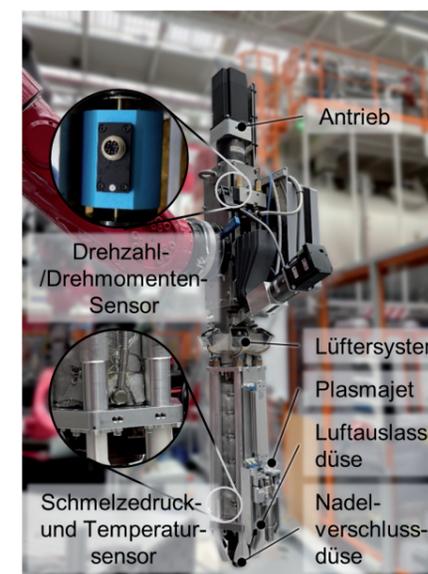
Motivation und Zielsetzung

Die Kombination aus räumlicher und geometrischer Flexibilität durch den Einsatz von Industrierobotern im Verbund mit schneckenbasierter Extrusionstechnik im Kontext additiver Fertigung bietet hohe Potenziale zur variantenflexiblen Produktion vom Prototypenbau bis hin zu Mittelserien. Der Einsatz von granulatsbasierten Ein- oder Mehrwellenschneckenextrudern als Endeffektor an Industrierobotern bietet die Möglichkeit, hohe Kunststoffaustragsraten bei flexiblem Materialauftrag zu erzielen. Darauf aufbauend ist ein Ziel des Projekts HyFiVe, ein roboterbasiertes Extrudersystem zur additiven Fertigung von Kunststoffbauteilen zu entwickeln.

Projektergebnisse

Im Projekt wurde hierfür ein Extruder als Endeffektor an einem 6-Achs-Industrieroboter entwickelt. Dieser zeichnet sich durch eine integrierte Messung des auftretenden Drehmomentes, des Druckes und der Temperatur der Kunststoffschmelze aus. Der Schmelzefluss kann zudem durch eine Nadelverschlussdüse dynamisch gestoppt werden. Des Weiteren ist der Extruder mit einem austarierten Lüftungssystem ausgestattet, das den Austritt der Kühlluft homogen um die Extruderdüse herum verteilt. Ein in den Druckbereich ein- und ausfahrbarer Plasmajet wird genutzt, um eine Vorfelderwärmung und eine Funktionalisierung von Oberflächen zu realisieren, auf denen ohne diese Funktionalität nur bedingt eine Haftung mit dem extrudierten Kunststoff erzielt werden könnte. Der Auftragsprozess erfolgt mit möglichst hoher Austragsrate von bis zu 10 kg/h. Dies kann jedoch die Geometrietreue beeinflussen, weshalb ein nachgelagerter spanender Prozessschritt die Endgeometrie herstellt. Durch die additiv-subtraktive Verfahrenskombination können komplexe, hinterschnittige Geometrien hergestellt werden. Dadurch kann die additiv-subtraktive Verfahrenskombination Potenziale für skalierbare und flexible Fertigung von Kunststoffbauteilen aufzeigen.

<https://open-hybrid-labfactory.de/forschung-projekte/hyfive-1>



Dr.-Ing. Werner Berlin

w.berlin@tu-braunschweig.de
Telefon + 49 531 391-65016

Förderung: BMBF
Laufzeit: 01/2020 - 12/2024

Projektpartner:
Christian Karl Siebenwurst GmbH & Co. KG,
DECKEL MAHO Pfronten GmbH,
DMG MORI Academy GmbH,
FH Bielefeld - Fachbereich Ingenieurwissenschaften & Mathematik,
FORMHAND Automation GmbH,
Fricke und Mallah Microwave Technology GmbH,
Institut für Füge- und Schweißtechnik – TU Braunschweig,
Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen – Leibniz Universität Hannover,
INVENT GmbH,
J. Schmalz GmbH



Multifunktionaler, roboterbasierter Kunststoffextruder zur additiven Fertigung von Kunststoffbauteilen mit austariertem Kühlsystem, Vorfelderwärmung und -funktionalisierung sowie dynamischem Düsenverschluss



Dr.-Ing. André Hürkamp

a.huerkamp@tu-braunschweig.de
Telefon + 49 531 391-65044

Förderung: BMWK
Laufzeit: 09/2023 - 08/2026

Projektpartner:
Institut für Konstruktionstechnik – TU Braunschweig,
Institut für Füge- und Schweißtechnik – TU Braunschweig,
Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST,
Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU,
Institut für Produktion und Informatik – TTZ Sonthofen,
ARRK Engineering GmbH,
POLYTEC PLASTICS Germany GmbH & Co KG,
KCS Europe GmbH,
Synergeticon GmbH

PROJEKT_Fertigungstechnologien und Prozessautomatisierung

DigiPRO2green

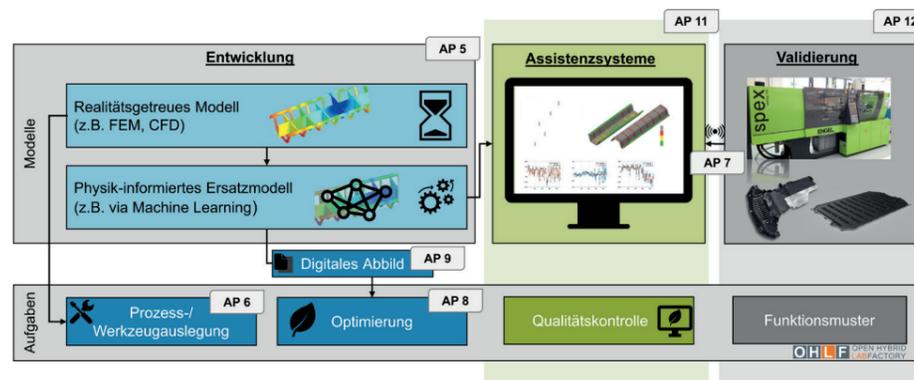
Digitale Methoden für die Produktentwicklung und zirkuläre Produktion nachhaltiger Leichtbaustrukturen

Ausgangssituation und Zielsetzung

Ein wichtiger Treiber auf dem Weg zur Reduktion negativer Umweltwirkungen von Produktionssystemen und Bauteilen ist eine nahezu emissionsfreie und zirkuläre Produktion. Durch die konsequente Wiederverwendung von Materialien und den Einsatz von Rezyklat können Materialkreisläufe geschlossen und somit die Umweltwirkungen in der Produktion reduziert werden. In Verbindung mit Leichtbauprinzipien und Digitalisierungstechnologien lassen sich so enorme Einsparungen über den gesamten Lebenszyklus der Produkte (bspw. eines Automobils) erzielen. Durch den Einsatz von Rezyklaten sind jedoch größere Schwankungen für Produkteigenschaften zu erwarten. Für eine resiliente, nachhaltige und zirkuläre Produktion von rezyklierten Leichtbauteilen bedarf es daher innovativer Designs für Re-X-Methoden unter Berücksichtigung von Fertigungseinflüssen sowie echtzeitfähige Assistenzsysteme zur digitalen Prozesssteuerung während des Betriebs. Im Rahmen von DigiPRO2green entwickelt das IWF digitale Assistenzsysteme zur Produktionsoptimierung von Leichtbau-Bauteilen mit (möglichst hohem) Rezyklatanteil und erforscht hier die Potenziale von datenbasierten Ansätzen für die Kreislaufwirtschaft. Dafür werden im Projekt CAE-Prozesssimulationen, KI-basierte Prozess- und Prozesskettenmodelle, Nachhaltigkeitsbewertungen sowie die notwendige IT-Infrastruktur zur Implementierung entwickelt und in einem Assistenzsystem zusammengeführt. Das zentrale Forschungsziel des IWF besteht dabei in der Entwicklung und Implementierung eines multikriteriellen Assistenzsystems für ein zirkuläres und nachhaltiges Produktionssystem sowie die Integration von Prozesssimulationsdaten über echtzeitfähige, physikbasierte Ersatzmodelle mittels Methoden des maschinellen Lernens. Es wird ein cyber-physisches Produktionssystem aufgebaut, mit dem Ziel zirkuläre Stoffkreisläufe in der Produktion durch eine bezüglich schwankender Rezyklateigenschaften resiliente Fertigung zu ermöglichen. Darüber hinaus werden im Projekt die Implementierung eines cloudbasierenden Onlinetools zum Anforderungstracking (CO₂-Einsparung/Bemessung der Umweltwirkung) und zur Optimierung von Strukturen angestrebt. Mit Abschluss des Projekts werden die digitalen Methoden und Tools anhand von Funktionsmustern im Labormaßstab und im Industriemaßstab erprobt und validiert.

Vorgehen und methodischer Ansatz

Das IWF erforscht in diesem Projekt multikriterielle Assistenzsysteme, die neben diversen Dateninputs aus der Produktion und der Nachhaltigkeitsbewertung auch physikalische Zusammenhänge aus Simulationen berücksichtigen. Hierzu werden zunächst Simulati-



Resilientes Fertigungssystem im realen und digitalen Abbild mit Integration virtueller Qualitätsmessstellen

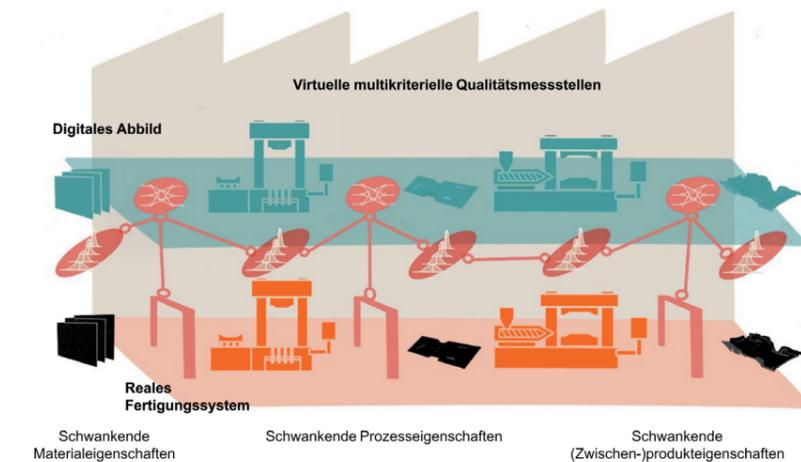
onsmodelle zur numerischen Abbildung der untersuchten Fertigungsprozesse aufgebaut und mittels Coupon-Proben und kleineren Funktionsmustern validiert. Über Parameterstudien werden virtuelle Trainingsdaten erzeugt, die die Grundlage des physik-informierten Ersatzmodells bilden. Dieses ist in der Lage in nahezu Echtzeit relevante Produkteigenschaften (wie z.B. eine Faserorientierung) vorherzusagen. Neben diesen Informationen aus der Simulation beinhaltet das digitale Abbild Prozess- und Maschinendaten von den Produktionsanlagen, Sensordaten (werkzeugintegriert) sowie Daten über die Umweltwirkungen. Dieses soll in einer entsprechenden Darstellung (Dashboard) zu einem multikriteriellen Assistenzsystem zusammengeführt werden. Das Gesamtsystem wird in der Produktionsumgebung der Open Hybrid LabFactory implementiert und anhand eines industrierelevanten Funktionsmusters validiert.

Projektfortschritt

Zu Beginn des Projekts wurden verschiedene Workshops zum Anforderungsmanagement abgehalten. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf der Definition geeigneter Funktionsmuster sowie den entsprechenden Anforderungen und Randbedingungen und den daraus resultierenden Anforderungen an Material, Datenakquise, Dateninfrastruktur und den Aufbau der datenbasierten Modelle. Insgesamt werden im Projektverlauf verschiedene größere und kleinere Funktionsmuster untersucht. Dadurch soll sichergestellt werden, dass Simulation, Sensorik und Datenerfassung plausibel und valide sind. Darüber hinaus lassen sich so verschiedene Fertigungsstrategien und der Rezyklateinsatz auf verschiedenen Skalen untersuchen. Anhand dieser Funktionsmuster werden Materialcharakterisierung, Validierung von Simulationen und Kalibrierung von Sensordaten durchgeführt. Des Weiteren wurden die jeweiligen Datentypen definiert und es wurde erfasst, wie diese miteinander im Austausch stehen. Anforderungen bezüglich der zeitlichen Abfolge des Datenaustauschs aus der Konstruktion, der Produktion und der Simulation sind ebenfalls definiert. Ziel ist es, als Demonstrator ein relevantes Bauteil (Dimension und Masse) durch ein Rezyklat zu ersetzen. Im Fokus steht hierbei ein Verbund aus einem thermoplastischen Matrixmaterial (PP mit Rezyklatanteil) und Glasfasern (endlos, lang, kurz) in einem Pressverfahren oder einer Verfahrenskombination mit Spritzgießen.

Ausblick und Potenziale

Im weiteren Verlauf des Projekts werden physische Funktionsmuster gefertigt, die zur Validierung der digitalen Methoden dienen. Durch entsprechende experimentelle Untersuchungen kann das mechanische Leistungsvermögen von Rezyklatmaterial besser abgeschätzt werden. Dadurch wird evaluiert, welche Bauteile und Baugruppen unter Berücksichtigung der auftretenden Lasten und Fertigungseinflüsse das größte Potenzial zur Substitution besitzen.



Anna-Sophia Wilde

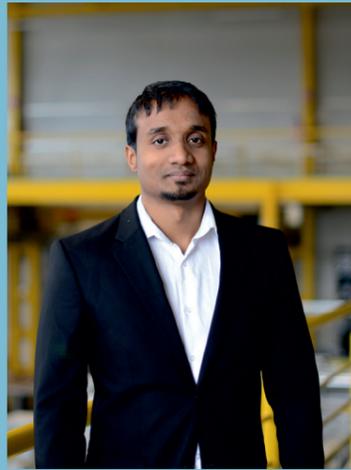
a.wilde@tu-braunschweig.de
Telefon + 49 531 391-65034

Neben der Qualifizierung von Rezyklatmaterial für die Serienfertigung und der Auslegung der Produkte und Prozesse für Strukturbauteile, spielt die Akzeptanz bei der Einführung von Rezyklatmaterial eine entscheidende Rolle. Das Projekt DigiProzgreen bietet hier ein enormes Potenzial durch die Entwicklung von digitalen Methoden bereits früh in der Entwicklungsphase abschätzen zu können, wie Rezyklatmaterial optimal eingesetzt wird. Im Projekt werden die Methoden am Beispiel der Automobilindustrie erprobt, lassen sich jedoch auf andere Branchen übertragen.

<https://www.tu-braunschweig.de/iwf/fup/nm/forschungsprojekte/digiprozgreen>

←

Vorgehen und methodischer Ansatz des IWF im Projekt DigiPRO2green



Virama Ekanayaka

v.ekanayaka@tu-braunschweig.de
Telefon + 49 531 391-7668

Förderung: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Laufzeit: 04/2023 - 03/2025

Projektpartner:
Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen –
Leibniz Universität Hannover

PROJEKT_Fertigungstechnologien und Prozessautomatisierung

Taumelpresse

Bauteilvariation in der Herstellung von Hybridverbunden durch freikinematisches Umformen

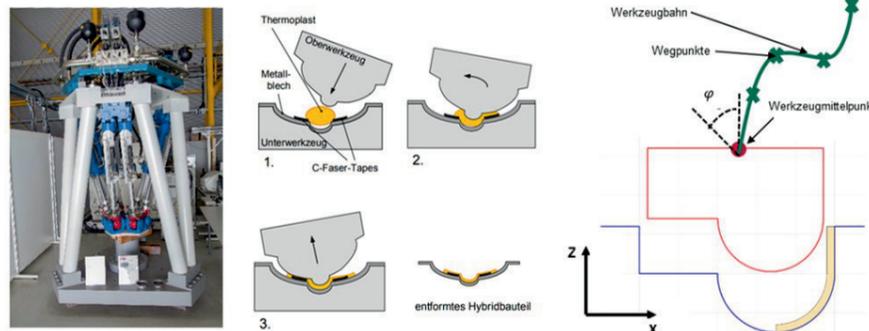
Motivation und Zielsetzung

Die heute verfügbaren Presstechnologien stoßen mit den etablierten charakteristischen linearen Werkzeugbewegungen bei der prozessintegrierten Erzeugung eines Hybridverbundes aus thermoplastischer Pressmasse und metallischen Halbzeugen an ihre technologischen Grenzen. So bestehen beispielsweise durch Luftpfeifen und Verschiebung von metallischen Einlegern Restriktionen hinsichtlich der Reproduzierbarkeit. In diesem Projekt wird ein neues Verfahren mit mehr Freiheitsgraden erforscht. Der Ansatz besteht hierbei in der Durchdringung eines trockenen Faserhalbzeugs mit einer auf Umformtemperatur erwärmten thermoplastischen Pressmasse als Matrixwerkstoff und die damit verbundene Anbindung an eine metallische Verstärkungsstruktur. Das Anpressen erfolgt durch eine mehrdimensionale Taumelbewegung in einer am IWF entwickelten Taumelpresse.

Projektergebnisse

Im bisherigen Projektverlauf wurde ein kinematisches Modell entwickelt, mit dem die Bahnplanung des „taumelnden“ oberen Umformwerkzeugs in Abhängigkeit der Bauteilgeometrie berechnet werden kann. Dazu wurde ein genetischer Algorithmus implementiert, um die erforderlichen Rotationswinkel und die Wegpunkte zu bestimmen. Die Maschinenbeschränkungen wie der Arbeitsraum der Taumelpresse sowie die Bauteilgeometrie bilden hierbei die definierenden Randbedingungen. Kollisionen zwischen dem Werkzeug und der finalen Bauteilgeometrie wurden im Algorithmus bestraft, mit dem Ziel eine gleichmäßige Verteilung des Thermoplasts zu erreichen. Die inverse Kinematik, die zur Steuerung der Taumelpresse benötigt wird, kann anschließend mithilfe der Werkzeugbahn berechnet werden. Im weiteren Projektverlauf wird eine FE-Simulation mit dem kinematischen Modell gekoppelt, um die berechnete Werkzeugbahn zu optimieren. Somit wird grundlegendes Wissen zur Werkzeug- und Prozessauslegung generiert, um diese hochkomplexen freikinematischen Umformprozesse effizient auszulösen.

<https://www.tu-braunschweig.de/iwf/fup/nm/forschungsprojekte/taumelpresse>



Bahnplanung für freikinematisches Umformen mit einer Taumelpresse

PROJEKT_Fertigungstechnologien und Prozessautomatisierung

DIAZI

Digitalisierung des Industrialisierungsprozesses in der Automobil- und Zuliefer-Industrie

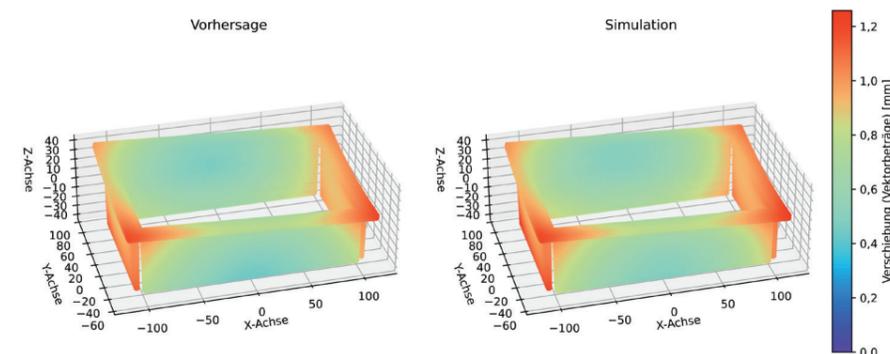
Motivation und Zielsetzung

Das Verbundprojekt DIAZI verfolgt das Ziel, eine umfassende und durchgehende Digitalisierung des Industrialisierungsprozesses von Fertigungslinien in der Automobil- und Zulieferindustrie zu erreichen. Am Beispiel von UX (User Experience)-Komponenten werden Strategien zur Digitalisierung untersucht. Besonders Fertigungstoleranzen entlang der Prozesskette sind hierfür relevant. Zum einen führen aufsummierende Toleranzen aus vorgeschalteten Produktionsprozessen zu Problemen während der Montage und zum anderen können Maßabweichungen beispielsweise bei Head-Up-Displays (HUD) zu einer Reflektion des Sonnenlichts in die Augen der fahrenden Person führen. In der Arbeitsgruppe Numerische Methoden wird daher erforscht, wie die Informationen aus CAE-Simulationen im Betrieb unterstützen können. Hierzu wird der Spritzgießprozess zur Fertigung von HUD-Gehäusen untersucht. Basierend auf Simulationen kann die Fertigung in einem großen Parameterraum numerisch analysiert werden. Hieraus lassen sich Zusammenhänge zwischen den Prozessparametern und dem entstehenden Verzug ermitteln. Über Methoden des Machine Learning kann die rechenintensive Simulation durch ein schnell rechnendes Surrogatmodell (z.B. künstliches neuronales Netz) ersetzt werden. Somit sollen im laufenden Betrieb anhand von Prozess- und Maschinendaten Prozesse in Echtzeit vorhergesagt und somit Bauteile außerhalb der Toleranz frühzeitig erkannt werden.

Projektergebnisse

Zur Erzeugung von Trainingsdaten wurde eine numerische Parameterstudie in Autodesk Moldflow durchgeführt und der Verzug (in Form eines Verschiebungsvektors) exportiert. Basierend auf diesen Ergebnisdaten wurde ein neuronales Netz trainiert, welches den vollständigen Verzug in Abhängigkeit der eingegebenen Prozessparameter mit einer Genauigkeit von 5-10 % im Vergleich zur vollständigen Simulation vorhersagt (siehe Abbildung). Dies wird im weiteren Projektverlauf weiterentwickelt und Konzepte zur Integration in die laufende Produktion untersucht.

<https://www.tu-braunschweig.de/iwf/fup/nm/forschungsprojekte/diazi>



Mohammad Mojaddarasil

mohammad.mojaddarasil@tu-braunschweig.de

Förderung: BMWK
Laufzeit: 01/2023 - 12/2025

Projektpartner:
Continental Automotive Technologies GmbH,
DUALIS GmbH IT Solution,
IFOX Systems GmbH,
SUSE Software Solutions Germany GmbH,
Institute for Data and Process Science – HAW Landshut,
NAISE GmbH



Vergleich des mittels KI vorhergesagten Verzugs mit der Verzugssimulation anhand einer Gehäusestruktur



Abdur-Rahman Ali

a.thamjigar-ali@tu-braunschweig.de
Telefon + 49 531 391-7159

Förderung: Horizon Europe,
EU-Rahmenprogramm für Forschung
und Innovation (Fördervereinbarung
Nr. 101104094)
Laufzeit: 07/2023 - 12/2026

Projektpartner:
Fundación Cidetec,
PowerCo SE,
Manz AG,
Institut für Partikeltechnik –
TU Braunschweig,
Verkor,
Izertis S.A.,
Comau S.p.A.,
Excelitas Technologies Corp.,
Saueressig Group,
Jagenberg Converting Solutions GmbH,
RISE Research Institutes of Sweden AB,
Ferroglobe PLC,
Zeppelin Systems GmbH,
NETZSCH-Feinmahltechnik GmbH,
LIPLANET e.V.,
Fondazione ICONS

PROJEKT_Nachhaltige Produktion und Life Cycle Engineering

GIGABAT

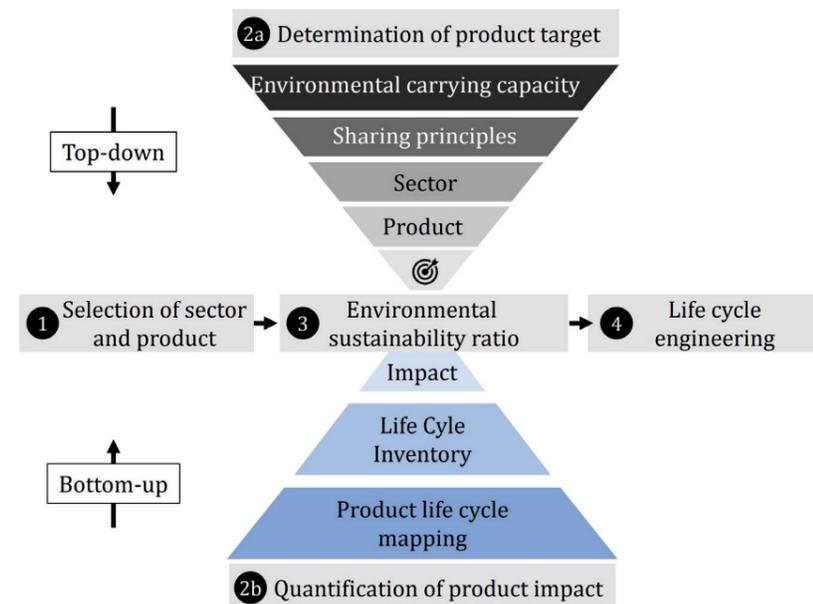
Sustainable and digitalized GIGAFactory for BATTERY production with made-in-Europe machinery

Ausgangssituation und Zielsetzung

Die EU strebt den Aufbau einer robusten Wertschöpfungskette für die Batterieherstellung in Europa unter Nutzung fortschrittlicher Technologien wie den digitalen Prozesswilling an. Im Zuge der Dekarbonisierungsziele der EU soll die Batterieproduktionskapazität bis 2030 von 60 GWh auf 900 GWh erhöht werden. Hierfür spielen Gigafabriken eine entscheidende Rolle. GIGABAT verbindet die Automobil- und Maschinenbausektoren der EU, um die Produktivität, Produktqualität und Nachhaltigkeit zu erhöhen. Der Fokus liegt auf der GEN3b Lithium-Ionen-Batterietechnologie, welche sich durch eine hohe Energiedichte und einen erhöhten Siliziumanteil von $\geq 10\%$ in der Anode auszeichnet.

Vorgehen und methodischer Ansatz

Das IWF arbeitet an der Entwicklung einer Methodik zur Bewertung von Batterie-Gigafabriken unter dem Aspekt der absoluten Nachhaltigkeit. Die Ökobilanz dient der Bewertung der Umweltauswirkungen von Produkten und Systemen, wird aber in der Regel als relativer Bewertungsrahmen für vergleichende Bewertungen verwendet, d. h. zur Ermittlung von Hotspots im Lebenszyklus eines Produkts oder zur Auswahl zwischen zwei Produkten auf der Grundlage ihrer Umweltauswirkungen. Diese Art der relativen Bewertung berücksichtigt jedoch nicht die absoluten zur Verfügung stehenden Emissionsbudgets, die so genannten planetaren Grenzen (PG). Um diese Lücke zu schließen, müssen die traditionellen Lebenszyklusanalysen mit absoluten Nachhaltigkeitsmaßen verknüpft werden. Maße wie die Tragfähigkeit und die PG des Erdsystems werden dabei verwendet, um absolute Umweltverträglichkeitsprüfungen zu unterstützen. Dafür werden bestehende Methoden zur Bewertung von Produkten oder Fabriken unter dem Aspekt der absoluten ökologischen Nachhaltigkeit untersucht und bewertet. Basierend auf dieser Bewertung wird eine Methodik entwickelt, welche nachfolgend für die Quantifizierung der zulässigen ökologi-



Vorgehen und methodischer Ansatz
von GIGABAT

schen Grenzwerte für die Produktion von Batterien im Giga-Maßstab innerhalb der PG angewendet wird. Die Abbildung auf der linken Seite zeigt das methodische Vorgehen, welches eine Kombination aus einem Top-Down-Ansatz zur Zielableitung (Schritt 2) und einer Bottom-Up-Analyse zur Abschätzung der Produktauswirkungen (Schritt 3) ist. Schließlich wird das "Life Cycle Engineering" angewendet, um das abgeleitete Ziel zu erreichen (Schritt 4). Hierbei werden die technischen Maßnahmen untersucht und ihre Rolle bei der Erreichung des abgeleiteten Ziels ermittelt, um geeignete Maßnahmen auszuwählen. So wird beispielsweise der Einfluss von Bottom-up-Faktoren wie der Auswahl der Rohstofflieferanten und des Produktionsstandorts analysiert, um das Produktziel zu erreichen.

Projektfortschritt

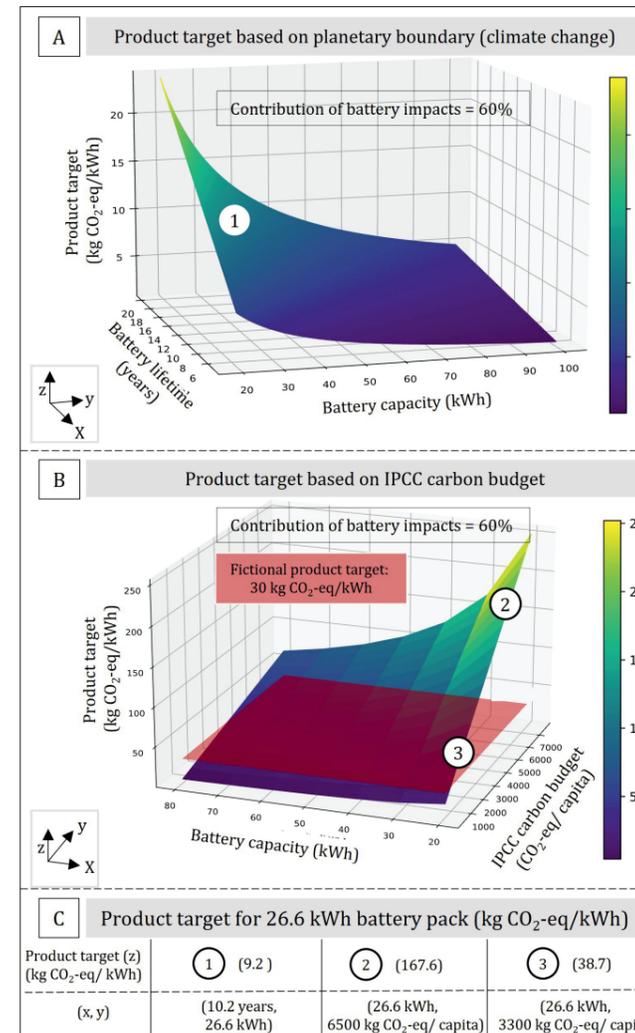
Die Anwendung der Methode auf die Fallstudie der Batterieproduktion liefert die in der rechten Abbildung dargestellten Ergebnisse. Daraus geht hervor, dass der maximale CO₂-Fußabdruck bei 9,2 kg CO₂-eq/kWh Batteriekapazität liegt, um noch innerhalb der PG zu liegen. Dieser Zielwert verändert sich jedoch, wenn das durch den Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ermittelte CO₂-Budget berücksichtigt wird, welches zeitlich dynamisch ist. So beträgt das CO₂-Budget für 2020 und 2030 6500 kg CO₂-eq/Kopf bzw. 3000 kg CO₂-eq/Kopf. Unter Verwendung des CO₂-Budgets ergeben sich Zielwerte für die Batterieproduktion von 167,6 kg CO₂-eq/kWh und 38,7 kg CO₂-eq/kWh für die Jahre 2020 bzw. 2030. Der hierdurch entstehende Zielwert nach dem dynamischen CO₂-Budget

des IPCC ist höher als der der innerhalb der zuvor beschriebenen PG. Die weiteren Ergebnisse zeigen die Veränderung des Zielwerts in Abhängigkeit der Batteriekapazität, der Lebensdauer und des globalen Kohlenstoffbudgets. Der Wert sinkt, wenn das berechnete CO₂-Budget niedriger ist oder die Batteriekapazität steigt. Der Grund hierfür ist, dass die Umweltbelastung bei gleicher funktionaler Einheit höher ist.

Ausblick und Potenziale

Der beschriebene Ansatz weist derzeit noch Einschränkungen, wie z.B. die Ausweitung auf andere Umweltwirkungskategorien, auf. Außerdem hängt der Ansatz auch von der Verwendung einheitlicher Daten für die Zuordnung des globalen CO₂-Budgets zu Produkten und Systemen ab. Es besteht der Bedarf an einer standardisierten Datenquelle, die für die Zuordnung verwendet werden kann. Die in multiregionalen Input-Output-Datenbanken (zum Beispiel EXIOBASE 3) bereitgestellten Informationen können verwendet werden, um die Konsistenz der Zuordnung zu erreichen. Ein Konsens zwischen Forschern und Industrie über globale Grenzen und geeignete Verteilungsschlüssel auf Produkte oder Sektoren ist entscheidend für die breite Akzeptanz von Zielen, die von absoluten Prinzipien der ökologischen Nachhaltigkeit abgeleitet werden. Dies wird im Rahmen von Gigabatt weiter vorangetrieben.

<https://gigabat-project.eu/>



Die quantifizierten maximalen Umweltauswirkungen je Batteriepack basieren auf den vom IPCC definierten planetaren Grenzen



Sofia Melo

s.pinhoiro-melo@tu-braunschweig.de

Förderung: BMBF
 Laufzeit: 11/2023 - 10/2026

Projektpartner:
 Fraunhofer-Institut für Schicht- und
 Oberflächentechnik IST,
 Fraunhofer-Institut für Integrierte Sys-
 teme und Bauelementetechnologie
 IISB,
 Fraunhofer-Institut für Keramische
 Technologien und Systeme IKTS,
 Bayerisches Zentrum für Batterietechni-
 k (BayBatt) der Universität Bayreuth,
 Sika Werke GmbH,
 Alzner Battery

PROJEKT_Nachhaltige Produktion und Life Cycle Engineering

BALU

Fertigungstechnologie für Batteriezellkonzepte auf Basis der Aluminium-Ionen-Zellchemie

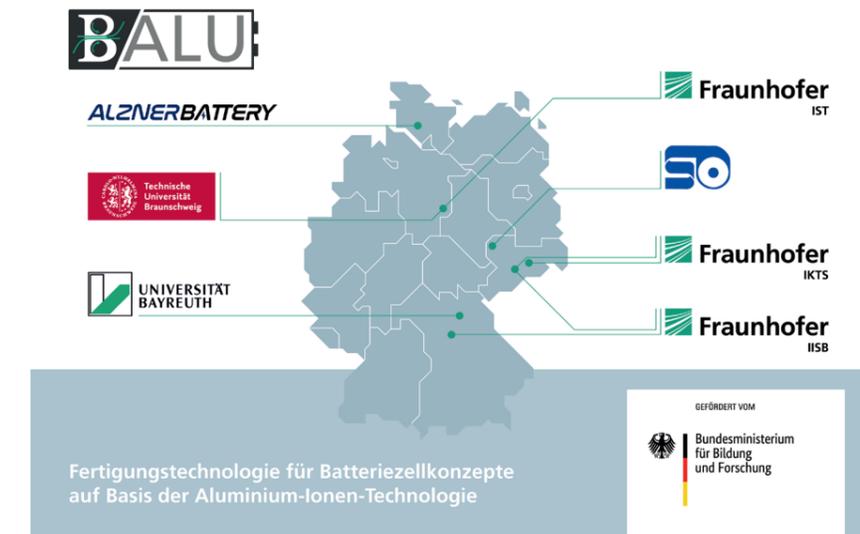
Motivation

Der wachsende Bedarf an elektrischen Speicherkapazitäten stellt eine Herausforderung dar, insbesondere hinsichtlich der Materialverfügbarkeit und Kosten. Neben den lithiumbasierten Batteriesystemen verschiebt sich der Fokus auf alternative Batteriesysteme, die eine bessere Rohstoffverfügbarkeit und Kosteneinsparungen bieten. Das Projekt BALU konzentriert sich auf die Weiterentwicklung der Aluminium-Graphit-Dual-Ionen-Batterie (AGDIB), die mit ihrer hohen Leistungsdichte großes Potenzial im Bereich hochdynamischer Lastanforderungen gezeigt hat. Die Weiterentwicklung solcher Batteriekonzepte bedarf erheblicher Anstrengungen, um den Entwicklungsstand aus dem Labormaßstab (TRL3) möglichst schnell in anwendungsrelevante Zellkonzepte (TRL6) übertragen zu können. Hierzu sind entsprechende Zellkonzepte zu entwickeln, materialspezifische Fragestellungen zu adressieren und gleichzeitig die Herstellungsmöglichkeiten für solche Batteriezellen zu untersuchen. Zusätzlich werden die Umweltauswirkungen der Technologie abgeschätzt und Fragen der Recyclingfähigkeit im Sinne der Kreislaufwirtschaft berücksichtigt.

Zielsetzung

Gesamtziel des Projektes ist die Entwicklung einer Fertigungstechnologie für kostengünstige, nachhaltigere und recycelbare Zellkonzepte der wiederaufladbaren AGDIB-Batterien und die Implementierung der Zellen in einen Funktionsdemonstrator, um die Substitution von kostenintensiven Lithiumtitanat Zellen zu zeigen. Zur Betrachtung der Zelle aus einer Umweltperspektive setzt das IWF die Methode der Ökobilanzierung ein, um die Auswirkungen dieser neuen Batteriezelltechnologie im Vergleich zu einer konventionellen Lithium-Ionen-Batterie abzuschätzen. Unter Berücksichtigung des unterschiedlichen Reifegrads der Technologien wird die prospektive Ökobilanzierung für ein hochskaliertes Fertigungsszenario angewendet. Darüber hinaus werden die wichtigsten Hotspots und kritischen Prozessparameter identifiziert.

<https://www.tu-braunschweig.de/iwf/nplce/forschungsprojekte/balu>



© Bild: Thomas Richter, Fraunhofer IISB

Im Rahmen des Verbundprojekts BALU arbeiten sieben Partner aus Forschung und Industrie gemeinsam an der Weiterentwicklung der Technologie der Aluminium-Graphit-Dual-Ionen-Batterie (AGDIB)

PROJEKT_Nachhaltige Produktion und Life Cycle Engineering

ORRCABATT

Optimales Design für wiederaufladbare und recycelbare, alkalische Zn-MnO₂-Batterien als flexibler Energiespeicher

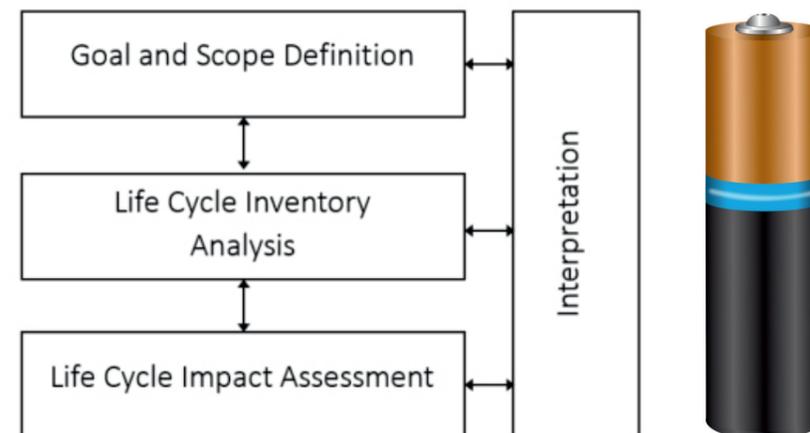
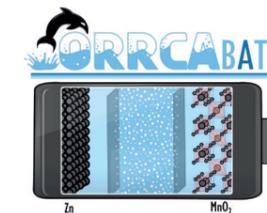
Motivation

Eine erfolgreiche Umsetzung der Energiewende erfordert innovative und effiziente elektrochemische Energiespeichersysteme für die Elektromobilität und die zugehörige Ladeinfrastruktur. Derzeit sind Li-Ionen-Batterien (LIB) die bevorzugte Lösung sowohl für den Fahrzeugantrieb als auch für stationäre Speicher (ESS). Aufgrund der hohen Leistungsdichte und der Ressourcenverfügbarkeit ist es unerlässlich, ihren Einsatz auf den Elektromobilitätssektor zu konzentrieren. Für ESS sind nachhaltige, kostengünstige und sichere Alternativen erforderlich. Aufgrund der Materialverfügbarkeit, der Materialkosten und der theoretischen spezifischen Energiedichte sind wiederaufladbare alkalische Zink-Mangandioxid-Batteriesysteme (ZMB) eine vielversprechende Alternative zu LIBs.

Zielsetzung

Das Ziel von ORRCABATT ist die Optimierung des Designs und der Herstellungsprozesse wiederaufladbarer alkalischer ZMB durch verbesserte Zellkomponenten und Batterieformate einschließlich eines Batteriemanagementsystems. Von Beginn an werden die wichtigsten Aspekte hinsichtlich einer Kreislaufwirtschaft wie Rohstoffgewinnung, Materialverarbeitung, Komponenten- und Batterieherstellung, -nutzung und -recycling berücksichtigt. Das ORRCABATT-Projekt wird die Vorteile der Anwendung von ZMB in der Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge und weiteren stationären Stromspeicheranwendungen gegenüber LIBs aufzeigen. Hierzu wird das Zelldesign vom Labormaßstab in den industriellen Maßstab überführt. Das IWF begleitet die Prozess- und Produktentwicklung mit einer Ökobilanzierung sowie einer Bewertung der Potenziale der Kreislaufwirtschaft.

<https://www.tu-braunschweig.de/iwf/nplce/forschungsprojekte/orrcabatt>



Siavash Aghaei

siavash.ghaei@tu-braunschweig.de
 Telefon + 49 531 391-7645

Förderung: BMBF
 Laufzeit: 10/2023 - 09/2026

Projektpartner:
 Zentrum für Sonnenenergie- und
 Wasserstoff-Forschung Baden-Würt-
 temberg (ZSW),
 Institut für Energie- und Systemver-
 fahrenstechnik (InES) –
 TU Braunschweig,
 Justus-Liebig-Universität Gießen,
 Institute for Decentralized Electrifica-
 tion, Entrepreneurship and Education
 GmbH & Co. KG (id-eee),
 VARTA Microbattery GmbH,
 VARTA Consumer Batteries GmbH &
 Co KGaA

Vorgehen bei der Ökobilanzierung und Anwendung im Zusammenhang mit wiederaufladbaren alkalischen Zn-MnO₂-Batterien unter Berücksichtigung des Recyclings und der Wiederverwendung von Sekundärmaterialien



Oliver Schömig

oliver.schoemig@tu-braunschweig.de
Telefon + 49 531 391-7658

Förderung: DFG
Laufzeit: 01/2023 – 12/2025

Projektpartner:
Institut für Dynamik und Schwingungen (IDS) –
TU Braunschweig

PROJEKT_Nachhaltige Produktion und Life Cycle Engineering

GEKKo

Experimentelle und modellbasierte Untersuchungen zum Einfluss von Kühlschmierstoffen auf Kontaktmechanik, Materialabtrag und Wärmetransport beim Schleifen

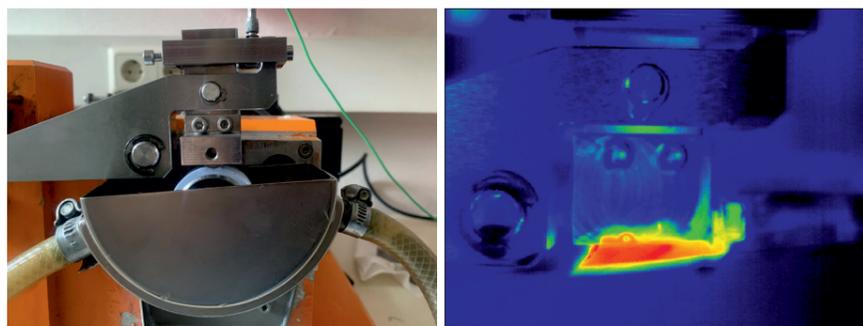
Motivation und Zielsetzung

Beim Schleifen entstehen hohe Temperaturen, die ohne geeignete Kühlung zu Beschädigungen an Werkstück und Werkzeug führen können. Aus diesem Grund finden die meisten Schleifprozesse unter einer Überflutungsschmierung mit Kühlschmierstoffen (KSS) statt. Um ein optimales Verhältnis aus Materialabtrag sowie Schmier- und Kühlwirkung zu erzielen, werden bislang Parameterstudien durchgeführt, deren Gültigkeit auf das untersuchte Werkstück und den zugehörigen Prozessparameterbereich begrenzt sind. Für eine allgemeingültige und gezielte Optimierung fehlt es hingegen an einem Grundverständnis der genauen systemischen Wirkungen von KSS auf den Schleifprozess und die zugehörigen kontaktmechanischen Vorgänge im Schleifspalt. Im Laufe des Projekts GEKKo soll ein fundamentaler Erkenntnisgewinn über den Einfluss verschiedenster Eingangsfaktoren auf das Ergebnis geschmierter Schleifprozesse generiert werden. Dazu werden sowohl mikroskopische Vorgänge, wie etwa die Bewegung und Verteilung des Schmierstoffes in der Kontaktfläche, als auch makroskopische Effekte, wie die dynamische Konturanpassung der Kontaktoberflächen, untersucht. Ein besonderer Fokus liegt auf der hydrodynamischen Tragwirkung des KSS und deren Einfluss auf Schleifergebnis, Kühlwirkung und Materialabtrag während des Prozesses.

Projektfortschritt

Für die Untersuchungen wurde am IWF ein Laborprüfstand entwickelt, welcher die kontaktmechanischen Vorgänge des maschinellen Flachsleifprozesses maßstabsgetreu nachbildet. Der Prüfstand erlaubt die Variation von Prozessparametern wie Normalkraft oder Umfangsgeschwindigkeit und dient der einfachen und schnellen Untersuchung verschiedenster Fluideigenschaften sowie Proben- und Schleifscheibentopographien. Durch die Messung von Reibkräften, Temperaturverteilung und Verschleiß während der Versuche können Rückschlüsse auf die physikalischen Wirkzusammenhänge zwischen Parametern und Schleifergebnis gewonnen werden. Die Erkenntnisse fließen in die Erstellung eines neuartigen Simulationsmodells, welches durch das Institut für Dynamik und Schwingungen (IDS) entwickelt wurde um Fluidbewegung und Druckaufbau während dem Schleifen zu visualisieren. Dieses wird im nächsten Schritt um Effekte wie Materialabtrag und Wärmeverteilung erweitert und mit Versuchen auf Maschinenebene validiert.

<https://www.tu-braunschweig.de/iwf/nplce/forschungsprojekte/gekko>



Links: Versuchsstand zur Messung von Reibkräften und Verschleißseigenschaften bei verschiedenen tribologischen Kontakten

Rechts: Wärmeverteilung im Fluid während Schleifeingriff

PROJEKT_Nachhaltige Produktion und Life Cycle Engineering

E-KISS

Betrieb energiebedarfsorientierter Kühlschmierstoffsysteme

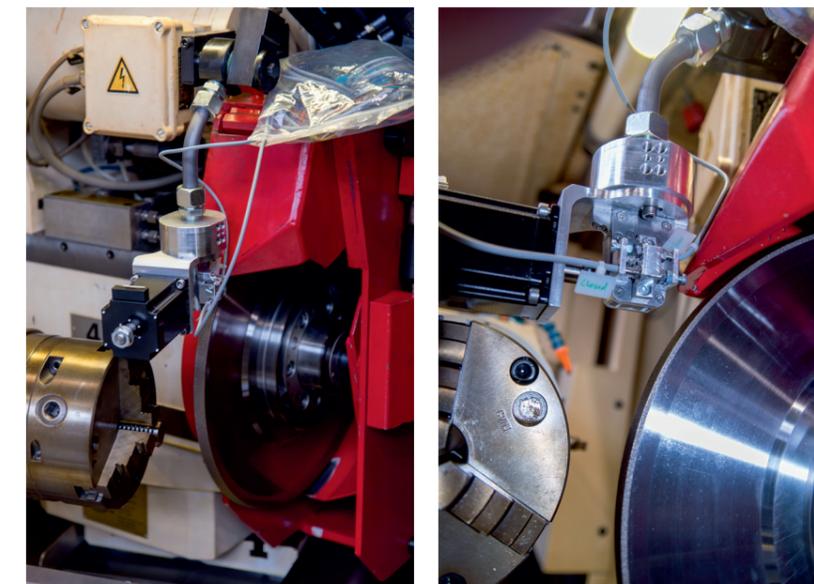
Motivation und Zielsetzung

Der jährliche Energieverbrauch von CNC-gesteuerten Werkzeugmaschinen in KMUs wird auf EU-weit geschätzte 200 bis 300 TWh beziffert (ca. 6,3% des Energieverbrauchs des industriellen Sektors). Etwa 75% der Unternehmen nutzen hierbei ebenfalls Kühlschmierstoffsysteme (KSS-Systeme), deren zahlreiche Ausführungen aufgrund des prozessbedingten Betriebs einen hohen Energiebedarf von etwa 30-35% (Tendenz steigend) in einem Fertigungssystem verursachen. Das Ziel des Projekts ist die Reduktion des Energiebedarfs von KSS-Systemen durch den Einsatz moderner Technologien (bspw. Sensorik und Modellierung), die bei gleichbleibender Prozessqualität eine Anpassung des KSS-Durchflusses und der Absauganlage ermöglichen.

Projektfortschritt

Im Rahmen des Projektes E-KISS wird durch die Einführung eines intelligenten cyber-physischen Produktionssystems (CPPS) an einer Universalrundsleifmaschine ein Referenzsystem eingerichtet, das eine ganzheitliche Datenaufnahme des Prozesses und des KSS-Systems ermöglicht. Das CPPS übernimmt die Prozesse von der Datenakquise bis zur Visualisierung und greift dabei auf einen digitalen Zwilling zur Modellierung zurück, um eine durchgängige Steuerung und Regelung des KSS-Systems zu gewährleisten. Ein wesentlicher Bestandteil dieser Steuerung ist eine KSS-Düse, die in enger Zusammenarbeit mit der Robert Bosch GmbH (als federführendem Partner) entwickelt wurde. Diese Düse zeichnet sich durch ihre variable Verstellbarkeit aus, um sich den verschiedenen KSS-Durchflussmengen anzupassen. Moderne Steuerungs- und Regelungstechnologien sowie forschungsbasierte Erkenntnisse ermöglichen eine konstant hohe Prozessqualität beim Schleifen und eine Energieeinsparung von ca. 29% im skalierten Produktionsmaßstab. Das dargestellte System ist an einem Referenzsystem des IWF sowie bei einem Industriepartner in einem weiteren Anwendungsfall (Fräsen) zur Überführung in reale Industriebedingungen implementiert und getestet.

<https://www.tu-braunschweig.de/iwf/nplce/forschungsprojekte/e-kiss>



Christopher Rogall

c.rogall@tu-braunschweig.de
Telefon + 49 531 391-7647

Förderung: BMWK
Laufzeit: 06/2020 – 05/2024

Projektpartner:
ONLINE Industrieelektrik und Anlagen-
technik GmbH,
Robert Bosch GmbH,
ASCon Systems Holding GmbH



E-KISS Schleifsystem inkl. entwickelter KSS-Düse
(Bild rechts: Robert Bosch GmbH)



Lukas Siemon

l.siemon@tu-braunschweig.de
Telefon + 49 531 391-8756

Förderung: BMBF
Laufzeit: 06/2021 - 05/2025

Projektpartner:
Steinbeiß Innovationszentrum energieplus,
Institut für Hochspannungstechnik und elektrische Energieanlagen – TU Braunschweig,
Institut für Energie- und Systemverfahrenstechnik InES – TU Braunschweig,
Institut für Verbrennungskraftmaschinen ivb – TU Braunschweig,
Institut für Technische Chemie ITC – TU Braunschweig,
Institut für Bauklimatik und Energie der Architektur IBEA – TU Braunschweig,

PROJEKT_Nachhaltige Produktion und Life Cycle Engineering

Hydrogen Terminal Braunschweig

Ganzheitliche Modellierung, Simulation und Testung von Technologien im Reallabor entlang der Wasserstoff-Wandlungskette

Ausgangssituation und Zielsetzung

Wasserstoff gilt als einer der elementaren Bausteine für nachhaltige Energiesysteme der Zukunft. Insbesondere zum Zweck der Sektorenkopplung wird Wasserstoff eine wichtige Rolle einnehmen. Die Integration der Technologien entlang der Wasserstoffwertschöpfungskette birgt jedoch noch viele Forschungsfragen. Welche Potenziale eröffnet Wasserstoff zur Dekarbonisierung? Wie reagieren Brennstoffzellen auf eine fluktuierende Wasserstoffversorgung? Wie lässt sich das System Wasserstoff in den Sektoren Strom, Wärme und Mobilität integrieren? Wie schneidet Wasserstoff in verschiedenen Anwendungsbereichen im Vergleich zur direkten Elektrifizierung ab? Im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekts Hydrogen Terminal Braunschweig haben sich fakultätsübergreifend Forscher*innen von sechs Instituten der TU Braunschweig gemeinsam mit dem Steinbeiß Innovationszentrum zusammengeschlossen, um ein Reallabor zur Forschung an Wasserstofftechnologien entlang der Wertschöpfungskette zu gründen.

Vorgehen und methodischer Ansatz

Neben der Forschung an den Anlagen im Anwendungsmaßstab sollen die Potenziale der Wasserstoffherzeugung für die Integration in die energetische Infrastruktur der TU Braunschweig geprüft und realisiert werden. Verschiedene Forschungseinrichtungen am Forschungsflughafen Braunschweig können so mit Wasserstoff und Abwärme versorgt werden. Weiterhin werden die ingenieurwissenschaftlichen Fragestellungen und die gewonnenen Erkenntnisse an geeigneten Schnittstellen zu Lehrveranstaltungen in die Lehre integriert. Die Forschungsaktivitäten im Bereich Wasserstoff intensivieren die fakultätsübergreifende Zusammenarbeit an der TU Braunschweig und bieten so eine Keimzelle für die universitätsweite Forschung und Lehre zum Thema Wasserstoff. Das Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik forscht in diesem Rahmen an der Simulation von dynamischen Betriebsstrategien für Elektrolyseure, der ökologischen Bewertung der Wasserstoffherstellung, -speicherung, -distribution, und -nutzung sowie der Anwendung von Wasserstofftechnologien zur Dekarbonisierung von industriellen Produktionssystemen.

Projekfortschritt

Das IWF entwickelt aktuell ein Simulationsmodell, in dem die erneuerbare Energieerzeugung sowie die Wasserstoffherstellung und -speicher und die Nutzung des Wasserstoffs im industriellen Kontext sowie im Bereich des Schwerlastverkehrs abgebildet werden. Das Modell lässt sich für verschiedene Anwendungsszenarien anpassen und berücksichtigt unterschiedliche Betriebsweisen der Elektrolyse, wie etwa einen autarken Betriebsmodus auf Basis von On-Site-Erzeugung erneuerbarer Energien sowie einem bedarfsgesteuertem Modus, welcher über die Nutzung von erneuerbaren Energien als Stromquelle auch die Nutzung von Netzstrom erlaubt. Das Modell wird in strukturieren Simulationsstudien ausgeführt, um die Ergebnisse in den Szenarien vor dem Hintergrund technischer, ökonomischer sowie ökologischer Bewertungskriterien auszuwerten.

Anhand der virtuellen Skalierung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und der Batteriekapazität lassen sich im autarken Betrieb beispielsweise die monatlich möglichen Volllaststunden der Elektrolyse feststellen. Im bedarfsorientierten Betrieb kann der ökologische Fußabdruck der Wasserstoffherzeugung anhand der spezifischen CO₂,äq.-Emissionen der genutzten Energieträger berechnet werden. Ferner können anhand der Stromgestehungskosten für PV- und Windenergie, der Stromkosten für Netzstrom sowie der investitionsabhängigen Kosten CAPEX und der Betriebskosten OPEX verschiedene Szenarien hinsichtlich der Wasserstoffgestehungskosten verglichen werden. Die Ergebnisse werden regelmäßig mit aktuellen Ergebnissen aus Wasserstoffstudien verglichen. Für die ökologische und ökonomische Bewertung werden stets aktuelle Entwicklungen in der Regulatorik und im Markt verfolgt, wie etwa dem delegierten Rechtsakt im Rahmen der Erneuerbare-Energien-Direktive II (DA REDII) oder der Entwicklung von Großhandelspreisen für Wasserstoff anhand des Indizes HYDRIX.

Ausblick und Potenziale

Ziel der Projektarbeiten am IWF ist es, zum Projektabschluss ein integriertes Werkzeug zur Berechnung der wichtigsten technischen, ökonomischen und ökologischen Kennwerte entwickelt zu haben, welches auf verschiedenste Anwendungsgebiete angepasst werden kann, um die individuellen Potenziale transparent berechenbar zu machen und so eine Entscheidungsunterstützung über die Integration von Wasserstoff zu bieten. Weiterhin sollen die fachlichen sowie die methodischen Erkenntnisse in passende Lehrveranstaltungen integriert werden, wie beispielsweise der Vorlesung Energy Efficiency in Production Engineering.



Die Infrastruktur am Hydrogen Terminal Braunschweig wird im Jahr 2024 fertiggestellt und eröffnet. Die Collage zeigt einige Meilensteine der entstehenden Infrastruktur, wie beispielsweise die Anlieferung des Enapter AEM Nexus 1000 Elektrolyseurs oder des Batteriespeichersystems mit einer Gesamtkapazität von 1,1 MWh. Der Baufortschritt lässt sich fortlaufend in sozialen Medien, wie beispielsweise auf LinkedIn unter dem Suchbegriff H2 Terminal Braunschweig verfolgen. Zukünftig werden aktuelle Themen zudem über den Internetauftritt unter kommuniziert.

<http://www.h2-terminal.de>

Ausschnitt aus dem Simulationsmodell zur ökonomischen und ökologischen Bewertung von Wasserstofftechnologien

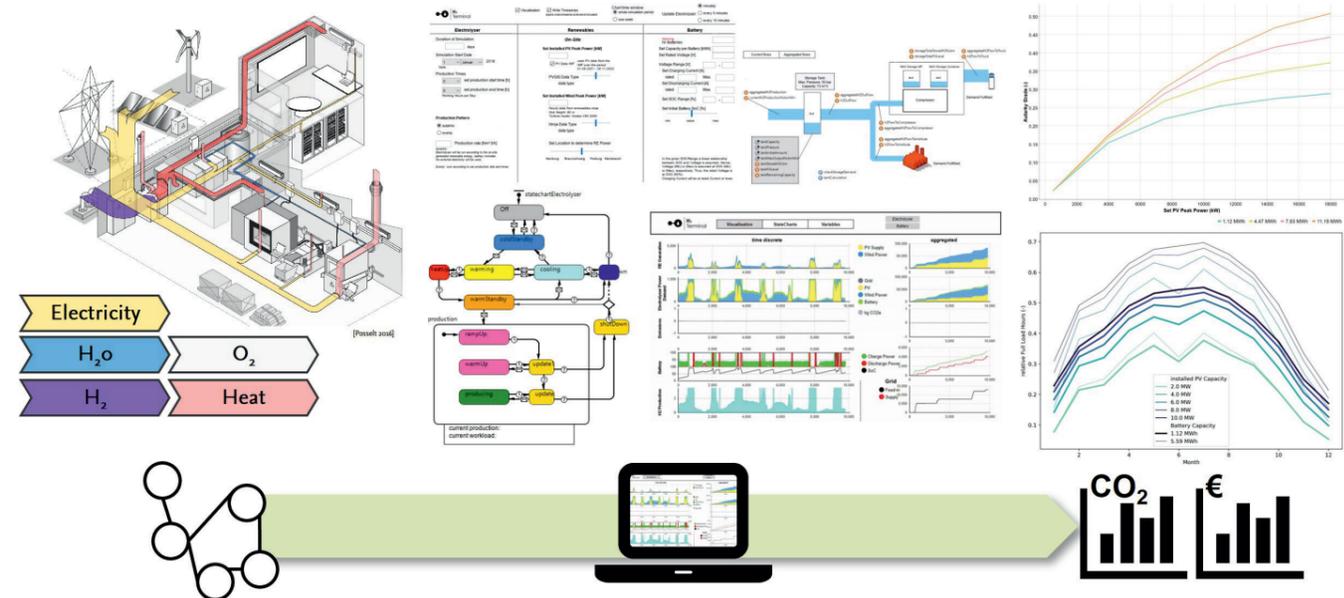
Links: Schematisches Sankey-Diagramm von Energieflüssen in industriellen Systemen

Mitte: Auszug aus dem Simulationsmodell

Rechts: Exemplarische Ergebnisse zu Autarkiegrad und Volllaststunden



Eindrücke und Meilensteine der entstehenden Infrastruktur am Hydrogen Terminal Braunschweig, u.A.: 1,1 MWh Batteriespeichersystem, Anlieferung Enapter AEM-Elektrolyseur und Wasserstoffspeicher





Maximilian Rolinck

m.rolinck@tu-braunschweig.de
Telefon + 49 531 391-7639

Förderung: BMBF
Laufzeit: 01/2021 - 09/2024

Projektpartner:
Institut für Partikeltechnik – TU Braunschweig,
Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST,
BASF SE,
Battery and Electrochemistry Laboratory (BELLA) – Karlsruher Institut für Technologie

PROJEKT_Nachhaltige Produktion und Life Cycle Engineering

SUSTRAB

Sustainable and Transparent Battery Materials Value Chains for a Circular Battery Economy

Motivation und Zielsetzung

Vor dem Hintergrund neuer behördlicher Anforderungen entwickelt das Projekt SUSTRAB Strategien zur Steigerung der Transparenz und der Ressourceneffizienz in der Wertschöpfungskette von Batteriematerialien. Die Projektpartner verfolgen zwei wesentliche Ziele: Zum einen werden Nickel-reiche Kathodenaktivmaterialien aus primären und sekundären Quellen synthetisiert und charakterisiert. Zu diesem Zweck werden Primärmaterialien durch assoziierte Partner aus Australien bereitgestellt. Zum anderen werden Methoden und Werkzeuge zur Kalkulation und Rückverfolgung des CO₂-Fußabdrucks in der Wertschöpfungskette erschlossen und ein Demonstrator für eine Transparenzplattform entwickelt.

Projektergebnisse

Das IWF erarbeitet im Rahmen des Projekts zum einen robuste Inventardatensätze für die Kathodenaktivmaterialsynthese und deren Ökobilanzierung. Zum anderen werden digitale Lösungen entwickelt um die Datenerfassung und -verarbeitung sowie Bereitstellung der Informationen für die Berichterstattung zu unterstützen. Die Abbildung zeigt den groben Informationsfluss, der im Folgenden näher erläutert wird. Im Zentrum stehen die Akteure der Wertschöpfungskette, insbesondere produzierende Unternehmen, die konsensbasiert Informationen in mehreren Aggregationsstufen austauschen. Neben einer Abfragemaske liegen eine Blockchain-basierte Plattform und Anwendung im Fokus der Arbeiten. Die Systeme werden als Demonstratoren in der Infrastruktur des IWF implementiert. Beispielhafte Organisationen bilden ein virtuelles Netzwerk und können sich über einen privaten Schlüssel identifizieren. So genannte „Smart Contracts“ führen die Geschäftslogik aus und ermöglichen die konsistente Kalkulation von Batteriepass-Informationen, insb. des „Product Carbon Footprints“ (PCF) sowie den Anteil von Sekundärmaterialien. Die Anwendung ermöglicht über eine einheitliche Berichterstattung hinaus den Vergleich von Lieferanten sowie die Einordnung der eigenen Position im Markt. Auf Basis der Kriterien Kosten, PCF, Sekundärmaterialanteil und Verfügbarkeit werden Verbesserungspotenziale identifiziert und somit Anreiz und Unterstützung bei der nachhaltigeren Gestaltung des globalen Produktionsnetzwerks geschaffen.

<https://www.tu-braunschweig.de/iwf/nplce/forschungsprojekte/sustrab>



Konsensbasierte Datenerhebung, -verarbeitung und -bereitstellung zur Erhöhung der Transparenz in der Batteriematerial-wertschöpfungskette

PROJEKT_Nachhaltige Produktion und Life Cycle Engineering

Kompetenzzentrum KREIS

Circular Economy menschengerecht gestalten

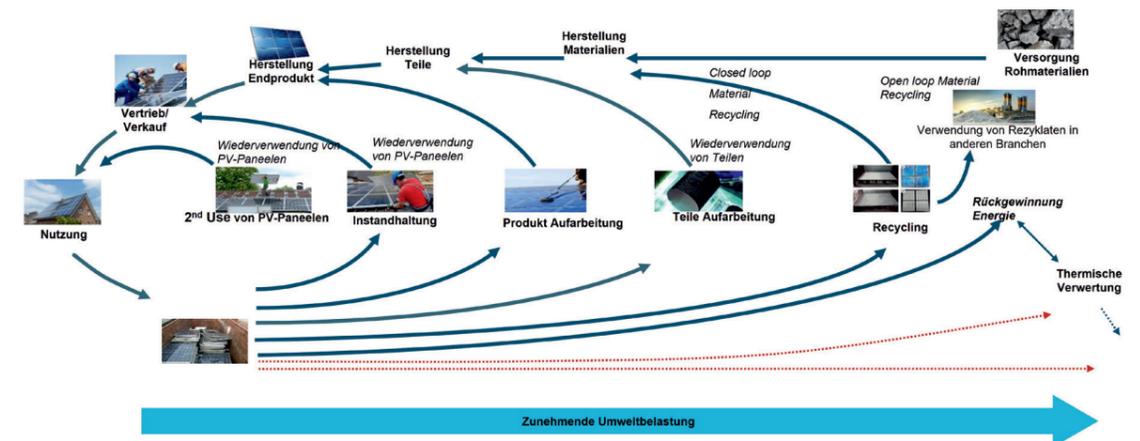
Motivation und Zielsetzung

Die Abkehr von der linearen Wegwerfwirtschaft und die Entwicklung hin zu einem zirkulären Ansatz der Kreislaufwirtschaft gilt neben der Dekarbonisierung des Energiesektors und der Digitalisierung der Arbeitswelt als zentrale gesellschaftliche Herausforderung, welche parallel zum derzeit stattfindenden demographischen Wandel zu meistern ist. Im Kompetenzzentrum KREIS wird Kreislaufwirtschaft vor diesem Hintergrund nicht nur als technische Herausforderung verstanden, sondern Technik und Arbeit organisch zusammen gedacht, um eine Grundlage für nachhaltigere und humanere Wertschöpfungsketten zu legen. In Kooperation mit 42 Partnern aus Wissenschaft und Industrie werden unter der Leitung der Technischen Universität Braunschweig technische Aspekte der Produktion, des Recyclings und von Lieferketten erforscht sowie auch Veränderungen, welche in der Arbeitswelt erforderlich sind, um eine Kreislaufwirtschaft zu ermöglichen.

Projektergebnisse

In KREIS arbeitet das IWF im Teilprojekt Work4PVKREIS an der integrativen Produkt-, Prozess- und Arbeitssystemgestaltung zur Schließung von Stoffkreisläufen für PV-Module. Zu diesem Zweck werden neue Methoden und Werkzeuge für die Analyse und Bewertung intra- und interorganisationaler Zusammenarbeit für die Kreislaufwirtschaft sowie die Förderung von Kooperationen in zirkulären Wertschöpfungsnetzwerken mittels eines Plattformansatzes entwickelt. Hierzu werden Anforderungen an eine effektive Produkt- und Prozessgestaltung für die Kreislauffähigkeit von PV-Modulen unter integrativer Berücksichtigung nachhaltigkeitsorientierter und arbeitswissenschaftlicher Aspekte abgeleitet. Darüber hinaus begleitet das IWF den Aufbau neuer Lehr-/Lern-Infrastrukturen als Basis für die Kompetenzvermittlung in Innovationsumgebungen.

<https://www.tu-braunschweig.de/nff/projekte/kreis>



Zahra Ghazanfarpour Khoulenjani

zahra.ghazanfarpour@tu-braunschweig.de
Telefon + 49 531 391-7153

Förderung: BMBF
Laufzeit: 07/2023 - 06/2028

Projektpartner:
Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST,
JPM Silicon GmbH,
SOLAR MATERIALS PV UG,
Fricke Mallah Microwave Technology GmbH,
BeSu.Solutions GmbH,
Ceconsoft GmbH

Zirkuläre Produktion von Photovoltaik-Modulen

Projektträger und Förderhinweise

Für die finanzielle Förderung der Projekte und die organisatorische Betreuung durch die Projektträger sei folgenden Fördergebern gedankt:

BMBF

Über Projektträger Jülich (PTJ): BALU, H₂NRy, GoLehm (Initiative für Lehm- und nachhaltiger Kreislaufwirtschaft, WIR!-Bündnis GOLEHM), Hydrogen Terminal Braunschweig, ORCCABATT, SUSTRAB, SynErgie 3
 Über Projektträger Karlsruhe (PTKA): HyFiVe, Kompetenzzentrum KREIS, ZIRKEL
 Open Hybrid LabFactory / Campus Wolfsburg



Die Forschungsprojekte werden in Verbundprojekten und Forschungsprogrammen mit Mitteln vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert.

BMWK

Über AiF / IGF/ ZIM: DyVaTemp
 Über DLR Projektträger: NEWBIE
 Über Projektträger Jülich (PTJ): BiPas, DigiPRO₂green, E-KISS
 Über VDI/VDE Innovation + Technik, Projektträgerplus Batteriezellfertigung: VaTreBat, HVBatCycle
 Über VDI Technologiezentrum GmbH: DIAZI



Die Vorhaben werden vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

DFG

Taumelpresse, GEKKo
 Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft



Europäische Kommission

GIGABAT: im Rahmen des Forschungs- und Innovationsprogramms „Horizon Europe“

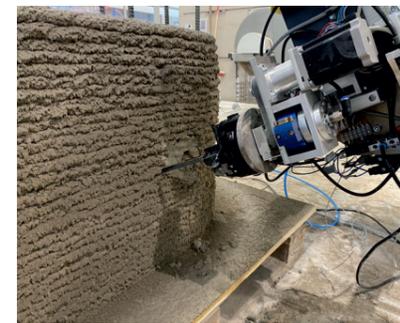


Weiterer Dank gilt allen kooperierenden Industriepartnern für die gute Zusammenarbeit und Unterstützung.

TRR277 Additive Fertigung im Bauwesen in neuer Förderperiode

Sonderforschungsbereich Transregio 277 der DFG - IWF an zwei Teilprojekten beteiligt

Der Forschungsverbund TRR 277 Additive Manufacturing in Construction (AMC) ist ein sogenannter „Transregio“-Sonderforschungsbereich der Deutschen Forschungsgemeinschaft mit dem Ziel der Förderung der Spitzenforschung. In dem Verbund forschen schwerpunktmäßig die TU Braunschweig und die TU München an additiven Fertigungstechnologien im Bauwesen. Der 2020 entstandene Verbund wurde nach einer ausführlichen Begutachtung Ende 2023 überwiegend als „exzellent“ klassifiziert, sodass eine zweite Förderphase ab 2024 für über vier Jahre bewilligt wurde. In insgesamt 20 Teilprojekten werden aufbauend auf den bisherigen Ergebnissen die Inhalte weiter vertieft. Wie bereits in der ersten Förderphase wirkt das IWF in zwei Teilprojekten maßgeblich mit.



Die Abteilung Montage- und Fertigungsautomatisierung richtet im Teilprojekt Ao₄ den Fokus vor allem auf die Finalisierung von gedruckten Oberflächen. Dies soll über eigens entwickelte Roboter-Endeffektoren umgesetzt werden, um glatte Oberflächen auch für formkomplexe Bauteilgeometrien zu ermöglichen.



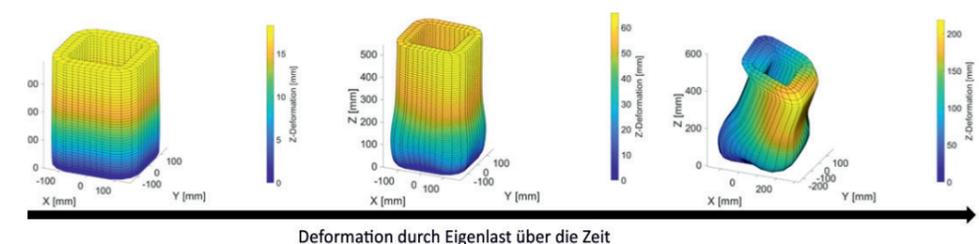
Durch die Abteilung Numerische Methoden wird im Teilprojekt Bo₄ der Fokus auf die Entwicklung von Modellierung und Software zur Bahnplanung für die additive Fertigung gelegt. In der ersten Förderphase konnten Prozesssimulationen für den Druck- und Aushärtprozess von Betonobjekten aufgebaut werden. In der zweiten Phase wird das virtuelle Prozessmodell um Materialparameter, Bewehrungen und weitere Baumaterialien erweitert.

Beide Teilprojekte tragen dazu bei, die Möglichkeiten der additiven Fertigung im Bauwesen zu erweitern und die Branche auf eine nachhaltigere und effizientere Zukunft vorzubereiten. Durch die enge Zusammenarbeit innerhalb des Sonderforschungsbereichs werden Synergien genutzt und innovative Lösungen entwickelt, die einen bedeutenden Beitrag zur Weiterentwicklung des Bauwesens leisten.

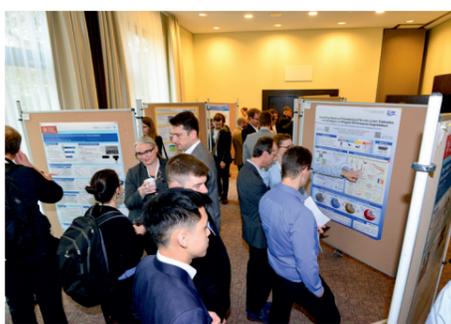
Ganz oben:
 Endeffektor zum automatisierten Eindrehen von Bewehrungsstählen
 Oben:
 Das TRR-Team vor gefertigten Beton-Demonstratoren (Foto: AMC / Ida Mantey)
 Unten:
 Pfad- und prozessbasierter Simulationsansatz für die additive Fertigung mit Beton

<https://amc-trr277.de/projects/project-area-a/focus-area-project-ao4/>

<https://amc-trr277.de/projects/project-area-b/focus-area-b-04/>



Konferenzen 2023/2024



Bilder von oben nach unten:
Prof. Christoph Herrmann und Prof. Arno Kwade, Chairmen der IBPC, Teilnehmer der IBPC im Steigenberger Parkhotel, Postersession. Rechts: Keynote-Vortrag

Fotos: Frank Bierstedt

NOVEMBER 2023

International Battery Production Conference in Braunschweig

Batterien sind ein wesentlicher Treiber der globalen Mobilitätsrevolution und das Herzstück der Energiewende. In den letzten Jahren sind die Nachfrage, die Produktionskapazitäten und der technologische Fortschritt in Bezug auf Energiekapazität, Schnellladefähigkeit und Kostensenkung enorm gestiegen. Das Ende des Innovationsprozesses ist noch nicht in Sicht. Wir erleben beispielsweise eine hohe Innovationsrate bei der Digitalisierung und neuen Materialien sowie Zell- und Packungsdesigns, die vom Labormaßstab in die industrielle Massenproduktion übertragen werden müssen. Hier leistet die Battery LabFactory Braunschweig (BLB) seit Jahren einen wesentlichen Beitrag. Die BLB steht für eine stetig wachsende, offene Forschungsinfrastruktur zur Erforschung und Entwicklung elektrochemischer Speicher vom Labor- bis zum Technikumsmaßstab.

Einen wesentlichen Beitrag für den Transfer von Forschung in die Industrie leistet die BLB durch die jährliche International Battery Production Conference (IBPC), die sie seit 2018 organisiert. Auch dieses Jahr kamen von 7.-9. November 280 batteriebegeisterte Personen zusammen, um über die jüngsten Fortschritte in der Batterieproduktion zu diskutieren. Mit acht hochwertigen Plenarvorträgen aus der Politik, Industrie und Forschung, 60 Präsentationen und 92 Posterbeiträgen wurde eine große Vielfalt von Themengebieten rundum die Batterieproduktion, bspw. deren Sicherheit, Simulation und Nachhaltigkeit sowie die Digitalisierung der Batterieproduktion diskutiert. Wir freuten uns auch über Beiträge aus den deutschen Kompetenzclustern, u.a. ProZell, InZePro und greenBatt sowie dem europäischen Konsortium LiPLANET. Ein besonderer Dank geht an die Sponsoren der Veranstaltung: Volkswagen AG, Eirich, Bühler, Netzsch, Coperion, Custom Cells, Bio-Logic, Arranged, Buss, Mixaco, Mathis, Lead, Retsch und Zeppelin. Ihre Unterstützung ermöglichte es uns, die hohe Qualität der Konferenz aufrechtzuerhalten.

<https://battery-production-conference.de/>



Bilder von oben nach unten:
Chairman Prof. Klaus Dröder bei der Eröffnung (Foto: OHLF), Tagungspublikum sowie Abendveranstaltung im ZeitHaus der Autostadt in Wolfsburg
Bild rechts: Förderbescheidübergabe mit dem Staatssekretär des Ministeriums für Wissenschaft und Kultur, der Stadt Wolfsburg, der Ostfalia Hochschule, der Fraunhofer-Gesellschaft & der Volkswagen AG

Foto rechts: Kristina Rottig/TU Braunschweig

MAI 2024

Circularity Days 2024

Nach langjähriger Kooperation zwischen der Future Automotive Production Conference (FAPC) und dem Werkstoffsymposium traten die beiden Konferenzen 2024 erstmals unter dem gemeinsamen Format der „Circularity Days“ auf. Das Ziel der zweitägigen Konferenz, die am 15. und 16. Mai 2024 am MobileLifeCampus (MLC) und in der Open Hybrid LabFactory in Wolfsburg stattfand, war die Bündelung von Wissen und Austausch, um die zunehmende Notwendigkeit einer allumfassenden Kreislaufwirtschaft insbesondere im Bereich von Materialien und Produktion hervorzuheben und zu fördern. In diesem Kontext wurde feierlich der Förderbescheid des niedersächsischen Ministeriums für Wissenschaft und Kultur für die Kooperation der Ostfalia Hochschule, TU Braunschweig und Fraunhofer-Gesellschaft im Rahmen von vier Joint Research Groups zu diesen Themen am Forschungs- und Innovationscampus Wolfsburg übergeben.

Die Zielsetzung einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft wurde auch von den industriellen Keynote-Speakern, wie u.a. Vorständen der Volkswagen AG und Salzgitter Flachstahl GmbH hervorgehoben. In den anschließenden Sessions konnten in über 30 fachspezifischen Vorträgen tiefere Einblicke in aktuelle Entwicklungen und Forschungsthemen gewonnen werden. Während der Abendveranstaltung im ZeitHaus in Wolfsburg konnten Netzwerkkontakte geknüpft und gepflegt sowie fachliche Diskussionen vertieft werden. Wie bereits in den vorherigen Jahren war die Veranstaltung sowohl für die Veranstalter als auch für die Teilnehmer ein voller Erfolg. Auch bei den nächsten Circularity Days in zwei Jahren sollen den Besuchern wieder die technischen Weiterentwicklungen im Bereich der Kreislaufwirtschaft näher gebracht werden.

<https://circularity-days.com/>



Promotionen 2023/2024

Untersuchung variothermer Werkzeugtemperierung mittels Infrarotstrahlung im Kontext des Spritzgießprozesses

Werner Berlin

Im Rahmen dieser Arbeit wurden Anforderungen an variotherm temperierte Spritzgießwerkzeuge definiert. Ein neues Werkzeugkonzept kombiniert Halogenstrahler zur Erwärmung und ein Wasserkühlsystem. Werkzeughälften wurden in Aufsatz und Einsatz geteilt, getrennt durch einen Luftspalt zur thermischen Isolation im geöffneten Zustand.

Die Aufsätze werden im geöffneten Zustand durch Halogenstrahler erwärmt, während die Einsätze kontinuierlich gekühlt werden. Beim Schließen des Werkzeugs wird der Luftspalt geschlossen und die Aufsätze durch Kontakt mit den Einsätzen gekühlt, was die Kühlzeit reduziert. Tests zeigten eine Aufheizrate von 4,2 K/s und eine Abkühlrate von 2,7 K/s. Höhere Werkzeugtemperaturen führten zu längeren Fließwegen bei Kunststoffversuchen. Ein Simulationsmodell ergab eine homogene Temperaturverteilung, vergleichbar mit anderen Technologien.

Berlin, Werner: Untersuchung variothermer Werkzeugtemperierung mittels Infrarotstrahlung im Kontext des Spritzgießprozesses
Essen: Vulkan Verlag, 2024, ISBN 978-3-8027-8387-6, https://leopard.tu-braunschweig.de/receive/dbbs_mods_00077388
(Schriftenreihe des Instituts für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik)

A Cyber-Physical System Approach for Energy Flexible Operation of Technical Building Services

Christine Blume

Die Energiewende ist entscheidend, um die Klimakrise zu bekämpfen und den Lebensstandard zu erhalten. Der Ausbau erneuerbarer Energien wie Solar- und Windkraft führt zu schwankender Energieversorgung, was die Industrie vor Herausforderungen stellt. Energieflexible Fabriken können diese Schwankungen ausgleichen und von variablen Energiepreisen profitieren.

Die technische Gebäudeausrüstung (TGA) hat großes Potenzial zur Energiespeicherung und -flexibilität. Um diese Potenziale zu nutzen, müssen Strategien entwickelt und umgesetzt werden, die auch Betriebssicherheit und Effizienz berücksichtigen. Digitalisierung und Industrie 4.0, durch digitale Zwillinge und cyber-physische Systeme (CPS), spielen dabei eine wichtige Rolle.

Ein in dieser Arbeit vorgestelltes Konzept umfasst vier Module: physische Welt, Datenerfassung, Cyberwelt sowie Entscheidungsunterstützung und Steuerung. Daten aus der physischen Welt werden in der Cyberwelt genutzt, um Modelle zu erstellen und zukünftige Entwicklungen vorherzusagen. Entscheidungsträger können so bessere Entscheidungen treffen und alternative Strategien simulieren.

Das Konzept wurde in zwei Fallstudien getestet, die signifikante Verbesserungen in der energetischen Flexibilität zeigten. Der Ansatz stellt einen Fortschritt in der Modellierung und Verbesserung des energieflexiblen TGA-Betriebs dar.

Blume, Christine: A Cyber-Physical System Approach for Energy Flexible Operation of Technical Building Services
Essen: Vulkan Verlag, 2023, ISBN 978-3-8027-8376-0, https://leopard.tu-braunschweig.de/receive/dbbs_mods_00073796
(Schriftenreihe des Instituts für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik)

Genauigkeitssteigerung in der robotergeführten Brennstoffzellenmontage mittels künstlicher neuronaler Netze

Paul Bobka

Zentrale Herausforderungen bei der automatisierten Handhabung von Objekten sind das präzise Greifen, Bewegen und Ablegen. Diese Arbeit zeigt, wie künstliche neuronale Netze zur Kalibrierung dieser Prozesse eingesetzt werden können, um Montagezuverlässigkeit und Produktivität zu verbessern. Als Beispiel dient die Montage von Protonen-Austausch-Membran-Brennstoffzellen, wo eine roboterbasierte Stapelanlage entwickelt wurde.

Die Arbeit erläutert spezifische Anforderungen an die Handhabung biegeschlaffer Brennstoffzellenkomponenten und die Konzeption der Montagezelle, einschließlich Layouts, Prozessabläufen und technischem Aufwand. Die Kalibrierung durch neuronale Netze soll komplexe Fehlerzusammenhänge modellieren und hohe Produktivität bei geringem mechanischen Aufwand ermöglichen.

Durch Versuchsreihen mit steigender Komplexität wird der Einsatz neuronaler Netze zur Genauigkeitssteigerung von Pick-and-Place-Prozessen getestet. System-spezifische Montageabweichungen werden aufgezeichnet, von neuronalen Netzen gelernt und kompensiert. Dies umfasst das präzise Greifen und Ablegen von Bauteilen auch auf geneigten Montageflächen.

Ein wissenschaftlicher Vergleich verschiedener Regressionsmethoden zeigt die Leistungsfähigkeit neuronaler Netze, wobei elf Methoden über fünf Datensätze verglichen und optimiert wurden. Abschließend werden die Erkenntnisse in einem generalisierten Prozessablauf zusammengefasst und an einem Stapelprozess getestet, wobei technische Voraussetzungen, Grenzen, Risiken und weitere Einsatzmöglichkeiten aufgezeigt werden.

Bobka, Paul: Genauigkeitssteigerung in der robotergeführten Brennstoffzellenmontage mittels künstlicher neuronaler Netze
Essen: Vulkan Verlag, 2024, ISBN 978-3-8027-8386-9, https://leopard.tu-braunschweig.de/receive/dbbs_mods_00077401
(Schriftenreihe des Instituts für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik)

Prozessplanung und Fertigungsstrategien zur Herstellung von Bauteilen mittels inkrementeller Fertigung

Ann-Kathrin Brinkmann

Die steigende Produktvarianz und Individualisierung führt in vielen Industriezweigen zu kleineren Losgrößen, wodurch formgebundene Produktionsverfahren an Wirtschaftlichkeit verlieren. Unternehmen müssen daher ihre Fertigungsstrategien anpassen.

Diese Arbeit untersucht das Prinzip der inkrementellen Fertigung, das skalierbar auf variable Losgrößen und Individualisierung reagiert. Dieses Prinzip kombiniert schrittweise additive und subtraktive Verfahren mit Montage- und Messschritten. Eine roboterbasierte Fertigungszelle, das „Incremental Manufacturing Lab“, wurde dafür entwickelt und getestet.

Die inkrementelle Fertigung ermöglicht die Kombination verschiedener Fertigungsverfahren und Materialien, was den Gestaltungsspielraum erheblich erweitert. Allerdings erfordert dies umfangreiches Prozesswissen, um die Wirtschaftlichkeit sicherzustellen. Eine neue Prozessplanungsmethode wird vorgestellt, die dieses Wissen bereitstellt und die Vorteilhaftigkeit von Bauteilvarianten und Prozessreihenfolgen bewertet. Experimentelle Untersuchungen zeigen dabei die Kombinationsmöglichkeiten verschiedener Verfahren auf.

Da nicht alle Prozessabhängigkeiten im Voraus geplant werden können, erlaubt die inkrementelle Fertigung flexible Korrekturen während der Produktion. Eine auf Automation Modelling Language basierende Methode wird zur Beschreibung dieser flexiblen Prozesse verwendet. Das Prinzip der inkrementellen Fertigung wird anhand eines abstrahierten Fahrradpedals demonstriert, wobei Ansatzpunkte für die Weiterentwicklung aufgezeigt werden.

Brinkmann, Ann-Kathrin: Prozessplanung und Fertigungsstrategien zur Herstellung von Bauteilen mittels inkrementeller Fertigung
Essen: Vulkan Verlag, 2023, ISBN 978-3-8027-8379-1, https://leopard.tu-braunschweig.de/receive/dbbs_mods_00075945
(Schriftenreihe des Instituts für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik)

Promotionen 2023/2024

Prozessdatennutzung in der automobilen Endmontage

Enno Paul Bublitz

Diese Arbeit untersucht die Anwendung von Prozessdaten in der Automobilendmontage, die durch komplexe Fügeverfahren und eine Mischung aus manuellen und automatisierten Prozessen gekennzeichnet ist. Ziel ist es, die Effizienz durch kontinuierliche Prozessüberwachung zu steigern. Obwohl es viele Technologien zur Überwachung gibt, fehlen konkrete Anwendungsfälle in der Automobilproduktion aufgrund eines Konflikts zwischen Prozessüberwachung und hochverfügbaren Produktionssystemen. Die Arbeit verfolgt einen dreistufigen Ansatz zur Lösung dieses Problems. Im ersten Schritt wird eine datenbasierte Schwachstellenidentifikation entwickelt, die bestehende Ansätze auswertet und Anforderungen durch Experteninterviews ermittelt. Eine Fallstudie an einer Fahrzeugmontagelinie validiert diesen Ansatz durch die Aggregation und Auswertung von Produktionsdaten. Im zweiten Schritt wird die Transformation zu überwachenden, cyberphysischen Produktionssystemen betrachtet. Dies umfasst die Umplanung der automatisierten Frontscheibenmontage und die Neuplanung eines überwachten Montagesystems für Beplankungsteile. Hierdurch können Serienfehler behoben und Nacharbeitskonzepte eingeführt werden. Der dritte Schritt nutzt die neuen Daten zur Optimierung der Montageplanung, wobei Risikoanalysen verbessert und montagegerechte Produktkonzepte identifiziert werden. Anwendungsfälle werden in einem Referenzarchitekturmodell eingeordnet, um die spezifischen Anforderungen der Automobilendmontage zu berücksichtigen. Insgesamt steigern die Ergebnisse dieser Arbeit die Effizienz und Wettbewerbsfähigkeit der Automobilendmontage im Kontext der vierten industriellen Revolution.

Bublitz, Enno Paul: Prozessdatennutzung in der automobilen Endmontage
Essen: Vulkan Verlag, 2023, ISBN 978-3-8027-8383-8, https://leopard.tu-braunschweig.de/receive/dbbs_mods_00077330
(Schriftenreihe des Instituts für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik)

Life cycle planning of factory systems

Antal Zoltán Dér

Die Lebenszyklusplanung in der Produktionstechnik umfasste bisher hauptsächlich Produkte. Für ökologische Nachhaltigkeit ist jedoch auch der Lebenszyklus des Fabriksystems relevant. Entscheidungen in der Fabrikplanung beeinflussen die Umweltwirkungen während der Errichtung und des Betriebs. Da bestehende Ansätze kein umfassendes Verständnis des Fabriklebenszyklus bieten, stellt diese Arbeit ein neues Konzept vor. Das Konzept betont die Interaktion zwischen Daten, Modellierungsmethoden und Visualisierungstechniken, um Wissen über den Fabriklebenszyklus zu generieren. Es erweitert den Rahmen bisheriger Ansätze auf den gesamten Lebenszyklus des Fabriksystems und beinhaltet zwei Modellierungsansätze auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen. Diese ermöglichen die Antizipation langfristiger Entwicklungen und bieten detaillierte Einblicke in das Verhalten von Prozessketten. Das Fabrikdekompositionsmodell bricht den Lebenszyklus der Fabrik auf relevante Elemente, ihre Lebenszyklen und Umweltkennzahlen herunter. Die generische Modellierung strebt die Darstellung langfristiger Wechselwirkungen, wie Alterungsmuster von Fabrikobjekten, an. Die Prozesskettenmodellierung analysiert das Verhalten und die Umweltwirkungen von Prozessketten, wobei Energie- und Materialströme modelliert werden. Visualisierungs- und Bewertungstechniken umfassen maßgeschneiderte Visualisierungen, ein Zwiebschalenmodell zur Darstellung von Umweltwirkungen und eine Break-Even-Analyse. Die Konzeptbausteine wurden als Softwaretools umgesetzt, ergänzt durch ein Dashboard zur Wissenskombination. Zwei Fallstudien demonstrieren die Anwendung des Konzepts: eine Greenfield-Planung einer Batteriezellenfabrik und ein Brownfield-Planungsprojekt zur Kurbelwellenproduktion.

Dér, Antal Zoltán: Life cycle planning of factory systems
Essen: Vulkan Verlag, 2023, ISBN 978-3-8027-8382-1, https://leopard.tu-braunschweig.de/receive/dbbs_mods_00075248
(Schriftenreihe des Instituts für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik)

Data-driven Quality Management in multi-stage Manufacturing Systems

Marc-André Filz

Die Herstellung qualitativ hochwertiger Produkte steigert die Wettbewerbsfähigkeit von Fertigungssystemen durch die Vermeidung von Ausschuss und nicht wertschöpfenden Tätigkeiten. Das Qualitätsmanagement (QM) bietet Methoden und Werkzeuge, konzentriert sich aber oft nur auf einzelne Produktionsschritte, wodurch Fehler unentdeckt fortschreiten können. Digitalisierung bietet neue Möglichkeiten: Datengetriebene Ansätze fördern ein ganzheitliches Qualitätsverständnis in mehrstufigen Fertigungssystemen durch modellbasierte Qualitätskontrolle. Bestehende QM-Ansätze bieten keine umfassende Lösung, die Produktqualität und Eigenschaftsfortpflanzungen entlang einer Prozesskette berücksichtigt. Zudem sind diese Ansätze in der Datenanalyse wenig ausgereift. Ein datengetriebenes QM-Konzept für mehrstufige Fertigungssysteme wurde entwickelt. Es integriert clusterbasierte Produktcharakterisierung, analysiert Eigenschaftsfortpflanzungen und identifiziert Propagationspfade. Diese Informationen werden für Maßnahmen wie Inline-Produktqualitätsprognosen und spezifische Routingstrategien genutzt. Ein Modul zur generativen Produktionsgestaltung dient der datengetriebenen Planung und Gestaltung von Prozessketten. Das Konzept wurde in zwei Fallstudien umgesetzt. Fallstudie I befasst sich mit der Qualitätskontrolle bei der Leiterplattenbestückung in der Elektronikproduktion, identifiziert Zwischenproduktklassen (IPC) und wendet modellbasierte Qualitätskontrolle für produktspezifisches Routing an. Fallstudie II nutzt generative Produktionsgestaltung für die Prozesskette von Lithium-Ionen-Batteriezellen an der Battery LabFactory Braunschweig. Optimierte IPC-Kombinationen verbessern die finalen Eigenschaften der Batteriezellen und reduzieren den Qualitätsprüfungsaufwand.

Filz, Marc-André: Data-driven Quality Management in multi-stage Manufacturing Systems
Essen: Vulkan Verlag, 2023, ISBN 978-3-8027-8378-4, https://leopard.tu-braunschweig.de/receive/dbbs_mods_000773502
(Schriftenreihe des Instituts für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik)

Predictive Quality as a Service for Production Systems

Sebastian Gellrich

Produktionsunternehmen stehen vor einem intensiven globalen Wettbewerb, der durch Marktunsicherheiten, Klimawandel-Herausforderungen und zunehmende Produktkomplexität verstärkt wird. Die Erfüllung von Produktqualitätsanforderungen ist entscheidend für wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit und ökologische Nachhaltigkeit, da sie Produktivitätspotenziale freisetzt und Treibhausgasemissionen reduziert. Zur Bewältigung dieses Zielkonflikts benötigen Unternehmen effektive Ansätze für die Produktionsplanung und -steuerung. Die Digitalisierung und datengetriebene Entscheidungsunterstützung durch Predictive Quality bieten vielversprechende Lösungen. Predictive Quality umfasst modellbasierte Diagnose- und prädiktive Dienste für die Prozessführung. Eine Literaturstudie untersucht datengetriebene Ansätze zur Modellierung von Produktionssystemen und die Anforderungen an eine ganzheitliche, projektbasierte Predictive-Quality-Lösung für Stakeholder in der Produktionsplanung und im Betrieb. Basierend auf diesen Erkenntnissen wird ein Predictive-Quality-Konzept entwickelt, das auch Nicht-Experten im Bereich Data Science eine Self-Service-Planung und Implementierung ermöglicht. Das Konzept nutzt eine serviceorientierte Architektur, um Effizienz und Skalierbarkeit sicherzustellen. Drei Fallstudien im Bereich der Strukturbauteilproduktion demonstrieren die Anwendbarkeit des Konzepts. Eine Fallstudie befasst sich mit der präskriptiven Steuerung des Gießprozesses beim Aluminium-Kokillenguss, eine andere mit der kontinuierlichen Fertigung von Carbonfasern und die dritte mit der intelligenten (Re-)Produktion durch Umspritzen von Faserverbundwerkstoffen.

Gellrich, Sebastian: Predictive Quality as a Service for Production Systems
Essen: Vulkan Verlag, 2024, ISBN 978-3-8027-8384-5, https://leopard.tu-braunschweig.de/receive/dbbs_mods_00077374
(Schriftenreihe des Instituts für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik)

Promotionen 2023/2024

Untersuchung des Laminationsprozesses zur Fertigung von Lithium-Ionen-Batterien

Ruben Leithoff

Die steigende Nachfrage nach hochwertigen Batteriezellen aufgrund der Elektrifizierung führt zu verstärktem Interesse an der Weiterentwicklung der Lithium-Ionen-Batterie und ihrer Herstellungsprozesse. Ein vielversprechender Ansatz ist die Implementierung eines Laminationsprozesses zur Herstellung von Elektrode-Separator-Laminaten, um hochdurchsatzfähige Prozesse zu schaffen. Dieses neue Zwischenprodukt ermöglicht den Einsatz neuartiger Stapelkonzepte mit vorteilhaften mechanischen Eigenschaften. Das Ziel dieser Dissertation ist es, Forschungslücken zu schließen, indem ein Verständnis für die Wirkbeziehung zwischen den Prozessparametern des Laminationsprozesses und den Produkteigenschaften des Laminats aufgebaut wird.

Mechanische und elektrochemische Eigenschaften des Laminats und daraus gefertigter Batteriezellen werden untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass die Wahl relevanter Prozessparameter direkten Einfluss auf die Haftung zwischen Elektrode und Separator sowie auf die elektrochemischen Eigenschaften hat. Ein Prozessfenster wird abgeleitet, in dem mechanisch stabile und elektrochemisch performante Lamine reproduzierbarer Qualität erzeugt werden können.

Um Lamination in die industrielle Batteriezellproduktion zu integrieren, ist es notwendig, den Laminationsprozess zu überwachen und die Lamine zu kontrollieren. Inline-fähige Messverfahren werden entwickelt, um die Prozessüberwachung und Produktkontrolle zu ermöglichen. Die wirtschaftliche Rentabilität der Integration von Lamination in die Großserienfertigung von Lithium-Ionen-Batterien wird untersucht. Voraussetzungen für eine wirtschaftlich rentable Nutzung von Lamination werden im Rahmen verschiedener Szenarien ermittelt. Sind alle drei Anforderungen erfüllt - technische Umsetzbarkeit, Qualitätskontrolle und Wirtschaftlichkeit - kann der Laminationsprozess erfolgreich in die Prozesskette zur Batteriezellfertigung integriert werden.

Leithoff, Ruben: Untersuchung des Laminationsprozesses zur Fertigung von Lithium-Ionen-Batterien
Essen: Vulkan Verlag, 2023, ISBN 978-3-8027-8380-7, https://leopard.tu-braunschweig.de/receive/dbbs_mods_00074782
(Schriftenreihe des Instituts für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik)

Temporal production modeling for continuous battery cell process steps

Erik Rohkohl

Die Mobilitätswende von fossilen Brennstoffen zu erneuerbaren Energien wird durch Elektrofahrzeuge vorangetrieben, was einen Beitrag zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen leistet und den Klimaschutzziele der Europäischen Union entspricht. Automobilhersteller stehen unter Druck, erschwingliche Elektrofahrzeuge zu entwickeln, wobei Batteriezellen mit kurzen Ladezeiten und großer Reichweite benötigt werden. Die Produktion von Batteriezellen basiert auf drei Disziplinen: Elektrodenherstellung, Zellmontage und Zellveredelung. Kontinuierliche Produktionsprozesse für Batteriezellen sind durch große Parameterräume mit zeitlichen Abhängigkeiten gekennzeichnet. Es mangelt an analytischen Modellen, um effiziente Produktionssysteme zu entwerfen. Ein datengesteuerter Ansatz für die Batteriezellenproduktion wird vorgeschlagen, der Prozessschritte überwacht, optimiert und steuert. Dabei werden datengetriebene Ansätze für die Modellierung, Optimierung und Steuerung von Produktionsprozessen verwendet. Es werden Modelle für die Ursachenanalyse, die Rezepturerstellung und die Prozessmodellierung entwickelt. Eine Echtzeit-Prozesskettensteuerung und eine kontinuierliche Vorhersage der elektrochemischen Eigenschaften der Batteriezelle werden vorgeschlagen. Ein Digitalisierungsframework wird integriert, das Ziele in Entscheidungen umsetzt.

Rohkohl, Erik: Temporal production modeling for continuous battery cell process steps
Essen: Vulkan Verlag, 2023, ISBN 978-3-8027-8377-7, https://leopard.tu-braunschweig.de/receive/dbbs_mods_00074643
(Schriftenreihe des Instituts für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik)

Corporate greenhouse gas accounting for emissions from electricity consumption

Malte Schäfer

Die Erfassung von Treibhausgasemissionen in Unternehmen ist entscheidend für das globale Ziel der Emissionsreduktion. Besonders relevant sind die "Scope 2"-Emissionen, die mit Stromerzeugung und -verbrauch zusammenhängen. Angesichts des erwarteten Anstiegs der weltweiten Stromnachfrage sind schnelle und umfassende Emissionsreduktionen in allen Sektoren erforderlich, um internationale Klimaziele zu erreichen.

Die derzeitigen Rahmenbedingungen für die Scope 2-Emissionsbilanzierung sind nicht ausreichend für eine effektive Emissionsreduzierung und könnten durch strengere Richtlinien verbessert werden.

Diese Dissertation stellt einen innovativen Ansatz zur Scope 2-Emissionsbilanzierung vor, der die Hauptmängel bestehender Standards angeht. Er konzentriert sich auf die zeitliche Auflösung, die Bewertung von Zusätzlichkeit und die Integration der Berechnungsmethode. Implementiert in einer interaktiven Programmierumgebung, wird dieses Konzept durch drei Fallstudien mit empirischen Daten zu Stromverbrauch, Stromerzeugung und Emissionen bei hoher zeitlicher Auflösung getestet. Die Unterschiede zwischen den neuen und herkömmlichen Bilanzierungsmethoden werden herausgearbeitet. Implementiert in einer interaktiven Programmierumgebung, wird dieses Konzept durch drei Fallstudien mit empirischen Daten zu Stromverbrauch, Stromerzeugung und Emissionen bei hoher zeitlicher Auflösung getestet. Die Fallstudien untersuchen die Auswirkungen von Emissionsenkungsmaßnahmen auf der Nachfrage- und Angebotsseite, wie Lastverschiebung und die Stromerzeugung vor Ort. Sie zeigen die Unterschiede zwischen den neuen und herkömmlichen Bilanzierungsmethoden auf und wie diese Unterschiede die unternehmerische Entscheidungsfindung bei Emissionsenkungsmaßnahmen beeinflussen können.

Schäfer, Malte: Corporate greenhouse gas accounting for emissions from electricity consumption
Essen: Vulkan Verlag, 2024, ISBN 978-3-8027-8388-3, bald auch online verfügbar
(Schriftenreihe des Instituts für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik)

Experimentelle und simulative Ansätze zur Beschleunigung der Elektrolytbefüllung von Lithium-Ionen-Batterien

Antje Schilling

Ein zeitkritischer Prozess in der Batterieherstellung ist die Befüllung von Lithium-Ionen-Batterien mit Elektrolyten. Dieser Prozess erfordert viel Zeit und Forschung für die Entwicklung neuer Technologien. Die Arbeit zielt darauf ab, experimentelle und simulative Ansätze zur Beschleunigung der Elektrolytbefüllung zu identifizieren und zu bewerten.

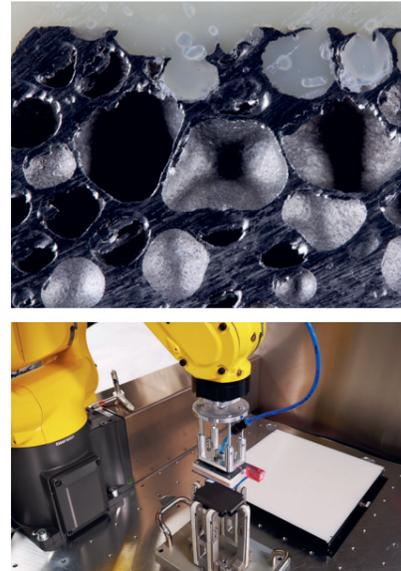
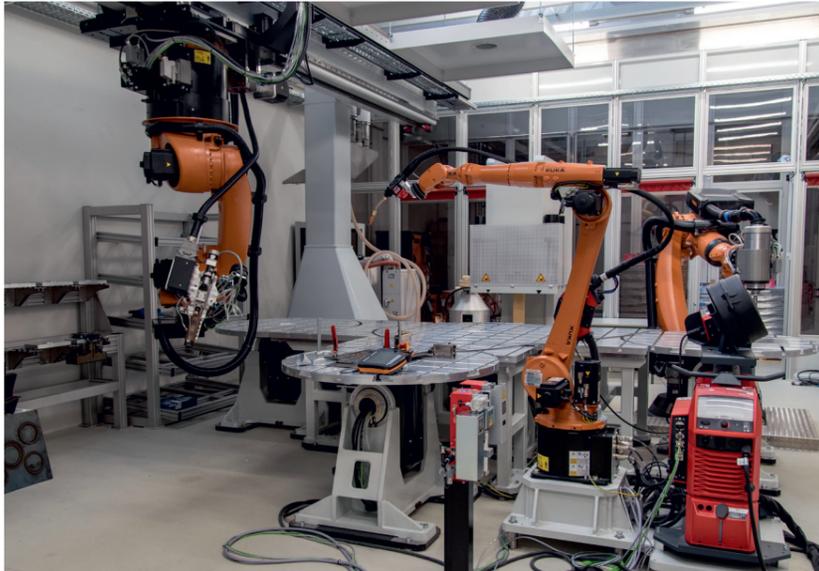
Ein Schwerpunkt liegt auf dem Einfluss des Kalandrierens auf die Befüll- und Benetzungsdauer großer Lithium-Ionen-Batterien. Ergebnisse zeigen, dass das Kalandrieren die Benetzungszeit um bis zu 43 % verkürzen kann, was es zu einer geeigneten Technologie zur Prozessbeschleunigung macht.

Ein weiterer Teil der Arbeit befasst sich mit dem Einfluss des Evakuierdrucks beim Vakuuminfusionsverfahren auf die Benetzung. Ein Modell zur Abbildung der Benetzungsfront wurde entwickelt, um den Einfluss des Evakuierdrucks zu analysieren.

Die Röntgenradiografie wurde als Methode zur optischen Charakterisierung der Elektrolytbefüllung untersucht und als neue Methode zur Visualisierung des Befüll- und Benetzungsprozesses etabliert. Die gewonnenen Erkenntnisse tragen zur Optimierung der Elektrolytbefüllung bei und leisten einen wichtigen Beitrag zur Batterieproduktion in Deutschland.

Schilling, Antje: Experimentelle und simulative Ansätze zur Beschleunigung der Elektrolytbefüllung von Lithium-Ionen-Batterien
Essen: Vulkan Verlag, 2023, ISBN 978-3-8027-8381-4, https://leopard.tu-braunschweig.de/receive/dbbs_mods_00075793
(Schriftenreihe des Instituts für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik)

Vorlesungen & Dozenten



Vorlesungen der Professur Fertigungstechnologien & Prozessautomatisierung

- Automatisierte Montage
- Automatisierung von industriellen Fertigungsprozessen
- Elektroden- und Zellfertigung
- Fertigungstechnik
- Getriebetechnik/Mechanismen
- Industrie 4.0 im Ingenieurwesen
- Industrieroboter
- Mikro- und Präzisionsmontage
- Produktionstechnik für die Elektromobilität
- Produktionstechnik für die Kraftfahrzeugtechnik
- Produktionstechnik für die Luft- und Raumfahrttechnik
- Service Robotik
- Umformtechnik
- Verpackungstechnik in der pharmazeutischen Industrie
- Virtuelle Prozessketten im Automobilbau
- Werkzeugmaschinen

Vorlesungen der Professur Nachhaltige Produktion & Life Cycle Engineering

- Arbeitswissenschaft
- Betriebsorganisation
- Digitalisierung im Automobilbau
- Energy Efficiency in Production Engineering
- Environmental and Social Sustainability in Engineering
- Environmental and Sustainability Management in Industrial Application
- Fabrikplanung
- Forschungs- und Innovationsmanagement
- Future Production Systems
- Ganzheitliches Life Cycle Management
- Life Cycle Assessment for Sustainable Engineering
- Material Resources Efficiency in Engineering
- Methods and Tools for Life Cycle Oriented Vehicle Engineering
- Produktionsplanung und -steuerung
- Sustainable Cyber Physical Production Systems
- Indo-German Challenge for Sustainable Production (Seminar)
- makerAcademy (verschiedene Seminare für Studierende der Fakultät für Maschinenbau)

Dozenten und Lehrbeauftragte

- Prof. Dr.-Ing. Klaus Dröder
- Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann
- Prof. Dr.-Ing. Bernd-Arno Behrens
- Dr.-Ing. Thomas Große
- Hon.-Prof. Dr.-Ing. Manfred Helm
- Dr.-Ing. André Hürkamp
- Alexander Karl, M. Sc.
- Hon.-Prof. Dr. Raoul Klingner
- Hon.-Prof. Dr. Stefan Krinke
- Dr.-Ing. Mark Mennenga
- Dr.-Ing. Kolja Meyer
- Dr.-Ing. Sebastian Schneider
- Dr.-Ing. Daniel Schütz
- Dr.-Ing. Alexander Tornow
- Hon.-Prof. Dr.-Ing. Uwe Winkelhake
- Dr.-Ing. Jan Wrege

Das Team des IWF

- Wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter: 87
- Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in Technik und Verwaltung: 21
- Professoren und Lehrbeauftragte: 16

Institutsleitung

Prof. Dr.-Ing. Klaus Dröder

(Fertigungstechnologien & Prozessautomatisierung)

Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann

(Nachhaltige Produktion & Life Cycle Engineering)

M. Sc. Christian Wacker & Dipl.-Ing. Tim Ossowski

(Stellvertretung FuP)

Dr.-Ing. Mark Mennenga (Stellvertretung NPLCE)

Ingke Wiese (Strategisches Qualitäts- und Prozessmanagement)

Sekretariat

Elke Knackstedt, Charlyn Rudolf

Technikum

Alexander Süllau (Leiter Technikum)

Hans Engel, Gordon Geffers, Marco Hintze, Uwe Knapek, Jens-Uwe Könnecker, Oliver Schäfer, Armin Schulz, Sebastian Steuer, Olaf Wojahn, Manfred Ziemer

Buchhaltung , Controlling & Personal

Manuela Fischer, Jule Thiede, Benjamin Wermuth

IT

Matthias Bruhn, Maik Hansemann

Fertigungstechnologien & Prozessautomatisierung

Montage und Fertigungsautomatisierung

Fynn Dierksen, Arne Wagner (Leitung)

Paul Bobka, Martin David, Severin Görgens, Rudolf Griemert, Maschal Hakimiy, Anna Marie Opolka, Martin Römer, Thekla Rörmann, Martin Ruhnke, Malte Rutz, Martin Vey

Automatisierte Batterieproduktion

Timon Scharmann, Do Minh Nguyen (Leitung)

Christina von Boeselager, Philip Gümbel, Timo Hölter, Maximilian Liedtke, Benjamin Schumann, Jonas Schwieger, Leif Tönjes, Shubiao Wu

Hybrider Leichtbau und integrierte Formgebung

Werner Berlin, Christoph Persch (Leitung)

Sonja Marit Blumberg, Edda Ceisig, Philipp Kabala, Etienne Philippe Neumann, Srinivasa Rao Sunkara, Benjamin Winter

Numerische Methoden

Dr.-Ing. André Hürkamp (Leitung)

Syed Sarim Ali, Virama Ekanayaka, Jan Middelhoff, Mohammad Mojaddarasil, Frederic Timmann

Nachhaltige Produktion & Life Cycle Engineering

Nachhaltige Produktion & Fabrikssysteme

Gabriela Ventura Silva (Leitung)

Life Cycle Engineering

Steffen Blömeke (Leitung)

System of Systems Engineering

Dr.-Ing. Mark Mennenga (Leitung)

Siavash Aghaei, Abdur-Rahman Ali, Robar Arafat, Britta Buchholz, Yasin Bulut, Kilian Dickel, Benjamin Effner, Zahra Ghazanfarpour Khoulenjani, Philipp Grimmel, Johanna Sophie Hagen, Sönke Hansen, Johanna Haupt, Marius Hermsen, Henning Hupfeld, Jana Husmann, Pavan Krishna Jois, Vidhyasagar Kamatchinathan, Nelli Kononova, Lennart Kuhr, Adrian Langer, Niels Martin, Dr.-Ing. Kolja Meyer, Nadja Mindt, Aleksandra Naumann, Jan Felix Niemeyer, Jennifer Olearczyk, Sofia Pinheiro Melo, Arun Ranganarsimhaiah, Christopher Rogall, Maximilian Rolinck, Marija Rosic, Sina Marie Rudolf, Anne-Marie Schlake, Oliver Schömig, Lukas Siemon, Sandro Süß, Ahmed Faraz Tariq, Yin Hsuan Tsao, Benjamin Uhlig, Edith Uhlig, Felix Wanielik, Sebastian Weise, Anna-Sophia Wilde, Danial Ahmad Zaki, Chao Zhang, Zexu Zhang

Weitere Informationen unter www.tu-braunschweig.de/iwf

Impressum

Herausgeber

Technische Universität Braunschweig

Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik

Prof. Dr.-Ing. Klaus Dröder

Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann

Langer Kamp 19b

38106 Braunschweig

Telefon +49 531 391 7601

Telefax +49 531 391 5842

E-Mail iwf-braunschweig@tu-braunschweig.de

Web www.tu-braunschweig.de/iwf

Redaktion

Anne-Marie Schlake, Christian Wacker &

die wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und

Mitarbeiter des IWF

Gestaltung

Anne-Marie Schlake &

Christina Schütz (schützenswert., Schwester-Ella-Weg 31, 38165 Essenrode)

Druck

Beyrich DigitalService GmbH & Co KG

Bültenweg 73

38106 Braunschweig

Tel.: 0531 / 38 006-0

Fax: 0531 / 38 006-91

service@beyrichbusiness.de

www.beyrichbusiness.de

