

ABSCHLUSSBERICHTE

der Verbundprojekte im Rahmen der Initiative
zur Digitalisierung der Materialforschung

Ausschreibung vom 20. August 2019



MATERIALDIGITAL

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

Inhaltsverzeichnis

Kapitel		Seite
	Vorwort	3
1	DigiBatMat	6
	Digitale Plattform für Batteriematerialdaten, -wissen und deren Verknüpfung	
2	DIGIT RUBBER	10
	DIGITALE KAUTSCHUKVERARBEITUNG - Am Beispiel Extrusion	
3	DiProMag	17
	Digitalisierung einer Prozesskette zur Herstellung, Charakterisierung und prototypischen Anwendung magnetokalorischer Legierungen	
4	DiStAl	21
	Digitale Strategie zur Entwicklung von neuen, heißrissswiderstandsfähigen Al-Pulverlegierungen für SLM	
5	GlasDigital	25
	Datengetriebener Workflow für die beschleunigte Entwicklung von Glas	
6	iBain	30
	Intelligent-datengeführtes Prozessdesign für ermüdungsresistente Stahlbauteile am Beispiel bainitischer Mikrostruktur	
7	KNOW-NOW	34
	Keramische Multilayer-Entwicklung durch Neugestaltung Ontologie-basierter Wissenssysteme	
8	KupferDigital	39
	Datenökosystem für die digitale Materialforschung auf Basis Ontologie-basierter digitaler Repräsentationen von Kupfer und Kupferlegierungen	
9	LeBeDigital	46
	Lebenszyklus von Beton - Ontologie-Entwicklung für die Prozesskette der Betonherstellung	
10	ODE AM	52
	Ontologien für die dezentrale Erfassung von mehrskaligen statischen und zyklische Kennwerten von additiv gefertigten Stahlstrukturen aus Experiment und Simulation	
11	SensoTwin	57
	Sensorintegrierter Digital Twin für Hochleistungs-Faserverbundanwendungen	
12	SmaDi	61
	Digitalisierung smarter Materialien und ihrer Herstellungsprozesse	
13	StahlDigital	67
	Ontologie-basierte interoperable Workflows zur Entwicklung und Optimierung von Stahlwerkstoffen für den Bauteileinsatz: Von der Blechhalbzeugherstellung zur Crashesicherheit	

Vorwort

- Digitalisierung in der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik

Neue Ansätze im Umgang mit Materialien in der Produktentwicklung und -fertigung werden komplexere, leistungsfähigere und nachhaltigere Produkte ermöglichen. Neue Werkstofflösungen in innovativen Produkten erfordern einen intensiven Informations- und Datenaustausch entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Die Verfügbarkeit von Materialdaten entlang der Wertschöpfungskette ermöglicht nicht nur eine Leistungsoptimierung des Produkts, sondern erhöht auch die Material- und Energieeffizienz, ermöglicht Kostensenkungen in der Produktentwicklung und bildet die Grundlage für die nachhaltige Materialnutzung in einer robusten Kreislaufwirtschaft. Dies erfordert jedoch einen radikalen Paradigmenwechsel in der Art und Weise, wie wir mit Materialdaten und materialbezogenen Informationen umgehen. Die Daten müssen so erfasst, gespeichert und bereitgestellt werden, dass sie von anderen ausgewertet und genutzt werden können.

Die jüngste Einführung leistungsfähiger, flexibler Modellierungs- und Simulationswerkzeuge hat die Entwicklung und Herstellung innovativer Systeme bereits verbessert. Die zunehmende Digitalisierung der Materialwissenschaft, des Ingenieurwesens und der Technologie ermöglicht nun einen äußerst zuverlässigen und schnellen Austausch von Materialdaten zwischen verschiedenen Akteuren. Doch unterschiedliche Wissensbereiche und Konventionen oder beispielsweise unterschiedliche Längenskalen behindern nach wie vor einen reibungslosen Datenaustausch. Semantisch strukturierte Daten, gemeinsame Arbeitsabläufe und vereinbarte Datenmanagementsysteme werden den Austausch über diese Barrieren hinweg erheblich verbessern und materialbezogene Daten sofort verfügbar machen.

Insbesondere die Wissenschaft wird in hohem Maße von einem flexiblen, strukturierten Datenaustausch profitieren. Forscher werden ihre Ergebnisse einer Vielzahl unterschiedlicher Nutzer zur Verfügung stellen können; die Sichtbarkeit, Zugänglichkeit und Nutzbarkeit von Forschungsarbeiten wird deutlich verbessert werden und über die klassischen Zeitschriftenveröffentlichungen hinausgehen. Durch die Datenfusion wird es möglich sein, mehr Informationen aus den Daten zu gewinnen. Verbesserte Suchwerkzeuge werden Doppelarbeit vermeiden oder vergleichbare Ergebnisse für Plausibilitätsprüfungen liefern können.

Aus industrieller Sicht liegen die unmittelbaren Vorteile in der Kostensenkung und der Beschleunigung von Entwicklungsprozessen. Die Bewertung von Werkstoffen, Bauteilen oder Produkten wird zuverlässiger und sicherer, wenn sie auf umfangreicheren Datenpools und auf tatsächlichen Daten statt auf Mittel- oder Näherungswerten basiert. Zudem wird der Wissenstransfer zwischen verschiedenen Branchen und Mitarbeitergenerationen effizienter.

Materialdaten werden interoperabel und zugänglich sein, doch ist es auch unerlässlich, das geistige Eigentum und die Sicherheit von Materialdaten zu gewährleisten, insbesondere für den industriellen Einsatz. Darüber hinaus hängt die Einführung digitaler Produktpässe von zuverlässigen, strukturierten Daten in sicheren Datenräumen ab.

- Die Initiative MaterialDigital

Im Jahr 2019 hat das Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) – das damalige Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) – auf der Grundlage des Rahmenprogramms¹ „Vom Material zur Innovation“ die Initiative MaterialDigital gestartet. Ziel dieser langjährigen Initiative ist es, materialbasierte Forschungs-, Entwicklungs- und Innovationsprojekte zum Themenfeld „Digitalisierung der Materialforschung in Deutschland“ (MaterialDigital) zu fördern². Die Initiative ist darauf ausgerichtet, die Materialforschung, -entwicklung und -herstellung sowie die Verarbeitung von Materialien bis zum Bauteil und darüber hinaus mit innovativen digitalen Methoden, Konzepten und Verfahren grundlegend und nachhaltig zu unterstützen und somit letztlich die Produktentwicklung in Deutschland auf ein solideres Fundament zu stellen. Angestrebt wird die Unterstützung der

Transformation der heutigen Materialforschung, hin zu einer digitalisierten Multidisziplin mit Blick auf die industrielle Anwendung.

Als zentrales Element der Initiative MaterialDigital fördert das BMBF / BMFTR seit Juli 2019 die Plattform MaterialDigital (PMD)³. Ihr Ziel ist der Aufbau der Strukturen für einen virtuellen Materialdatenraum und für die Systematisierung des Umgangs mit hierarchischen, prozess-abhängigen Werkstoffdaten. Kernpunkte sind dabei die Erarbeitung von Übereinkünften zu Datenstrukturen und Schnittstellen, die in konkreten Software-Werkzeugen implementiert werden und Nutzerinnen und Nutzern der PMD einen einfachen Zugang und konkreten Mehrwert in eigenen Projekten bieten.

- Die MD1-Projekte

Die Initiative MaterialDigital hat sich seit ihrer Etablierung zu einer lebendigen, wachsenden Community und Austauschplattform an der Schnittstelle von Materialwissenschaft und Digitalisierung entwickelt. Interessenten aus Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Industrie treiben gemeinsam digitale Ansätze für Materialien und Werkstoffe voran. Die große Resonanz auf die Förderbekanntmachungen zeigt, wie stark Interesse und Engagement in diesem Bereich sind.

Die erste Bekanntmachung² vom 20. August 2019 stieß auf großes Interesse seitens der Hochschulen sowie der außeruniversitären Forschungs- und Wissenschaftseinrichtungen im Bereich der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik. Im Rahmen dieser Förderinitiative⁴ „MaterialDigital 1“ wurden 13 Verbundprojekte zu einem breiten Themenspektrum mit einem Volumen von ca. 19 Mio. Euro im Zeitraum vom Januar 2021 bis Juli 2025 gefördert. Zur Initiative MaterialDigital und den Projekten der ersten Ausschreibungsrunde hat das BMFTR im Jahr 2022 eine Broschüre⁵ herausgebracht.

- MD1-Projekte: Abschlussberichte, TIB, Special Issue

Die MD1-Projekte sind inzwischen abgeschlossen. Der öffentliche Teil der Abschlussberichte wurde gemäß der Förderrichtlinien des BMFTR beim Leibniz-Informationszentrum Technik und Naturwissenschaften und Universitätsbibliothek TIB eingereicht und dort im Repositorium für Naturwissenschaften und Technik ReNaTe⁶ in der Sammlung von Forschungsberichten mit Pflichtabgabe (DtF) abgelegt. Im vorliegenden Sammelband werden die wesentlichen Angaben zu den MD1-Projekten sowie zu den jeweiligen Teilvorhaben zusammengestellt.

Ein Sonderheft⁷ der Zeitschrift *Advanced Engineering Materials* zum Thema *Digitalization in Materials Science and Engineering* versammelt wissenschaftliche Beiträge aus den Projekten der ersten Förderphase der Initiative MaterialDigital sowie aus der Plattform MaterialDigital.

Freiburg, den 22. September 2026

Prof. Dr. Peter Gumbsch
Sprecher der Initiative MaterialDigital

1

https://www.foerderinfo.bund.de/SharedDocs/Publikationen/de/bmbf/5/31015_Vom_Material_zur_Innovation.pdf?__blob=publicationFile&v=6

2

https://www.bmftr.bund.de/SharedDocs/Bekanntmachungen/DE/2019/09/2627_bekanntmachung-zur-foerderung-von-zuwendungen-von-vorhaben-im-rahmen-der-initiative-zur-digitalisierung-der-materialforschung-in-deutschland-materialdigital.html

3

www.material-digital.de

4

<https://www.material-digital.de/projects/#md1>

5

https://www.werkstofftechnologien.de/fileadmin/media/publikationen/BMBF_DINA4_MaterialDigital_Broschuere_bf.pdf

6

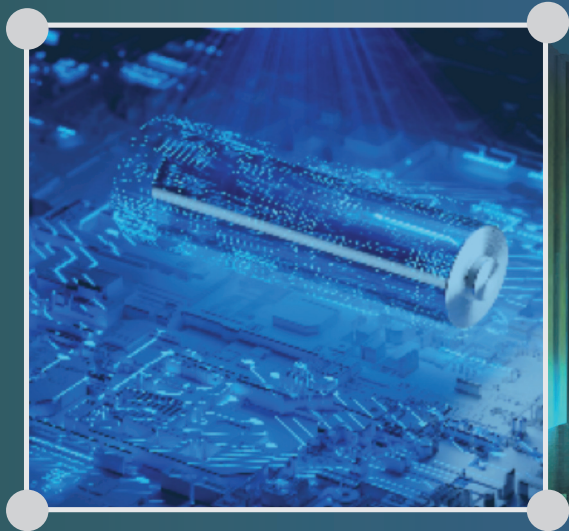
<https://oa.tib.eu/renate/home>

7

Advanced Engineering Materials: Vol 27, No 8, April 2025
Special Issue: Digitalization in Materials Science and Engineering
<https://advanced.onlinelibrary.wiley.com/toc/15272648/2025/27/8?campaign=woletoc>

DigiBatMat

DIGITALE PLATTFORM FÜR BATTERIEMATERIALDATEN, -WISSEN UND DEREN VERKNÜPFUNG



Projektlaufzeit: 01.03.2021 – 28.02.2023

KONSORTIALPARTNER

- Leibniz-Institut für neue Materialien, INM, Saarbrücken
- Hochschule Aalen – Institut für Materialforschung
- TU Braunschweig – Battery LabFactory Braunschweig
- AWS Institut für digitale Produkte und Prozesse, Saarbrücken
- Karlsruher Institut für Technologie, KIT – Institut für angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren



Zusammenfassung

Die Batteriefertigung ist ein rasant wachsender Industriezweig und für die deutsche Industrie von großer strategischer Bedeutung. Elektrochemische Speicherzellen sind das Rückgrat mobiler Kommunikation, umweltfreundlicher Verkehrskonzepte, stabiler Stromnetze und innovativer Inselssysteme. Traditionell basieren Batterie- und Elektrodenmaterialien für Lithium-Ionen-Batterien (LIB) und andere Batterien auf historisch gewachsenen Rezepturen und empirisch erprobten Prozessen, die in Laboranlagen von Forschungseinrichtungen ähnlich sind. Darüber hinaus können die heterogenen Daten aus der Materialographie, elektrischen, elektrochemischen und mechanischen Messungen an Elektroden und Zellen derzeit nur sehr eingeschränkt mit Daten aus dem Herstellungsprozess und der Systemcharakterisierung verknüpft und korreliert werden. Die Eigenschaften der Batteriematerialien müssen in jedem Herstellungsschritt durch aufwändige Testreihen ermittelt werden. Dies führt zu einer Lawine von unstrukturierten Daten unterschiedlicher Qualität, die meist nicht weiter auffindbar sind. Ein Vergleich oder eine Verknüpfung dieser gewonnenen Daten mit Ergebnissen aus Pilotproduktionsanlagen ist damit schwer möglich. Ziel des Projektes war die Schaffung einer Plattform zur interoperablen Verwaltung von Daten zu Batteriematerialien, die so beschrieben und verknüpft sind, dass sie optimal für Qualitätsvorhersagen und Korrelationsanalysen genutzt werden können.

Abstract

The battery manufacturing industry is a rapidly growing sector and of great strategic importance to the German industry. Electrochemical storage cells are the backbone of mobile communication, environmentally friendly transportation concepts, stable power grids, and innovative island systems. Traditionally, battery and electrode materials for lithium-ion batteries (LIB) and other batteries are based on historically developed formulations and empirically tested processes, which are similar in laboratory facilities of research institutions. Furthermore, heterogeneous data from materials analysis, electrical, electrochemical, and mechanical measurements on electrodes and cells can currently only be linked and correlated to a very limited extent with data from the manufacturing process and system characterization. The properties of battery materials must be determined in each production step through elaborate test series. This leads to an avalanche of unstructured data of varying quality, which is usually not easily retrievable. A comparison or linking of these collected data with results from pilot production facilities is therefore difficult. The aim of the project was to create a platform for the interoperable management of data on battery materials, described and linked in such a way that they can be optimally used for quality predictions and correlation analyses.

<https://www.material-digital.de/project/DigiBatMat>

Verbundprojekt DigiBatMat Digitale Plattform für Batteriematerialdaten, -wissen und deren Verknüpfung	
Laufzeit des Vorhabens: 01.03.2021 – 28.02.2023	
https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/24286	Förderkennzeichen: 03XP0367A bis -F
https://doi.org/10.34657/23303	Datei: BMBF03XP0367A_GE-SAMT.pdf (8.11 MB)
Inhaltsübersicht 1. Einleitung 2. Battery Processing and Characterization Ontology (BPCO) 2.1. Domänenwissen aus der Batterieforschung 2.1.1. Detaillierte Charakterisierung ausgewählter Items 2.2. Formalisierung der BPCO 3. DataCharge.IO 3.1. Datenbank und Mapping 3.2. Funktionalitäten 3.2.1. Input-Funktionen 3.2.2. Pipeline-Editors: Visualisierung, Aggregation und Nachverarbeitung von Daten 4. Datenerhebung 4.1. Historische Daten 4.2. Key use cases 4.2.1. Key use case: Conductive Additives 4.2.2. Key use case: Active Materials 4.2.3. Key use case: New Materials 5. Zusammenfassung 5.1. Schlussfolgerungen und Vergleich zum geplanten Vorgehen 5.2. Zukunftsaussichten und Anwendungspotential	

Teilvorhaben A
Leibniz-Institut für neue Materialien, INM, Saarbrücken
Laufzeit des Vorhabens: 01.03.2021 – 28.02.2023
Förderkennzeichen: 03XP0367A

Teilvorhaben B
Hochschule Aalen – Institut für Materialforschung
Laufzeit des Vorhabens: 01.03.2021 – 28.02.2023
Förderkennzeichen: 03XP0367B

Teilvorhaben C
TU Braunschweig – Battery LabFactory Braunschweig
Laufzeit des Vorhabens: 01.03.2021 – 28.02.2023
Förderkennzeichen: 03XP0367C

Teilvorhaben D
AWS Institut für digitale Produkte und Prozesse, Saarbrücken
Laufzeit des Vorhabens: 01.03.2021 – 28.02.2023
Förderkennzeichen: 03XP0367D

Teilvorhaben E
Karlsruher Institut für Technologie, KIT – Institut für angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren
Laufzeit des Vorhabens: 01.03.2021 – 28.02.2023
Förderkennzeichen: 03XP0367E

DIGIT RUBBER

DIGITALE KAUSCHUKVERARBEITUNG - AM BEISPIEL EXTRUSION



Projektlaufzeit: 01.04.2021 – 31.03.2024

KONSORTIALPARTNER

- Deutsches Institut für Kautschuktechnologie DIK, Hannover
- Leibniz-Informationszentrum Technik und Naturwissenschaften
Universitätsbibliothek TIB, Hannover
- Jade Hochschule – Institut für angewandte Photogrammetrie
und Geoinfor-matik IAPG, Oldenburg
- Institut für Nanophotonik Göttingen
- Hochschule Hannover – Wirtschaft und Informatik
- Leibniz Universität Hannover – Institut für Transport- and
Automatisierungstechnik ITA
- Leibniz Universität Hannover – Institut für Mess- und Regelungs-
technik IMR

Kurzfassung

In der klassischen Kautschukverarbeitung ist auch zu Zeiten von Industrie 4.0 der Einsatz handwerklichen Personals weiterhin hoch und oft ist die Qualität des Endproduktes stark von den Erfahrungswerten der langjährigen Mitarbeiter*innen aus den unterschiedlichsten Disziplinen abhängig. Damit weist dieser Industriezweig erhebliches wirtschaftliches Potential bei einer Automatisierung von Arbeitsabläufen auf.

Die Gesamtprozesskette beginnend bei den Rohstoffen und endend beim fertigen Gummibauteil unterteilt sich ähnlich wie beim Backhandwerk in viele Teilschritte. Wesentlich sind die Auswahl an Rohstoffen („Zutaten“), das Mischen, das Walzen, die Formgebung, das Vulkanisieren („Ausbacken“) und anschließend die Produktkontrolle. Aus diesen Teilprozessen heraus dient in diesem Vorhaben die Formgebung, genauer die Extrusion, als Beispielprozess für die Optimierungspotentiale einer Digitalisierung und Automatisierung der Produktion.

Der verfolgte Lösungsansatz beinhaltet die Entwicklung innovativer („Inline“-)Messtechnik zur Beurteilung der Rohstoffgüte und der Extrudatqualität und die Verknüpfung dieser mit etablierten Vorhersagemodellen sowie Machine-Learning-Ansätzen. Die Basis bildet eine kautschukspezifische Ontologie („DigitRubber“-Ontologie), die die bestehenden Sprachgebräuche der unterschiedlichen Disziplinen von Prozesstechnik, Logistik, Chemie, Physik und Mathematik (Simulation) vereint und in eine gemeinsame einheitliche Sprache überführt. Über Echtzeit-Vernetzung aller beteiligten Maschinen sowie die Implementierung eines KI-Basierten Steuerungsalgorithmus wird es so möglich, näher am Qualitätsoptimum zu produzieren, dem zunehmenden Fachkräftemangel entgegenzutreten und den Hochtechnologiestandort Deutschland in der Kautschukverarbeitung deutlich zu stärken.

Abstract

Even in the age of Industry 4.0, the rubber processing industry continues to rely heavily on skilled manual staff, and the quality of the end product often depends on the experience of long-serving employees from a wide range of disciplines. This branch of industry therefore offers considerable economic potential through the automation of work processes.

The entire production chain, starting with the raw materials and ending with the finished rubber component, is divided into many sub steps, similar to the baking trade. Essential are the selection of raw materials ('ingredients'), mixing, rolling, moulding, vulcanisation ('baking') and, finally, product control. Of these sub-processes, shaping – more specifically extrusion – serves as the example process in this project to demonstrate the optimisation potential offered by the digitalisation and automation of production.

This approach involves the development of innovative ('inline') measurement technology to assess the raw material quality and extrudate quality, and the combination of these technologies with established predictive models and machine learning approaches. The basis is a rubber-specific ontology ('DigitRubber' ontology), which unifies the existing terminology of the various disciplines of process engineering, logistics, chemistry, physics and mathematics (simulation) and translates them into a common, uniform language. By real-time networking of all involved machines and the implementation of an AI-based control algorithm, it will thus be possible to produce closer to optimum quality, to counteract the growing shortage of skilled workers, and to significantly strengthen Germany as a high-tech location for rubber processing.

<https://www.material-digital.de/project/DIGITRUBBER>

Teilverhaben DIGITALE KAUTSCHUKVERARBEITUNG - Experimentelle Prozessführung und Digitaler Zwilling des Extrudats	
Deutsches Institut für Kautschuktechnologie DIK, Hannover	
Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2021 - 31.07.2024	
https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/29233	Förderkennzeichen: 13XP5126A
https://doi.org/10.34657/28302	Datei: BMBF13XP5126A.pdf (3.32 MB)
Zusammenfassung: Im Zeichen von Industrie 4.0 durchlebt die Kunststoff- und Kautschukindustrie einen Wandel, in dem eine Anwendung und Nutzung von Automatisierungstechnologien sowie die Digitalisierung von Prozessabläufen unter wirtschaftlichen und technischen Gesichtspunkten unumgänglich sind. Die Implementierung der erforderlichen Technologien in die kautschukverarbeitende Praxis stößt aufgrund der Komplexität des Materials, der Vielzahl an aufwändigen Prozessschritten, dem Mangel an geeigneten Schnittstellen, Kenndaten und Bewertungskriterien für die Regelung sowie der Vorhersage der Effizienz von Verarbeitungsprozessen jedoch auf erhebliche Schwierigkeiten. Kernziel des Teilverhabens des DIK war es, am Beispiel der Extrusion einen vollständig digitalisierten Kautschukverarbeitungsprozess abzubilden, welcher als Demonstrator für die Industrie genutzt werden kann, um eigene, betriebsinterne Potentiale zur Digitalisierung auszuloten. Das Teilverhaben bildete die experimentelle Grundlage mit der die messtechnischen Entwicklungen der Verbundpartner mit Data-Mining- und Machine-Learning-Konzepten zur Steuerung des Verarbeitungsprozesses auf Basis semantischer Interoperabilität verknüpft wurden. Einen weiteren thematischen Schwerpunkt des Teilverhabens bildete die kontinuumsmechanische Prozess- und Materialmodellierung zur Erstellung eines „Digitalen Zwillings“ der Vulkanisation. Die Modellbildung zielte auf Materialmodelle zur Vorhersage der relativen lokalen Vernetzungsdichte und Koppelung auf mechanische Kennwerte in Abhängigkeit verschiedener Randparameter wie Umgebungstemperatur während des Vernetzungsvorgangs, Vulkanisationszeit, Beschleunigereinsatz und Füllstoffkonzentration. Ein besonderes Augenmerk lag dabei auf den Abweichungen, welche unter Nutzung der vorhandenen Prozess- und Messdaten zwischen Experiment und Simulation zu erwarten sind.	

Teilverhaben Ontologie und semantische Methoden für Kautschukextrusion	
Leibniz-Informationszentrum Technik und Naturwissenschaften Universitätsbibliothek TIB, Hannover	
Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2021 - 31.07.2024	
https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/28511	Förderkennzeichen: 13XP5126B
https://doi.org/10.34657/27580	Datei: BMBF13XP5126B.pdf (1.74 MB)
Zusammenfassung: Von zentraler Bedeutung für das Gelingen einer Digitalisierung der Kautschukverarbeitung ist die Entwicklung einer umfassenden ontologischen Beschreibung und die Etablierung eines semantischen „Layers“ zur Synchronisierung der kontinuierlichen Datenverarbeitungsmethoden. In enger Absprache zwischen dem DIK als „Domain“-Experten und dem Teilverhaben der TIB erfolgte eine Anforderungsanalyse und die Erstellung von <i>Competency Questions</i> , an denen sich die zu entwickelnde Ontologie funktionell ausrichtete. Die entstandene „DigitRubber“-Ontologie verknüpft die Materialseite, wie eingesetzte Rohstoffe, Zwischenprodukte (Kautschukmischung und Halbzeuge) und	

entstehende Produkte (Gummi/Elastomer-Profil), prozessbeschreibende Parameter sowie messtechnisch relevante Beziehungen.

Das kollaborative Editieren der Ontologie wurde über die WebProtégé Instanz des TIB Terminology Service ermöglicht. Über eine Anbindung der WebProtégé Instanz an GitHub steht eine langfristig nutzbare Umgebung zur Verfügung, über die die „DigitRubber“-Ontologie auch nach Projektende weiterentwickelt werden und von anderen Projekten genutzt werden kann.

Die aktuelle Version der „DigitRubber“-Ontologie ist im GitHub der TIB (<https://github.com/TIBHannover/DIGIT-RUBBER>) sowie im DataPortal der PMD (<https://dataportal.material-digital.de/organization/digitrubber>) hinterlegt.

Teilvorhaben

Photogrammetrische 3D-Messtechnik zur Inline-Vermessung, Qualitätssicherung und Deformationsanalyse an Kautschukextrudaten

Jade Hochschule – Institut für Angewandte Photogrammetrie und Geoinformatik
IAPG, Oldenburg

Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2021 - 31.07.2024

<https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/24421>

Förderkennzeichen:
13XP5126C

<https://doi.org/10.34657/23438>

Datei: BMBF13XP5126C.pdf
(3.02 MB)

Zusammenfassung:

Die geometrische Bewertung von Extrudaten ist typischerweise zeitlich verzögert, subjektiv und diskret, also nicht vollumfänglich möglich. Das hier dargestellte Teilvorhaben hatte daher zum Ziel, diese Bewertung zu optimieren und objektiv zu gestalten. Dabei sollte die Qualität der Daten gesichert, Schnittstellen geschaffen und Analysemethoden entwickelt werden.

Gemeinsam mit dem Verbundpartner IMR wurde ein Messsystem zur „Inline“-Überwachung des Kautschukextrusionsprozesses entwickelt, um eine holistische 3D-Repräsentation des Extrudats ableiten zu können. Während die Umsetzung der Lichtschnitt- und Thermographietechnologie beim Partner IMR lagen, entwickelte das IAPG in seinem Teilvorhaben hardwareseitig ein optisches Trackingsystem zur Beschreibung der Extrudatbewegung sowie softwareseitig Algorithmen zur Kalibrierung und zum Tracking des Gesamtsystems.

Die Herausforderungen der optischen Qualitätskontrolle in der Kautschukextrusion sind das kaum reflektierende Material sowie die Dynamik (Bewegung und Verformung des Extrudats) des Prozesses. Photogrammetrische Techniken sind skalierbar und lassen sich praktisch für beliebige Objektvolumina einsetzen. Gleichwohl ist die Umsetzung für sehr kleine Messabstände (< 5 cm) sehr anspruchsvoll und erfordert speziell angepasste Kamera-, Objektiv- und Beleuchtungslösungen. Gleichzeitig wurden Softwareentwicklungen vorangetrieben, welche die automatisierte Auswertung zu einer 3D-Punktwolke ermöglichen.

Teilvorhaben Photonische Sensorik für die Digitalisierung der Kautschukverarbeitung - Rohstoffanalyse und Prozesskontrolle	
Institut für Nanophotonik IFNANO, Göttingen	
Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2021 - 31.07.2024	
https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/29545	Förderkennzeichen: 13XP5126D
https://doi.org/10.34657/28614	Datei: BMBF13XP5126D.pdf (8.1 MB)
Zusammenfassung: Innerhalb der kautschukverarbeitenden Industrie steigen die Anforderungen an die Funktionssicherheit und die Wettbewerbsfähigkeit und somit an die Qualität der hergestellten Produkte. Diese wird bereits maßgeblich durch die Qualität der eingesetzten Rohstoffe entschieden. Am Anfang eines digital überwachten Produktionsprozesses muss daher eine systematische Qualitätskontrolle der Rohstoffe stehen. Üblicherweise erfolgt die Qualitätskontrolle der Rohstoffe im Betrieb lediglich stichprobenartig und anhand der mitgeführten Datenblätter. Grund ist neben dem Fehlen digitaler Strukturen auch der Mangel an geeigneter Messtechnik, die eine schnelle „Inline“-Identifizierung und Bewertung der Materialien ermöglicht. Um diesen Mangel anzugehen, wurden in diesem Teilvorhaben zwei photonische Messverfahren genutzt und mit innovativen Datenanalysetechniken kombiniert. Der erste thematische Schwerpunkt war die Kontrolle der Rohstoff- und Materialqualität. Insbesondere wurden spektroskopische Methoden wie Raman- und Infrarot-Spektroskopie eingesetzt, um molekulare Informationen über die Polymerstrukturen und Nebenbestandteile zu gewinnen, welche die Qualität und Verarbeitung von Natur- und Synthesekautschuken beeinflussen. Dies wurde um eine klassische Fotometrie sowie hyperspektrale Bildgebung ergänzt. Der zweite thematische Schwerpunkt des Teilprojektes war die Entwicklung einer „Inline“-Überwachung der Mischungsgüte mittels laserinduzierter Plasmaspektroskopie (LIBS). Dafür wurde ein Doppelpuls-LIBS Aufbau zur Messung der Zinkkonzentration an einem laufenden Extruder entwickelt. Zink, welches als Bestandteil in den meisten gängigen Kautschukmischungen vorkommt, agiert dabei als „Marker“ und Indikator für die effektive Dispersion und die distributive Mischeffizienz, also die gleichmäßige Verteilung möglichst feinteiliger Partikel aller Mischungsbestandteile. Die so generierten Daten flossen in die im Gesamtvorhaben entwickelte, KI-basierte Steuerung des Extrusionsprozesses für eine präzise Prozesskontrolle und Qualitätsoptimierung ein.	

Teilvorhaben Datenbank und Effizienzsimulation	
Hochschule Hannover – Fakultät Wirtschaft und Informatik	
Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2021 - 31.07.2024	
https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/25813	Förderkennzeichen: 13XP5126E
https://doi.org/10.34657/24830	Datei: BMBF13XP5126E.pdf (4.52 MB)
Zusammenfassung: Ziel des Verbundprojektes DIGITALE KAUTSCHUKVERARBEITUNG – Am Beispiel Extrusion war die Verknüpfung von maschinellem Lernen, klassischer Modellbildung und neuen Messtechnikansätzen zur „Inline“-Charakterisierung von Kautschukmischungen, um eine automatische Qualitätsbewertung von Materialien zu ermöglichen. In diesem Rahmen hat sich das Teilprojekt Datenbank und Wirtschaftlichkeitssimulation mit zwei assoziierten Problemstellungen auseinandergesetzt. Zum einen wurde eine Datenbank zur Speicherung im Projekt gewonnener Informationen aufgebaut. Die in der	

Datenbank gelagerte Informationsgrundlage diene als Basis zur Identifikation von Interdependenzen sowie zur Auswahl, Entwicklung und Implementierung des Machine-Learning-Algorithmus zur Identifikation von prozessimmanenten Zusammenhängen. Die akquirierten Daten wurden in Form von verknüpften Datensätzen in die Datenbank aufgenommen und die Datenbankarchitektur an die Beschaffenheit der Datengrundlage sowie die spezifischen Anwendungsszenarien angepasst.

Zum anderen wurde die Wirtschaftlichkeit des Gesamtzeitprozesses bei der Kautschukextrusion simulativ betrachtet, analysiert und evaluiert. Zeitvariante Prozessabläufe müssen bei der Verarbeitung von Kautschukmischungen aufgrund von variierenden Materialeigenschaften verstärkt nachgesteuert werden, was zu erhöhten Schwankungen in Bezug auf Durchsätze, Durchlaufzeiten, Bestände, Zustandsbelegungen und Terminen führt und demnach einen direkten Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Prozessketten hat. Um die wirtschaftlichen Auswirkungen der „Inline“-Qualitätsüberwachung bei der Kautschukextrusion zu quantifizieren, wurde das Produktionssystem in ein digitales Simulationsmodell überführt und Durchsätze, Durchlaufzeiten, Bestände, Zustandsbelegungen sowie Termine in Abhängigkeit der im Prozess produzierten Fehlteile simulationsbasiert bestimmt. Auf diese Weise konnte sowohl der wirtschaftliche Mehrwert der Prozessdigitalisierung im Sinne der Gesamtunternehmung bestimmt, als auch die Einflüsse und Auswirkungen von manuellen Prozesskettenvariationen und externen Umweltfaktoren prognostiziert werden.

Teilvorhaben

Data Mining und KI zur optimierten prozessübergreifenden Steuerung

Leibniz Universität Hannover – Institut für Transport- und Automatisierungstechnik
ITA

Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2021 - 31.03.2024

<https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/24527>

Förderkennzeichen:
13XP5126F

<https://doi.org/10.34657/23544>

Datei: BMBF13XP5126F.pdf
(787.83 KB)

Zusammenfassung

Die Schwerpunkte dieses Teilvorhabens lagen im Datenbankaufbau und der Konzeptentwicklung zur „Inline“-Optimierung der Kautschukextrusion. Mit dem Ziel der Digitalisierung der Prozesskette wurden die gemessenen Daten in einer Zeitreihendatenbank aufgenommen. Basierend auf den Steuer- und Messgrößen wurde ein Data-Mining-Algorithmus zur Identifikation von prozessimmanenten Wirkzusammenhängen entwickelt. Zunächst wurde über lineare Regressionsmodelle die Vorhersage der Mess- und Steuergrößen untersucht. Da dies jedoch nicht mit hinreichender Genauigkeit gelang, wurden in der Folge künstliche neuronale Netze eingesetzt. Hiermit konnten sämtliche Temperaturmesswerte mit < 1 % Abweichung vorhergesagt werden. Ebenso ließ sich der Data-Mining-Algorithmus nach einer geringfügigen Anpassung auf den Mischprozess übertragen, wodurch eine gewisse Generalisierbarkeit nachgewiesen werden konnte.

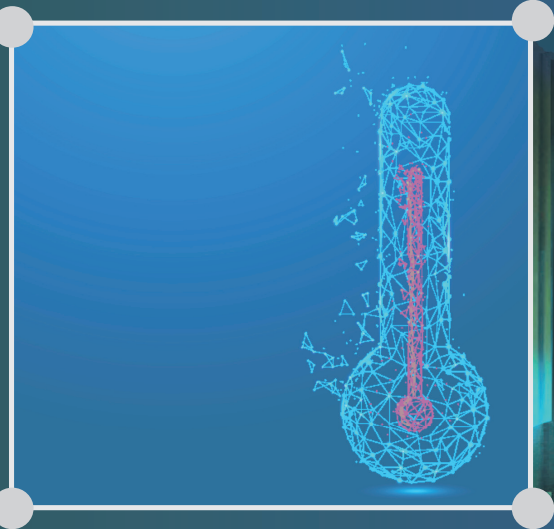
Die ermittelten Wirkzusammenhänge dienen der Entwicklung eines KI-basierten Algorithmus zur autonomen Steuerung des Extrusionsprozesses. Bei Abweichung einzelner Messwerte aus ihren spezifischen Toleranzkorridoren generiert der Steuerungsalgorithmus aus einem Zielmesswert die notwendigen Steuergrößen. Dabei wird der inverse Data-Mining-Algorithmus genutzt. Es konnte validiert werden, dass der Algorithmus früh eingreift und neue Steuergrößen an die Hardware übermittelt, bevor es zu Ausschussprodukten kommt.

Teilvorhaben Messsystem zur Erfassung der 3D-Geometrie	
Leibniz Universität Hannover – Institut für Mess- und Regelungstechnik IMR	
Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2021 - 31.07.2024	
https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/29470	Förderkennzeichen: 13XP5126G
https://doi.org/10.34657/28539	Datei: BMBF13XP5126G.pdf (2.11 MB)
Zusammenfassung Das Ziel dieses Teilvorhabens war die Entwicklung eines Messsystems zur berührungslosen Erfassung der 3D-Geometrie sowie der Oberflächentemperatur des Extrudats im Kautschukextrusionsprozess. Die erfassten Daten dienen der materialspezifischen Charakterisierung der Strangaufweitung beziehungsweise des Abkühlverhaltens. Zwei Phänomene, die dafür sorgen, dass sich die Profilgeometrie nach dem Extrudieren noch verändert. Im Rahmen des Gesamtvorhabens „DigitRubber“ ermöglicht das Messsystem die Digitalisierung von Materialdaten und deren Nutzung durch Data-Mining-Methoden, da sich hiermit während des Prozesses umfangreiche Informationen erfassen beziehungsweise ableiten lassen. In Kombination mit den weiteren Teilvorhaben wird so ein Datenstrom bereitgestellt, welcher neben Informationen über die Formabweichung und Oberflächentemperatur des Extrudats auch die verwendeten Prozessparameter und die Materialzusammensetzung liefert. Durch Verknüpfen dieser Daten lässt sich der Extrusionsprozess umfassend abbilden. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse tragen zur Entwicklung eines Digitalen Zwillings des Prozesses bei und eröffnen durch ein besseres Prozessverständnis die Möglichkeiten für eine Prozessautomatisierung und damit Ausschussreduktion.	

DiProMag

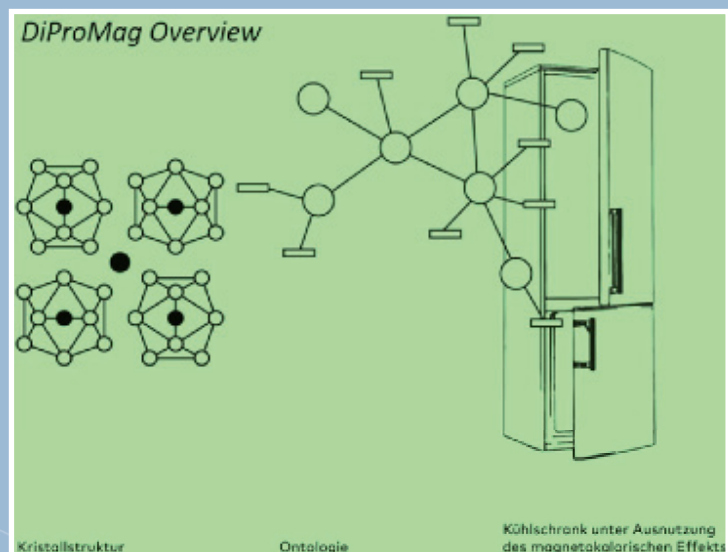
DIGITALISIERUNG EINER PROZESSKETTE ZUR HERSTELLUNG, CHARAKTERISIERUNG UND PROTOTYPISCHEN ANWENDUNG MAGNETOKALORISCHER LEGIERUNGEN

Projektlaufzeit: 01.02.2021 – 31.01.2024



KONSORTIALPARTNER

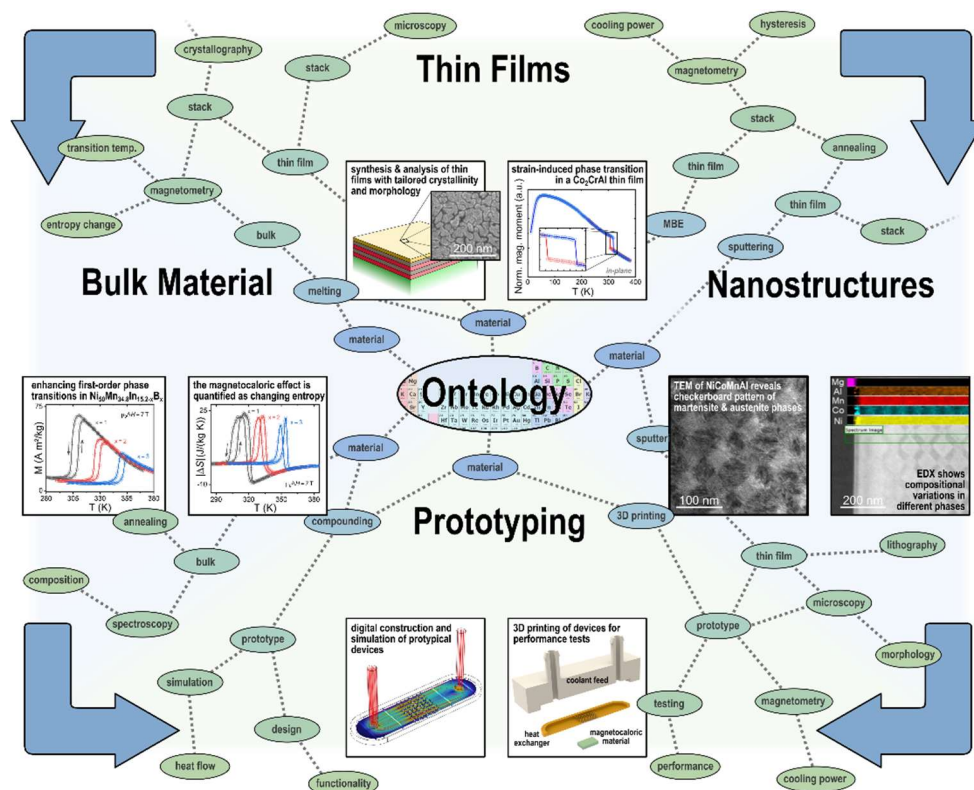
- Hochschule Bielefeld
- Universität Bielefeld



Kurzfassung

Damit die Klima-Anlage nicht zum Klima-Killer wird – mit digitalen Methoden zur klimaverträglichen Kühlung der Zukunft

Die gesamte Klimatechnik, aber auch aktuelle und zukünftige Schlüsseltechnologien wie Künstliche Intelligenz oder Quantencomputer, sind ohne Heiz- und vor allem Kühlgeräte überhaupt nicht denkbar. Dies gilt für den Standort Deutschland, aber in noch größerem Maße für die USA, China oder Indien. Für die Verringerung des damit verbundenen CO₂-Ausstoßes sind alternative Kühl- und Heizkonzepte, die weniger Energie benötigen und umweltverträgliche Materialien nutzen, von großer Bedeutung. Mit den in diesem Projekt betrachteten sog. „magnetokalorischen“ Materialien sollen technische Innovationen gelingen, die zu einer strom-sparenden und umweltschonenden Kälteerzeugung beitragen – und das vom Privathaushalt bis zur industriellen Nutzung. Die Kälteerzeugung beruht dabei auf einer durch ein Magnetfeld steuerbaren Umwandlung der kristallinen Struktur der Materialien, bei der Energie freigesetzt oder gespeichert wird. Dieser Prozess kann die klassische Kälteerzeugung durch Kompression und Expansion in Kompressoren, häufig unter Verwendung von umweltschädlichen Kühlmitteln, ersetzen. Gemeinsam mit dem Industriepartner Miele soll die gesamte Prozesskette von der experimentellen Herstellung und Charakterisierung der magnetokalorischen Materialien über deren theoretische Beschreibung bis zum Aufbau eines Demonstrators realisiert und durchgehend digitalisiert werden. Basierend auf einem neuen Ansatz zur skalierbaren Entwicklung umfangreicher Ontologien werden alle Prozessdaten und verfolgten Absichten digital repräsentiert. Über ein spezielles Verfahren werden diese strukturierten und unstrukturierten Daten zum Trainieren eines hochdimensionalen Datenraumes verwendet, um über Analogieschlüsse vollständig digital neues Wissen über materialphysikalische Zusammenhänge zu gewinnen. Langfristiges Ziel ist der Aufbau einer digitalen magnetokalorischen Material-basis und deren Nutzung für die Entdeckung und Entwicklung besserer Materialeigenschaften, um zukünftig schneller, effektiver und kostengünstiger industrietaugliche Lösungen in kürzerer Zeit zu finden.



Abstract

So that the air-conditioning system does not become a climate killer - with digital methods for climate-friendly cooling of the future

The entire air-conditioning technology, but also current and future key technologies such as artificial intelligence or quantum computers, are inconceivable without heating and above all cooling equipment. This is true for Germany, but even more so for the USA, China and India. Alternative cooling and heating concepts that require less energy and use environmentally friendly materials are of great importance for reducing the associated CO₂ emissions. With the so-called "magnetocaloric" materials considered in this project, technical innovations should succeed that contribute to energy-saving and environmentally friendly refrigeration - from private households to industrial use. The generation of cold is based on a transformation of the crystalline structure of the materials that can be controlled by a magnetic field, during which energy is released or stored. This process can replace conventional refrigeration by compression and expansion in compressors, often using environmentally harmful refrigerants. Together with the industrial partner Miele, the entire process chain from the experimental production and characterisation of the magnetocaloric materials to their theoretical description and the construction of a demonstrator is to be realised and digitalised throughout. Based on a new approach for the scalable development of comprehensive ontologies, all process data and pursued intentions are digitally represented. Using a special procedure, these structured and unstructured data are used to train a high-dimensional data space in order to gain new knowledge about material-physical relationships in a completely digital way via analogy inferences. The long-term goal is to build up a digital magnetocaloric material base and use it for the discovery and development of better material properties in order to find industrially suitable solutions more quickly, effectively and cheaply in the future.

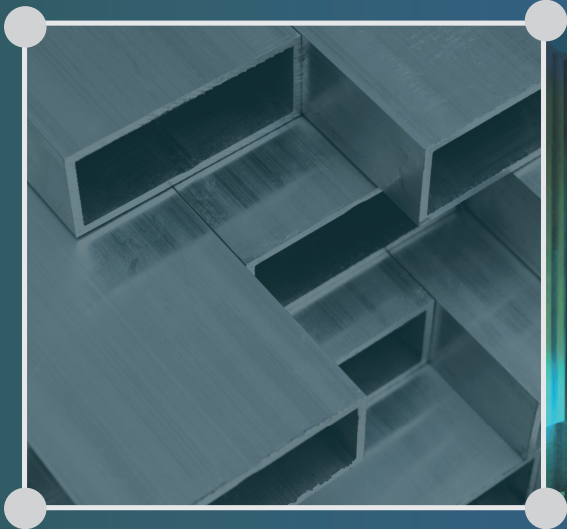
<https://www.material-digital.de/project/DiProMag>

Teilvorhaben Magnetokalorische Heuslerverbindungen und Ontologieentwicklung Additive Fertigung und Anwendung magnetokalorischer Materialien	
Hochschule Bielefeld	
Laufzeit des Vorhabens: 01.02.2021 - 31.05.2024	
https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/28691	Förderkennzeichen: 13XP5120A
https://doi.org/10.34657/27760	Datei: BMBF13XP5120A.pdf (2.82 MB)
Zusammenfassung Das Projekt DiProMag hatte zum Ziel, den Herausforderungen moderner Klimatechnik sowie den Anforderungen künftiger Schlüsseltechnologien wie Künstlicher Intelligenz und Quantencomputern zu begegnen – Bereiche, die ohne leistungsfähige, insbesondere effiziente Kühlung kaum denkbar sind. Ziel des Projekts war es, mithilfe der untersuchten magnetokalorischen Materialien technologische Innovationen zu erschließen, die eine energieeffiziente und umweltfreundliche Kühlung ermöglichen. Im Zentrum steht das Prinzip einer durch ein Magnetfeld ausgelösten Umwandlung der Kristallstruktur: Dabei wird Energie entweder freigesetzt oder gespeichert. Dieser Ansatz eröffnet eine nachhaltige Alternative zu konventionellen Kühltssystemen, die auf Kompression und Expansion beruhen und häufig auf umweltbelastende Kältemittel angewiesen sind. Das Team aus kooperierenden Partnern der Hochschule und Universität Bielefeld verfolgte in Zusammenarbeit mit dem Industriepartner Miele das ambitionierte Ziel, die gesamte Prozesskette – von der experimentellen Herstellung und Charakterisierung der magnetokalorischen Materialien über ihre theoretische Modellierung bis hin zur Entwicklung eines Demonstrators – vollständig zu digitalisieren. Dies erfolgte durch die Einführung eines neuen Ansatzes zur skalierbaren Entwicklung umfassender Ontologien, die alle Prozessdaten und Absichten digital abbilden. Verschiedene Heusler-Legierungen wurden experimentell als Modellsysteme für potenzielle Anwendungen in der magnetischen Kühlung untersucht. Templates auf Basis der OTTR-Technologie wurden entwickelt und implementiert, um das Wissen im Rahmen der Entwicklung einer Ontologie zu erfassen und semantisch darzustellen. Die Ontologie kann in Kombination mit unstrukturierten Daten genutzt werden, um ein Modell zu trainieren, das dann zur Vorhersage fehlender Fakten eingesetzt werden kann, was dazu beitragen kann, neue Erkenntnisse zu gewinnen und neue Hypothesen zu generieren. Darüber hinaus wurden Werkzeuge entwickelt, die die Datenerfassung in ontologische Strukturen automatisieren und beschleunigen. Es wurden Arbeitsabläufe implementiert, die eine schnelle, benutzerfreundliche theoretische und experimentelle Bewertung der magnetokalorischen Materialien auf der Grundlage von First-Principles-Berechnungen und Rohdaten ermöglichen. Langfristig besteht die Vision, eine digitale Datenbank für magnetokalorische Materialien zu schaffen, die die Entdeckung und Weiterentwicklung besserer Materialeigenschaften beschleunigt und optimiert. Mit dieser Datenbank soll ein Beitrag geleistet werden, um Fortschritte auf diesem Gebiet künftig schneller, effektiver und kostengünstiger zu erzielen.	

Teilvorhaben Magnetokalorische Heuslerverbindungen und Ontologieentwicklung Herstellung und Charakterisierung magnetokalorischer Materialien	
Universität Bielefeld	
Laufzeit des Vorhabens: 01.02.2021 - 30.04.2024	
https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/24701	Förderkennzeichen: 13XP5120B
https://doi.org/10.34657/23718	Datei: BMBF13XP5120B_NEU_2.pdf (3.24 MB)

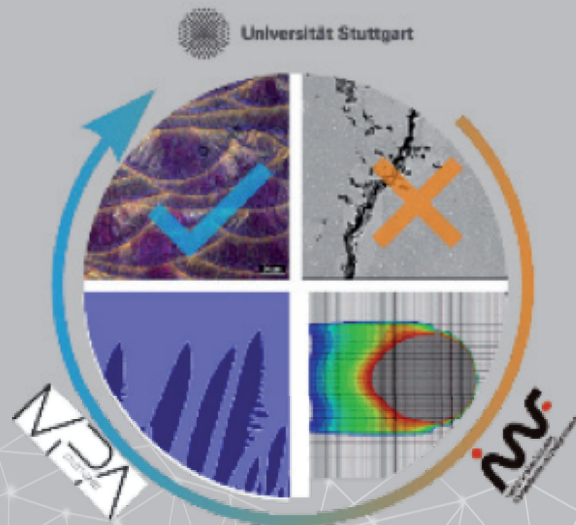
DIGITALE STRATEGIE ZUR ENTWICKLUNG VON NEUEN, HEISS- RISSWIDERSTANDSFÄHIGEN AL-PULVERLEGIERUNGEN FÜR SLM

Projektlaufzeit: 01.02.2021 – 31.01.2024



KONSORTIALPARTNER

- Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart (MPA)
- Universität Stuttgart - Institut für Materialprüfung, Werkstoffkunde und Festigkeitslehre (IMWF)



Kurzfassung

Neue Materialien für neue Verfahren

Der Metall-3D-Druck hat großes Potenzial für eine ressourcenschonende Produktion. Heute schon können mittels des Metall-3D-Drucks Maschinenteile ohne teure Werkzeuge, wie z.B. Schmiede- oder Gussformen, direkt aus Computerdaten hergestellt werden. Von diesen Möglichkeiten des Metall-3D-Drucks bewegt, sagte US-Präsident Barack Obama bereits 2013 dem Metall-3D-Druck eine große Bedeutung für die Wirtschaft voraus. Auch die deutsche Wirtschaft kann sich das Potenzial des Metall-3D-Drucks für eine ressourcenschonende und ökonomische Produktion zu Nutze machen.

Die geringe Werkstoffvielfalt ist bislang ein Hindernis zur vollen Ausschöpfung dieses Potenzial. Dies liegt darin begründet, dass beim Drucken mit vielen Werkstoffen Risse in den Maschinenteilen entstehen. Ziel des Projekts „DiStAl“ ist es, die Digitalisierung zu nutzen, um spezielle rissbeständigere Aluminium-Pulverlegierungen für den Metall-3D-Druck zu erforschen. Diese sind insbesondere für Leichtbauanwendungen interessant.

Um dies zu erreichen, forschen die Institute IMWF und MPA der Universität Stuttgart an einem speziellen ComputermodeLL des Materials und des Metall-3D-Druck-Prozesses (hier der SLM-Prozess, selektives Laserstrahlschmelzen). Das ComputermodeLL berücksichtigt physikalische Effekte, die im Nanometer- (Größenordnung der wechselwirkenden Atome) bis Millimeterbereich (Größe einer Stecknadel) wirken und das Ergebnis des Metall-3D-Drucks beeinflussen. Als Grundlage werden Daten experimentell erhoben und in ein Modell überführt, das schließlich verifiziert wird. Die grundlegende Idee wird bei Projekterfolg zu einem digitalen Werkzeug führen, das auf andere Materialien übertragen werden kann und damit die Einsatzmöglichkeiten des Metall-3D-Drucks erweitert.

Abstract

New materials for new processes

Metal 3D printing has great potential for resource-saving production. Today, metal 3D printing can already be used to produce machine parts directly from computer data without expensive tools such as forging or casting moulds. Moved by these possibilities of metal 3D printing, US President Barack Obama predicted as early as 2013 that metal 3D printing would be of great importance for the economy. The German economy can also take advantage of the potential of metal 3D printing for resource-saving and economical production.

The small variety of materials has so far been an obstacle to fully exploiting this potential. This is due to the fact that printing with many materials causes cracks in the machine parts. The aim of the "DiStAl" project is to use digitisation to research special crack-resistant aluminium powder alloys for metal 3D printing. These are particularly interesting for lightweight construction applications.

To achieve this, the IMWF and MPA institutes at the University of Stuttgart are researching a special computer model of the material and the metal 3D printing process (in this project the SLM process, Selective Laser Melting). The computer model takes into account physical effects that act in the nanometre (scale of the interacting atoms) to millimetre range (size of a pin) and influence the result of metal 3D printing. As a basis, data is collected experimentally and transferred into a model that is finally verified. If the project is successful, the basic idea will lead to a digital tool that can be transferred to other materials and thus expand the possible applications of metal 3D printing.

<https://www.material-digital.de/project/DiStAl>

Teilvorhaben Systematisierung und Untersuchung der Prozess- und Legierungseinflüsse auf den Heißrisswiderstand von Al-Pulverlegierungen im SLM-Verfahren	
Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart (MPA)	
Laufzeit des Vorhabens: 01.02.2021 - 31.01.2024	
https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/22299	Förderkennzeichen: 13XP5115A
https://doi.org/10.34657/21316	Datei: BMBF13XP5115A.pdf (4.85 MB)
Zusammenfassung Das Leichtbaupotenzial von Aluminiumlegierungen kann im Laser Powder Bed Fusion Prozess (PBF-LB/M) nicht vollständig ausgenutzt werden, da die Materialauswahl auf einige wenige Legierungen begrenzt ist, welche nur ein geringes Produkt von Festigkeit und Bruchdehnung besitzen. Ein zentrales Hindernis dafür stellt der Heißrisswiderstand hochfester Aluminiumlegierungen dar, der die Verarbeitbarkeit weitestgehend auf die aktuell verwendeten eutektischen bzw. naheutektischen Legierungen AlSi12 und AlSi10Mg beschränkt. Heißrisse entstehen bei der Erstarrung während des Phasenübergangs von flüssig nach fest, genau zu dem Zeitpunkt, an dem die Schmelze keine Duktilität aufweist und durch die, bei der Abkühlung induzierten, Dehnung versagt. Dieser Zeitpunkt bzw. das Entstehen des Risses ist wiederum abhängig von der Werkstoffzusammensetzung und von den Abkühlbedingungen, die durch den Prozess vorgegeben werden. Einen Ansatz, diese Wirkzusammenhänge nachvollziehen zu können, bietet die interdisziplinäre Entwicklung einer Ontologie sowie eine skalenübergreifende Simulationsmethodik. Ziel des Projekts ist es demnach, eine solche digitale Strategie zu entwickeln, die den Heißrisswiderstand von binären Al-Mg-Legierungen bewertbar macht. Im Kern steht dabei die Ausarbeitung einer umfassenden Ontologie, die die Wirkzusammenhänge des PBF-LB/M-Prozesses abbildet. Auf dieser Grundlage wird ein skalenübergreifender digitaler Simulationsworkflow erarbeitet, welcher in einen digitalen Zwilling der zu bewertenden Legierung im Herstellungsprozess resultiert und dessen Heißrisswiderstand bewertet. Anhand dieses Simulationsworkflows lässt sich die Anwendbarkeit von Legierungen, innerhalb des binären Al-Mg-Legierungssystems, für den PBF-LB/M-Prozess beurteilen. Perspektivisch soll die so entwickelte Methode auch auf komplexere Legierungssysteme und langfristig auch auf andere Werkstoffgruppen wie Nickelbasislegierungen und Stähle übertragen werden.	

Teilvorhaben Molekulardynamische Untersuchung des Heißrisswiderstands in Al-Pulverlegierungen unter Berücksichtigung von SLM-spezifischen Randbedingungen	
Universität Stuttgart - Institut für Materialprüfung, Werkstoffkunde und Festigkeitslehre (IMWF)	
Laufzeit des Vorhabens: 01.02.2021 - 30.04.2024	
https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/22481	Förderkennzeichen: 13XP5115B
https://doi.org/10.34657/21498	Datei: BMBF13XP5115B.pdf (3.83 MB)
Zusammenfassung Im Teilprojekt des IMWF werden Molekulardynamik (MD)-Simulationen zu zweiphasigen Zugversuchen, zu Versagen durch Kavitation und zum Dendritenwachstum durchgeführt, deren Ergebnisse, wie beispielsweise die zur Entstehung von Kavitationsporen erforderliche Spannung in Abhängigkeit der Mg-Konzentration, in die Aufstellung eines Kriteriums zur Heißrissentstehung einfließen können.	

GlasDigital

DATENGETRIEBENER WORKFLOW FÜR DIE BESCHLEUNIGTE ENTWICKLUNG VON GLAS



Projektlaufzeit: 01.02.2021 – 31.01.2024



KONSORTIALPARTNER

- Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin
- Technische Universität Clausthal - Institut für Nichtmetallische Werkstoffe (INW)
- Friedrich-Schiller-Universität, Jena
- Fraunhofer-Institut für Silicatforschung (ISC), Würzburg



Kurzfassung

Vollautomatisches intelligentes Expertensystem zur Hochdurchsatz-Glasentwicklung

Im Rahmen des Verbundvorhabens GlasDigital wurden digitale Werkzeuge für die Entwicklung neuartiger Glaswerkstoffe erarbeitet. Heutige Verfahren der Erzeugung von Gläsern mit verbesserten Eigenschaften sind aufgrund des geringen Automatisierungsgrades in der Regel sehr kosten- und energieintensiv und unterliegen langen Entwicklungszyklen. Besondere Herausforderungen ergeben sich aus der breiten Variabilität möglicher chemischer Zusammensetzungen, den für das Erschmelzen notwendigen hohen Prozesstemperaturen sowie der Erstellung geeigneter Schnittstellen zu künstlich-intelligenten Steuerungseinrichtungen. Durch den Einsatz robotischer Syntheseverfahren in Kombination mit selbstlernenden Maschinen sollen diese Probleme nachhaltig überwunden werden. Die Entwicklung neuartiger Gläser – zum Beispiel mit einer höheren mechanischen Festigkeit – kann dann nicht nur erheblich beschleunigt, sondern auch mit sehr viel geringerem Aufwand durchgeführt werden.

Abstract

Fully automated intelligent expert system for high-throughput glass development

Within the joint project GlasDigital, digital tools for the development of novel glass materials were developed. Current processes for the production of glasses with improved properties are usually very cost- and energy-intensive due to the low degree of automation and are subject to long development cycles. Particular challenges arise from the wide variability of possible chemical compositions, the high process temperatures required for melting and the creation of suitable interfaces to artificially intelligent control devices. The use of robotic synthesis processes in combination with self-learning machines is intended to overcome these problems in the long term. The development of new types of glass - for example with higher mechanical strength - can then not only be accelerated considerably, but also carried out with much less effort.

<https://www.material-digital.de/project/GlasDigital>

Teilvorhaben Inline Sensorik und Analytik für robotergestützte Hochdurchsatz-Glasschmelzsysteme	
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin	
Laufzeit des Vorhabens: 01.02.2021 - 31.07.2024	
https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/29409	Förderkennzeichen: 13XP5122A
https://doi.org/10.34657/21498	Datei: BMBF13XP5122A.pdf (1.31 MB)
Zusammenfassung Das Gesamtverbundvorhaben sollte die Grundlagen für den Aufbau einer Ontologie-basierten digitalen Infrastruktur zur Hochdurchsatz (HD)-Glaserentwicklung legen. Dabei sollten insbesondere auch die Grundlagen für eine ontologische Beschreibung der Materialklasse Glas und der gesamten Prozesskette erarbeitet werden. Den Kondensations- und Ausgangspunkt dieser Infrastruktur bildete die robotergestützte Glasschmelzanlage der BAM. Ein wesentliches Ziel des TV1 (AP5) war daher die Entwicklung spezieller inline-Sensorik zur Prozesssteuerung und zur Erfassung aller Prozessgrößen der Glasschmelze. Dazu sollte optische inline-Sensorik sowie ML-Algorithmen zur Überwachung und Optimierung des Schmelz- und Gießprozesses installiert, getestet und evaluiert werden, die Protokolle der Roboterschmelzanlage entsprechend angepasst, sowie die Prozessparameter in den Ontologie-basierten Datenraum integriert werden. Eine zweite Zielstellung (AP6) umfasste die Entwicklung, Evaluierung und Integration von Tools für HD-Analysen zur Charakterisierung von Basiseigenschaften der Gläser. Dabei sollten HD-Verfahren zur Bestimmung der Glaszusammensetzung, Homogenität, thermischen Eigenschaften, Dichte sowie die automatisierte Erfassung und Auswertung von Raman-Spektren adressiert werden. Schließlich sollten im Rahmen des AP8 Viskositätsmessungen an ausgewählten Gläsern erfolgen.	

Teilvorhaben Erforschung Bildanalyse und Analytik von Gläsern beim automatisierten Guss	
Technische Universität Clausthal - Institut für Nichtmetallische Werkstoffe (INW)	
Laufzeit des Vorhabens: 01.02.2021 - 31.01.2024	
	Förderkennzeichen: 13XP5122B
https://doi.org/10.2314/KXP:1928287867	Datei: TIBKAT_1928287867.pdf
Zusammenfassung Ziel des TV3 war die Entwicklung bildgestützter Inlinesensorik zur Überwachung und Optimierung des Schmelzprozesses in robotergestützten vollautomatischen Schmelzsystemen zur Hochdurchsatzentwicklung von Gläsern. Dabei sollten mittels optischer Systeme u.a. kritische Zustände, wie zu starke Schaumbildung und ein Guss bei nicht ausreichender Fließfähigkeit verhindert werden. Hierzu wurde in enger Abstimmung mit der BAM ein kameraüberwachtes Ofensystem aufgebaut und baugleich in die robotische Schmelzanlage der BAM integriert. Durch die Entwicklung einer ML-basierten Bildauswertung konnten so unterschiedliche Phasen, wie das Einschmelzen fester Gemengebestandteile, das Aufschäumen gasförmiger Reaktionsprodukte und das Erreichen der klaren Schmelze in Echtzeit detektiert werden. Dies ermöglicht neben der Verhinderung kritischer Schaumbildung auch die Optimierung der Gemenge-Nachlegeschritte und so die Verringerung des Energieaufwandes der Schmelze. Eine weitere neuentwickelte Bildauswertesoftware ermittelt die Grauwertunterschiede aufeinanderfolgender Videobilder der Schmelze unmittelbar nach einer mechanischen Anregung des Tiegels im Ofen und erlaubt so die Bewertung der Gießfähigkeit in Echtzeit (alle 8 Sekunden).	

Die eingesetzte Technik und die entwickelten Verfahren sind auch in andere Laboröfen integrierbar und können so über die Projektziele hinaus wichtige Beiträge zur Prozessoptimierung und Energieeinsparung leisten.

Teilvorhaben

Workflow Engine und Ontologie für die beschleunigte Glasentwicklung

Friedrich-Schiller-Universität, Jena

Laufzeit des Vorhabens: 01.02.2021 - 31.07.2024

<https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/28832>

Förderkennzeichen:
13XP5122C

<https://doi.org/10.34657/27901>

Datei: BMBF13XP5122C.pdf
(224.28 KB)

Zusammenfassung

Die größte Herausforderung bei der Glasentwicklung liegt in der zeitaufwändigen und ineffizienten Natur der bestehenden Methoden, die sich überwiegend auf empirische Trial-and-Error-Ansätze und klassische Experimente stützen. Diese Methoden sind nicht nur arbeitsintensiv, sondern nutzen bisher auch die Fortschritte bei digitalen Werkzeugen, Datenwissenschaft und Automatisierung nicht systematisch. Darüber hinaus schränkt das Fehlen einer einheitlichen digitalen Infrastruktur zur Verknüpfung von experimentellen Daten, Vorhersagemodellen und Prozessparametern die Fähigkeit ein, Glaszusammensetzungen effizient und reproduzierbar zu optimieren.

Das Ziel dieses Projekts war es, diese Probleme durch die Schaffung einer ontologiebasierten digitalen Infrastruktur zur Unterstützung der Entwicklung von Hochdurchsatz-(HD)-Glas in Deutschland zu lösen. Diese Infrastruktur zielt darauf ab, automatisierte Systeme wie Robotik und Inline-Sensoren mit Algorithmen des maschinellen Lernens (ML) zu kombinieren, um die Abhängigkeit von herkömmlichen Methoden drastisch zu reduzieren.

In diesem Zusammenhang konzentriert sich dieses Teilprojekt auf zwei Hauptaufgaben:

1. Die Entwicklung der Ontologie für die Materialklasse Glas sowie die Einrichtung des entsprechenden Datenraums und dessen Auswertung.
2. Untersuchung physikalischer Zusammenhänge im Datenraum mit Methoden des maschinellen Lernens (ML), Tests, Auswahl und Implementierung geeigneter ML-Algorithmen sowie Demonstration an geeigneten Schnittstellen der robotergestützten Glasherstellung.

Teilvorhaben

Aufbau kohärenter Datenräume, C-S-P-Modellierung von Gläsern und Anbindung an die Roboterschmelzanlage

Fraunhofer-Institut für Silicatforschung (ISC), Würzburg

Laufzeit des Vorhabens: 01.02.2021 - 31.07.2024

<https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/30477>

Förderkennzeichen:
13XP5122D

<https://doi.org/10.34657/29546>

Datei: BMBF13XP5122D.pdf
(5.67 MB)

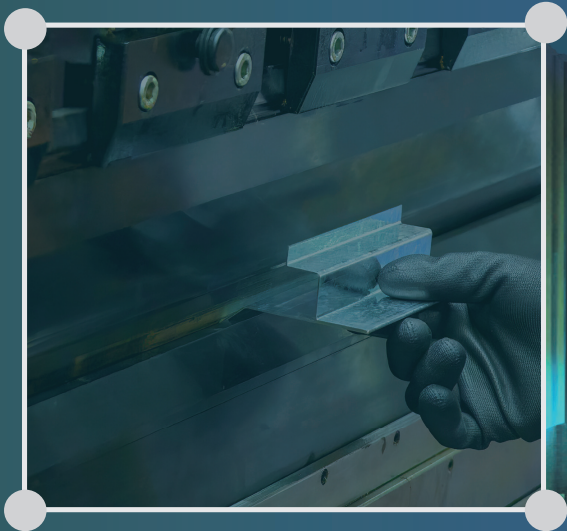
Zusammenfassung

Im Projekt GlasDigital sollte durch eine Kombination eines datengetriebenen Workflows mit einer beschleunigten Glasfertigung sowie einer automatisierten Glaseigenschaftsanalyse eine deutlich beschleunigte und verbesserte Glasentwicklung ermöglicht werden. Hierbei wurde auf eine schon vor einigen Jahren am Fraunhofer ISC entwickelte Glasscreening-Anlage zurückgegriffen, die

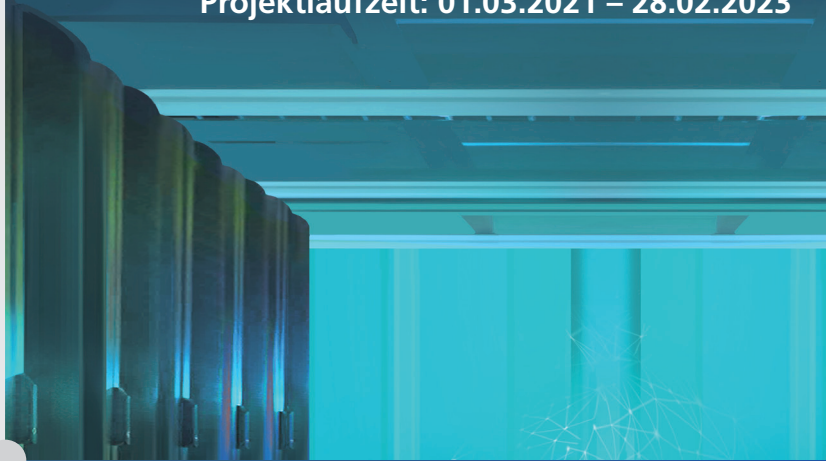
zwischenzeitlich deutlich weiterentwickelt wurde und schon zu Projektbeginn beim Projektpartner BAM vorhanden war. Konkret wurden seitens des Fraunhofer ISC folgende Aufgaben (Arbeitspunkte, APs) durchgeführt:

1. Aufbau eines Ontologie-basierten Glasdatenraums auf Basis eines semantischen Mediawikis mit Daten zur chemischen Zusammensetzung, zu Hochtemperatur-Prozessparametern und Eigenschaften aus zusätzlichen Strukturanalyse- und Simulationsergebnissen von verschiedenen Natrium-Aluminium-Boro-Silicat (NABS-) Gläsern und Anbindung an die Workflowumgebung. Die weltweit durchgeführte Datenextraktion erfolgt dabei nach Möglichkeit ML-gestützt.
2. Neuauslegung der Frontend- und Steuersoftware der robotergestützten Glasschmelzanlage auf Basis der bestehenden Frontend-Software "Glasplaner V1.3" und der bestehenden Steuersoftware "ScreenControl Center 2011" und Anbindung an die Workflowumgebung und die dort installierten Simulationsroutinen.
3. Spektroskopische (RAMAN- und NMR-) Erfassung neuer Strukturdaten von mittels robotergestützter Glasschmelzanlage hergestellter NABS-Gläser.
4. C-S-P -Modellierung (Composition-Structure-Property) von NABS-Gläsern (Na-Al-B-Si)-Gläser) unter Verwendung der neuen spektroskopischen Analyseergebnisse und Einbindung der Struktur- und Eigenschaftsdaten in die Datenbank und Schmelzanlage.

INTELLIGENT-DATENGEFÜHRTES PROZESSDESIGN FÜR ERMÜDUNGSRESISTENTE STAHLBAUTEILE AM BEISPIEL BAINITISCHER MIKROSTRUKTUR



Projektlaufzeit: 01.03.2021 – 28.02.2023



KONSORTIALPARTNER

- Ruhr-Universität Bochum – ICAMS
- Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM, Freiburg
- RWTH Aachen - Institut für Eisenhüttenkunde IEHK



Kurzfassung

Mit Hilfe künstlicher Intelligenz zur Optimierung langlebiger Stahlbauteile

Künstliche Intelligenz revolutioniert viele Bereiche unseres täglichen Lebens, angefangen von personalisierter Internetwerbung über selbstfahrende Automobile bis hin zu selbstoptimierenden Industrieanlagen. Das Projekt iBain hat sich zum Ziel gesetzt, künstliche Materialintelligenz zur Optimierung hochfester Stähle zu etablieren. Bainit, ein bestimmtes Stahlgefüge, hat aufgrund seiner komplexen inneren Struktur herausragende mechanische Eigenschaften, die bei der Herstellung bewusst eingestellt werden können. Diese innere Struktur stellt bereits höchste Anforderungen an Analyse und Interpretation. Deshalb wird automatische Mustererkennung und Simulationen zur Ergänzung experimenteller Befunde eingesetzt. Statistische Methoden der Versuchsplanung (sogenanntes „Design of Experiments“) helfen, Experimente und Simulationen zu planen, sowie Redundanzen zu vermeiden. Schließlich wird eine automatisierte Steuerung des Arbeitsablaufs und Datenflusses etabliert: „automated workflow“. Als Ergebnis wird ein maßgeschneiderter Produktionsablauf vorgeschlagen, um optimierte Erzeugnisse mit überlegenen Eigenschaften produzieren zu können. Durch beschleunigte und vereinfachte Produktentwicklung wird somit zur Sicherung von Arbeitsplätzen am Hochlohnstandort Deutschland und zu einer nachhaltigen Industrieproduktion beigetragen.

Abstract

Using artificial intelligence to optimise durable steel components

Artificial intelligence is revolutionising many areas of our daily lives, from personalised internet advertising to self-driving cars and self-optimising industrial plants. The iBain project aims to establish artificial material intelligence for optimising high-strength steels. Bainite, a specific steel structure, has outstanding mechanical properties due to its complex inner structure, which can be deliberately adjusted during production. This internal structure already places the highest demands on analysis and interpretation. Therefore, automatic pattern recognition and simulations are used to complement experimental findings. Statistical methods of experimental design (so-called "Design of Experiments") help to plan experiments and simulations, as well as to avoid redundancies. Finally, an automated control of the workflow and data flow is established: "automated workflow". As a result, a customised production flow is proposed to produce optimised products with superior properties. Accelerated and simplified product development thus contributes to securing jobs in Germany as a high-wage location and to sustainable industrial production.

<https://www.material-digital.de/project/iBain>

Teilvorhaben Virtuelles Prozessieren und KMI-basierte Mikrostrukturanalyse	
Ruhr-Universität Bochum - ICAMS	
Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2021 - 31.07.2023	
	Förderkennzeichen: 13XP5118A
https://doi.org/10.2314/KXP:1915238714	Datei: TIBKAT_1915238714.pdf
Zusammenfassung Bainitische Stähle stellen technologisch wichtige Werkstoffe dar, deren Ermüdungseigenschaften stark von der Mikrostruktur abhängen, die wiederum höchst sensitiv vom Herstellungsprozess abhängt. Dabei sind bainitische Mikrostrukturen hierarchisch mehrskalig und weisen Struktureigenschaften bis hinunter zur Nanoskala auf. Deshalb ist bereits die experimentelle Charakterisierung höchst komplex und stark von der subjektiven Erfahrung des Experimentators abhängig. Demzufolge stellen bainitische Stähle ein optimales Fallbeispiel dar, das sich sehr einfach auf einfachere Fälle übertragen lässt. Mittels KMI soll ein substanzieller Fortschritt in mehrere Hinsichten erzielt werden: • Einen systematischen Zugang zur Charakterisierung der Mikrostrukturen. • Reduzierung des „menschlichen Faktors“. • Aufdeckung unbekannter Zusammenhänge außerhalb des Kanons klassischer Metallurgie. • Korrelation Prozess → Mikrostruktur → Materialeigenschaften / Lebensdauer. • Schaffung der Voraussetzungen für intelligent-datengeführtes Prozessdesign. Ein kurzfristiger Mehrwert für die Industrie besteht in dem automatisierten Workflow-Managementsystem, das auch ohne tieferes Expertenwissen auf eigene Material-Prozess Systeme anwendbar sein wird und damit bestehenden und zukünftigen Datensammlungen einen erheblichen Wert verschafft. Ein langfristiger Mehrwert in der signifikanten Verkürzung von Entwicklungszeiten neuer Prozesse und Materialien.	

Teilvorhaben KMI-gestützte digitale Workflows zur Detektion und Vorhersage von Ermüdungsschädigung basierend auf einem Materialwissensgraphen	
Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM, Freiburg	
Laufzeit des Vorhabens: 01.03.2021 - 28.02.2023	
https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/34455	Förderkennzeichen: 13XP5118B
https://doi.org/10.34657/33523	Datei: Schlussbericht_13XP5118B_iBain.pdf (2.39 MB)

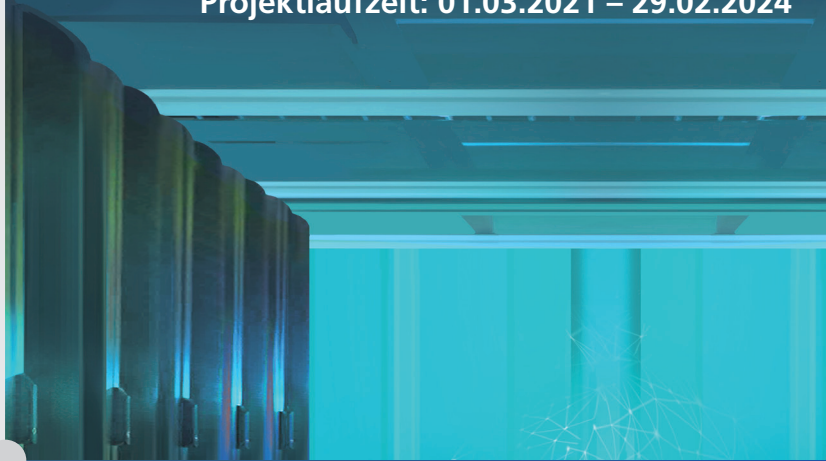
Teilvorhaben Prozesstechnische Einstellung und digitale Abbildung ermüdungsresistenter bainitischer Mikrostrukturen	
RWTH Aachen - Institut für Eisenhüttenkunde IEHK	
Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2021 - 31.07.2023	
	Förderkennzeichen: 13XP5118C
	Datei:
Zusammenfassung Stähle mit bainitischer Mikrostruktur bieten einerseits eine breite Skala an mechanischen Eigenschaften, andererseits ist der Zusammenhang zwischen diesen Eigenschaften und den zugehörigen Prozessparametern der Wärmebehandlung nicht ohne weiteres möglich. Aufgrund des oftmals komplexen Bainits sind moderne Charakterisierungsmethoden und Expertenwissen nötig, um ein Verständnis aufzubauen, inwiefern die Wärmebehandlung zu Eigenschaftsvariationen führt. Dieses Vorgehen ist allerdings anfällig für subjektive Einschätzungen des Experten. Deshalb stellen Ansätze der KMI (künstliche Materialintelligenz) eine vielversprechende Alternative dar, um bainitische Stähle besser zu verstehen und deren Eigenschaften präziser zu kontrollieren. Mittels KMI wird die Charakterisierung bainitischer Stähle durch Kombination von experimentellen und Simulations-basierten Methoden mit einer digitalen, maschinen-lesbaren Beschreibung standardisiert. Dadurch wird eine breite Nutzung im industriellen Umfeld ermöglicht, die sich bis heute v.a. auf das akademische Umfeld beschränkt.	

KNOW-NOW

KERAMISCHE MULTILAYER-ENTWICKLUNG DURCH NEUGESTALTUNG ONTOLOGIE-BASIERTER WISSENSSYSTEME



Projektlaufzeit: 01.03.2021 – 29.02.2024



KONSORTIALPARTNER

- Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin
- TU Berlin - Fachgebiet Industrielle Informationstechnik
- Ernst-Abbe-Hochschule Jena
- Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS, Dresden



Kurzfassung

Robuste Elektronik für Kommunikation und Automobil

Technische Keramiken werden in der Mikroelektronik häufig eingesetzt, wenn das zu fertigende Bauteil hohen Belastungen wie beispielsweise Temperaturschwankungen ausgesetzt ist. Um den technischen Anforderungen in den Bereichen Telekommunikation, Sensorik oder Automobil gerecht werden zu können, müssen häufig viele verschiedene keramische Schichten mit aufgedruckten Metallstrukturen miteinander verbunden werden („Multilayertechnologie“). Aufgrund der komplexen Wechselwirkungen zwischen den Materialien in den zahlreichen Fertigungsschritten erfordert die Entwicklung innovativer Bauteilkonzepte zeitaufwendige und kostenintensive experimentelle Versuchsreihen.

Ziel des Projektes dabei ist es, Expertenwissen für Ingenieure und Entwickler verfügbar zu machen, um Materialanpassungen und Bauteilentwicklungen zukünftig zu beschleunigen. Dafür wird eine erweiterbare Ontologie für die keramische Multilayertechnik erarbeitet, die materialbezogene und technologische Daten mit Simulationen automatisiert verknüpft und für ingenieurstechnische Fragestellungen auswertbar ist. Als Fallbeispiele werden zwei anspruchsvolle Designs vom Pulver bis zum Bauteil experimentell realisiert und begleitend simuliert. Die relevanten Daten werden dabei durchgängig erfasst, Zusammenhänge und Entscheidungsszenarien werden erstmals in Form einer Ontologie abgebildet. Die Projektergebnisse werden Unternehmen der keramischen Industrie zur Verfügung stehen, um künftige Produktentwicklungen beispielsweise im Bereich Energietechnik schnell zur Marktreife zu führen und damit einen möglichst frühen Markteinstieg zu ermöglichen.

Abstract

Robust electronics for communication and automotive

Technical ceramics are often used in microelectronics when the component to be manufactured is exposed to high stresses such as temperature fluctuations. In order to meet the technical requirements in the fields of telecommunications, sensor technology or automobiles, many different ceramic layers often have to be bonded together with imprinted metal structures ("multilayer technology"). Due to the complex interactions between the materials in the numerous manufacturing steps, the development of innovative component concepts requires time-consuming and cost-intensive experimental test series.

The aim of the project is to make expert knowledge available to engineers and developers in order to accelerate material adaptations and component developments in the future. To this end, an expandable ontology for ceramic multilayer technology is being developed, which automatically links material-related and technological data with simulations and can be evaluated for engineering questions. As case studies, two sophisticated designs from the powder to the component will be experimentally realised and simulated. The relevant data will be recorded continuously, and interrelationships and decision scenarios will be mapped in the form of an ontology for the first time. The project results will be available to companies in the ceramics industry in order to quickly bring future product developments, for example in the field of energy technology, to market maturity and thus enable the earliest possible market entry.

<https://www.material-digital.de/project/KNOW-NOW>

Teilvorhaben Simulation des Laminierprozesses und Multilayerfertigung	
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin	
Laufzeit des Vorhabens: 01.03.2021 - 31.08.2024	
https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/27563	Förderkennzeichen: 13XP5123A
https://doi.org/10.34657/26794	Datei: BMBF13XP5123A.pdf (1.15 MB)
Zusammenfassung Die (keramische) Multilayertechnik ist aufgrund der Kompaktheit und Robustheit von Multilayer-komponenten eine Schlüsseltechnologie in verschiedenen Anwendungsbereichen, unter anderem keramische Vielschichtkondensatoren (MLCC) in der Mikroelektronik, planare Festoxidbrennstoff/-elektrolysezellen (SOFC/SOEC) für power-to-gas-Anlagen, sowie Steuergeräte in der Automobilindustrie und Schaltungsträger für Hochfrequenzanwendungen (Antennen, Filter, etc.) in der Telekommunikation. Die zugrundeliegende Entwicklungsarbeit ist aufgrund der mehrschrittigen Technologie sehr komplex und bisher nur bedingt auf Produktinnovationen übertragbar. Gleichzeitig werden im akademischen Bereich kontinuierlich neue Werkstoffvarianten vorgestellt, die jedoch nur selten den Übergang vom Labor zur industriellen Verwertung schaffen. Das Projekt KNOW-NOW verfolgt das übergeordnete Ziel, digitale Werkzeuge zu implementieren, die experimentelle Daten aus der Werkstoffentwicklung und Multilayertechnik zusammenführen und für die industrielle Anwendung schneller nutzbar machen. Dieses Ziel wird erreicht durch die Entwicklung einer Ontologie und die darauf basierende Verknüpfung realer technologischer Daten und Werkstoffeigenschaften mit Simulationsmodellen. Die entwickelte Ontologie vereinheitlicht darüber hinaus die vorhandenen Daten und macht diese anhand Ihrer Metadaten und Semantik für Dritte transparent und ermöglicht grundsätzlich eine Weiternutzung für die Entwicklung und Produktion keramischer Produkte in Forschung und Industrie. Die Entwicklung der digitalen Werkzeuge erfolgt parallel zur experimentellen Entwicklung von Bauteil-Demonstratoren für zwei Anwendungsfälle: 1) Mehrlagensubstrate mit hohem Metallisierungsanteil und 2) Multilayer-Induktivitäten mit integrierten Ferrit-Lagen.	

Teilvorhaben Daten und Modellintegration, Ontologieaufbau und Wissensbereitstellung	
TU Berlin - Fachgebiet Industrielle Informationstechnik	
Laufzeit des Vorhabens: 01.03.2021 - 31.08.2024	
https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/30719	Förderkennzeichen: 13XP5123B
https://doi.org/10.34657/29788	Datei: BMBF13XP5123B.pdf (644.12 KB)
Zusammenfassung Das Verbundprojekt KNOW-NOW verfolgte das Ziel, die Entwicklung keramischer Multilayer-Bauteile durch den Einsatz von Ontologien effizienter zu gestalten. Dabei wurden experimentelle Daten, Prozessparameter und Simulationsmodelle entlang der gesamten Fertigungskette – vom Pulver bis zum Bauteil – semantisch verknüpft. Die zentrale Herausforderung bestand darin, domänenspezifisches Wissen, das bisher verteilt und implizit vorlag, systematisch in einer maschinenlesbaren und anwenderfreundlichen Form bereitzustellen. Im Rahmen des Teilvorhabens KnowNow-O hatte die TU Berlin die Aufgabenstellung eine Ontologie für keramische Multilayer-Bauteile zu entwickeln, um die Integration von materialspezifischen und technologischen Daten zu unterstützen sowie Simulationen für Forecasts zu integrieren. Die Ontologie ermöglicht die systematische Analyse von ingenieurwissenschaftlichen Fragestellungen. Als	

Fallbeispiele dienten zwei Multilayer-Spulen, die durch die Partner sowohl experimentell realisiert als auch simuliert wurden. Relevante Daten wurden systematisch erfasst und Zusammenhänge in Form einer Ontologie dargestellt.

Teilvorhaben

LTCC-integrierte Ferrit-Induktivitäten unter Nutzung Ontologie-basierter Wissenssysteme

Ernst-Abbe-Hochschule Jena

Laufzeit des Vorhabens: 01.03.2021 - 31.08.2024

<https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/27792>

Förderkennzeichen:
13XP5123C

<https://doi.org/10.34657/27022>

Datei:
BMBF13XP5123C_NEU.pdf
(3.62 MB)

Zusammenfassung

Das Projekt KNOW-NOW verfolgte das übergeordnete Ziel, digitale Werkzeuge zu implementieren, die experimentellen Daten aus der Werkstoffentwicklung und Multilayertechnik zusammenführen und für die industrielle Anwendung schneller nutzbar machen. Dieses Ziel wird erreicht durch die Entwicklung einer Ontologie und die darauf basierende Verknüpfung realer technologischer Daten und Werkstoffeigenschaften mit Simulationsmodellen zur Prognose des Sinterverhaltens. Das übergeordnete Arbeitsziel des Verbundes war es, durch die Bereitstellung geeigneter digitaler Werkzeuge Entwicklungsansätze in der Multilayertechnik, die bisher auf Empirie und domänenspezifischem Fachwissen basieren, in datenbasierte Entwicklungsansätze zu überführen. Das bedeutet, dass die Nutzung der digitalen Werkzeuge auch Dritten ohne spezifisches Domänenwissen ermöglichen soll, zielführende Entscheidungen hinsichtlich Werkstoff- und Parameterauswahl zu treffen und die Realisierbarkeit von Multilayerentwürfen a priori zu bewerten. Zielstellung des Gesamtvorhabens war die Entwicklung einer Basis-Ontologie sowie deren initiale Verwendung in einem digitalen Software-Prototypen, der zu Lösung verbreiteter Fragestellungen der keramischen Multilayertechnik entlang der Fertigungskette vom Pulver bis zum Bauteil unterstützt.

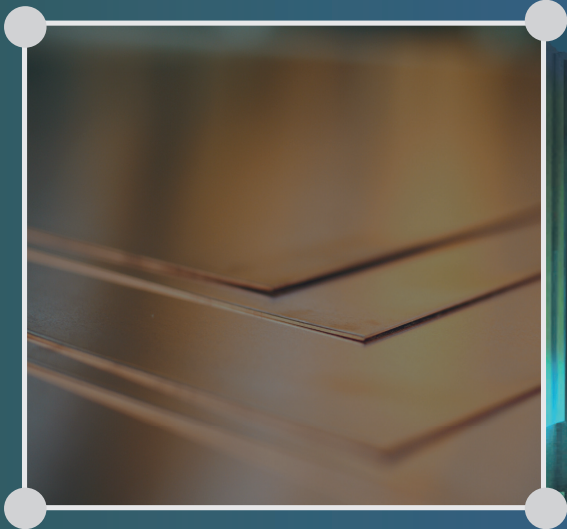
Für das Teilvorhaben LIFIT ist das Arbeitsziel, die im Zusammenhang mit der Integration von Ferritschichten in LTCC-Mehrlagenaufbauten für induktive Anwendungen benötigten Prozesse vom Ferritpulver bis zur Induktivität in datenbasierte Entwicklungsansätze zu überführen. Dazu müssen alle Parameter und Eigenschaften der Ferritpulver (Zusammensetzung, Morphologie, Additive, Schwindung, etc.) erfasst werden, da diese die Voraussetzung für die erfolgreiche Herstellung von Ferritfolien und LTCC-Mehrlagenkeramik mit integrierten Ferritschichten darstellen. Die Ferritpulver werden für das Foliengießen bereitgestellt. Nach dem Cofiring von LTCC- und Ferritlagen müssen Wechselwirkungen an den Grenzflächen charakterisiert werden. Die Funktionseigenschaften von aus den Ferritfolien hergestellten monolithischen und integrierten Spulen müssen auf Basis von Werkstoff- und Geometriedaten simuliert werden. Schließlich sind die Eigenschaften der hergestellten integrierten Ferritspulen zu charakterisieren. Alle Daten müssen in die Ontologie eingebracht werden.

Teilvorhaben LTCC-Folien und Mehrlagenprozess - Prozesssimulation und -validierung	
Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS, Dresden	
Laufzeit des Vorhabens: 01.03.2021 - 31.08.2024	
https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/30826	Förderkennzeichen: 13XP5123D
https://doi.org/10.34657/29895	Datei: BMBF13XP5123D.pdf (1.72 MB)
Zusammenfassung Das Projekt KNOW-NOW ordnet sich in die Initiative zur Digitalisierung der Materialforschung in Deutschland (<i>MaterialDigital</i>) ein und adressiert die Entwicklung keramikbasierter mehrschichtiger Multimaterialverbunde. Die (keramische) Multilayertechnik ist aufgrund der Kompaktheit und Robustheit von Multilayerkomponenten eine Schlüsseltechnologie in verschiedenen Anwendungsbereichen, unter anderem keramische Vielschichtkondensatoren (MLCC) in der Mikroelektronik, planare Festoxidbrennstoff/-elektrolysezellen (SOFC/SOEC) für power-to-gas-Anlagen, sowie Steuergeräte in der Automobilindustrie und Schaltungsträger für Hochfrequenzanwendungen (Antennen, Filter, etc.) in der Telekommunikation. Eine wesentliche Gemeinsamkeit aller Multilayerkonzepte ist die Kombination der Keramik mit anderen Werkstoffen. Bei der Kombination bzw. Integration verschiedener Werkstoffe und Werkstoffklassen müssen prinzipiell mechanische Fehlpassungen durch unterschiedliche Schwindung und thermische Ausdehnung, sowie Grenzflächenreaktionen beachtet werden. Die typischen Folgen dieser Effekte sind Rissbildung, Delamination, Verzug und Veränderung der physikalischen Eigenschaften. Hochintegrierte Multilayer und Multimaterialkonzepte können bisher größtenteils nur mit eng spezifizierten Materialpaarungen bzw. an einzelnen Fallbeispielen im Labormaßstab erfolgreich realisiert werden. Diese erfolgreichen Konzepte beruhen häufig auf einer Kombination von domänenspezifischem Fachwissen und Erfahrungen beteiligter Technologen. Das Projekt KNOW-NOW verfolgte das übergeordnete Ziel, digitale Werkzeuge zu implementieren, die experimentelle Daten aus der Werkstoffentwicklung und Multilayertechnik zusammenführen und für die industrielle Anwendung schneller nutzbar machen. Dieses Ziel wurde erreicht durch die Entwicklung einer Ontologie und die darauf basierende Verknüpfung realer technologischer Daten und Werkstoffeigenschaften mit Simulationsmodellen zur Prognose des Sinterverhaltens, insbesondere Verformung und Rissbildung. Die entwickelte Ontologie vereinheitlicht darüber hinaus die vorhandenen Daten und macht diese anhand Ihrer Metadaten und Semantik für Dritte transparent und ermöglicht grundsätzlich eine Weiternutzung für die Entwicklung und Produktion keramischer Produkte in Forschung und Industrie.	

KupferDigital

DATENÖKOSYSTEM FÜR DIE DIGITALE MATERIALFORSCHUNG AUF BASIS ONTOLOGIE-BASIERTER DIGITALER REPRÄSENTATIONEN VON KUPFER UND KUPFERLEGIERUNGEN

Projektlaufzeit: 01.03.2021 – 28.02.2024



KONSORTIALPARTNER

- fem Forschungsinstitut, Schwäbisch Gmünd
- Kupferverband e.V.
- Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin
- Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS, Halle
- Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf
- Institut für Angewandte Informatik InfAI, Leipzig
- Fraunhofer-Institut für für Werkstoffmechanik IWM, Freiburg



Kurzfassung

Der Lebenslauf von Kupfer wird digital — für innovatives Materialdesign bis zum Recycling

Kern des Projektes KupferDigital ist es, einen Demonstrator für ein digitales Daten-ökosystem zu erstellen, der der Digitalisierung der Materialforschung und der metallverarbeitenden Industrie als zukunftsfähige Plattform zur Verfügung stehen soll. Das Projekt KupferDigital entwickelt Methoden und Konzepte, um den Lebenszyklus am Beispiel von Kupfer – von der Erzgewinnung bis zum Recycling – digital zu erfassen. Grundlage ist die Entwicklung sogenannter Ontologien. Diese können als eine Art Wissensnetz verstanden werden. Sie dienen als gemeinsame Standards für die Beschreibung von Werkstoffen und technischen Vorgängen. Sie helfen bei der digitalen Erfassung von Prozessschritten sowie von Materialeigenschaften. Parallel dazu werden Konzepte für Datenstrukturen, die Speicherung und den Austausch von Werkstoffdaten über neu zu definierende Schnittstellen erarbeitet.

Über die Bereitstellung digitalisierter Lebenszyklen von Kupfer wird die Industrie bei der Produktentwicklung befähigt, neue Werkstoffentwicklungen frühzeitig zu bewerten, beispielsweise unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit. Kupfer kommt hier eine aktuelle Bedeutung zu, weil es für die digitale Transformation sowie die Energie- und Mobilitätswende von fundamentaler Bedeutung ist und somit von hohem gesellschaftlichem Wert. Die Projektziele sind sowohl auf weitere metallische Struktur- und Funktionswerkstoffe als auch auf andere Industriebereiche übertragbar.

Die Projektergebnisse werden im Rahmen der Aktivitäten der Innovationsplattform MaterialDigital allen Interessierten zur Verfügung gestellt.

Abstract

The life cycle of copper becomes digital - for innovative material design up to recycling

The core of the KupferDigital project is to create a demonstrator for a digital data ecosystem that will serve as a future-proof platform for the digitalisation of materials research and the metal processing industry. The KupferDigital project is developing methods and concepts to digitally record the life cycle using copper as an example - from ore extraction to recycling. The basis is the development of so-called ontologies. These can be understood as a kind of knowledge network. They serve as common standards for the description of materials and technical processes. They help with the digital recording of process steps and material properties. In parallel, concepts for data structures, storage and exchange of material data via newly defined interfaces are being developed.

The provision of digitised life cycles of copper will enable industry to evaluate new material developments at an early stage in product development, for example from the point of view of sustainability. Copper is of current importance here because it is of fundamental importance for the digital transformation as well as the energy and mobility revolution and thus of high social value. The project goals are transferable to other metallic structural and functional materials as well as to other industrial sectors.

The project results will be made available to all interested parties as part of the activities of the MaterialDigital innovation platform.

<https://www.material-digital.de/project/KupferDigital>

Teilvorhaben Legierungsentwicklung und Stranggießprozess	
fem Forschungsinstitut, Schwäbisch Gmünd	
Laufzeit des Vorhabens: 01.03.2021 - 28.02.2024	
https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/29466	Förderkennzeichen: 13XP5119A
https://doi.org/10.34657/28535	Datei: BMBF13XP5119A.pdf (1.92 MB)
Zusammenfassung Das Teilprojekt widmete sich der Digitalisierung der Legierungsentwicklung, der Herstellung und der Charakterisierung von Kupferlegierungen unter Berücksichtigung des und semantischer Datenmodelle. Die Digitalisierung der Material- und Prozessentwicklung erfolgte am Beispiel der Legierungsentwicklung, der Herstellung und Prozessierung von Kupferhalbzeugen sowie deren Charakterisierung. Dieser Demonstrator eignete sich hervorragend, um die Vorteile einer umfassenden Digitalisierung aufzuzeigen, denn die Halbzeugeigenschaften ergeben sich aus der Summe aller vorausgegangenen Prozesse. Durch eine konsequente Verknüpfung der Daten/Informationen aus den einzelnen Prozessen konnten neue Handlungsempfehlungen bzw. Wissen generiert werden. Im Folgenden sind die in der Domäne der Material- und Werkstoffwissenschaften zuordenbaren Prozesse beschrieben.	

Teilvorhaben Generierung, Transformation und Integration von Kupfer-Werkstoffdaten für das Ökosystem	
Kupferverband e.V., Düsseldorf	
Laufzeit des Vorhabens: 01.03.2021 - 30.06.2024	
https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/28550	Förderkennzeichen: 13XP5119B
https://doi.org/10.34657/27619	Datei: BMBF13XP5119B.pdf (1.53 MB)

Zusammenfassung

Das Verbundvorhaben „KupferDigital“ bietet, durch das Vernetzen und systematische Kurzschließen vorhandener Daten, die Lösung des Problems von Insel-Expertisen an. Dieser Vernetzung vor- und parallelgeschaltet ist die Identifizierung und Kontaktierung wichtiger Bereiche entlang der Wertschöpfungskette sowie die Sammlung und Katalogisierung teils verstreut und/oder nur rudimentär vorhandener Materialdaten. Die Vernetzungsleistung in Kombination mit der definierten Ontologie, primären Generierung und Bereitstellung ist Kernaufgabe dieses Teilprojektes.

Im Fokus des Vorhabens stehen Kupfer und seine Legierungen aufgrund deren besonderen Funktion für die Transformationsprozesse der neuen Zeit wie beispielsweise die Elektrifizierung der Mobilität und die Dekarbonisierung der Energie.

Die wichtigsten Inputgrößen zur Erreichung der Zielsetzung des Projektes sind die Definition und Beschreibung von Domänen der Wertschöpfungskette und der Transfer schon vorhandener Materialdaten in diese. Es ist derzeit noch üblich, dass Materialdaten empirisch gewonnen und als Inseln verwaltet werden.

Das hier adressierte Teilprojekt sichert den größtmöglichen Umfang und die bestmögliche Qualität in der Vernetzung und Interaktion an schon vorhandenen (empirisch gewonnenen) Daten, welche als Grundlage zur Modellierung neuer Architektur notwendig sind. Die Aufgabe beinhaltet die Clusterung der Daten und die Abgleichung sowie der Transfer in die neue Architektur. Wo benötigt und möglich, werden Datenlücken identifiziert und entsprechende Ergänzungsdaten implementiert.

Die Nachteile der Vielzahl nebeneinander existierender Datenbanken durch fehlende Übersichtlichkeit und mangelnde Zusammenhänge wird somit durch Ontologie basierte Digitalisierungsprozesse minimiert. Das schafft Vereinfachung, Transparenz, Zeitgewinn und Effizienz, die wichtige Parameter des Wettbewerbsvorteils darstellen.

Teilvorhaben

Ontologierweiterung normgerechte Werkstoffprüfung, Mechanische Kennwerte

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin

Laufzeit des Vorhabens: 01.03.2021 - 30.06.2024

<https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/26988>

Förderkennzeichen:
13XP5119C

<https://doi.org/10.34657/26223>

Datei: BMBF13XP5119C.pdf
(1.75 MB)

Zusammenfassung

Als ein Projekt, das im Rahmen der Initiative MaterialDigital gefördert wurde, bestand KupferDigital aus verschiedenen Partnern aus Wissenschaft und Industrie, um das Datenökosystem für die ontologiebasierte Digitalisierung des gesamten Lebenszyklus von Kupferwerkstoffen zu entwickeln, mit einem Schwerpunkt auf industrielle Anwendungen. In Bezug auf die Werkstoffprüfung als eine der Hauptkomponenten eines solchen Lebenszyklus arbeitete das BAM-Teilprojekt an der normenkonformen Entwicklung mehrerer Ontologien und der Erzeugung von Datensätzen für die mechanische Prüfung von Kupferlegierungen. Dabei standen insbesondere die Anforderungen an das Datenökosystem und dessen Umsetzbarkeit für die Bestimmung mechanischer Kennwerte zur Charakterisierung von Halbzeugeigenschaften aus Sicht eines akkreditierten mechanischen Prüflabors im Vordergrund. Zu den grundlegenden Aufgaben des Teilprojekts gehören die Entwicklung einer Ontologie für die gewünschten mechanischen Prüfverfahren gemäß der ISO/DIN-Normen, die Vorbereitung von Datensätzen für mechanische Prüfungen, die Konvertierung der Datensätze in die Ontologie, um sie in semantisch verarbeitbare und maschinenlesbare Daten umzuwandeln, und die Evaluierung des Datenökosystems durch den Prozess der Datendigitalisierung, -veröffentlichung und -abfrage.

Teilvorhaben Mikrostruktur und Eigenschaftskorrelation	
Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS, Halle	
Laufzeit des Vorhabens: 01.03.2021 - 28.02.2024	
https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/28749	Förderkennzeichen: 13XP5119D
https://doi.org/10.34657/27818	Datei: BMBF13XP5119D.pdf (1.34 MB)
Zusammenfassung Im Teilvorhaben „KupferDigital-Mikrostruktur und Eigenschaftskorrelation“ des Verbundprojekts KupferDigital stand die Entwicklung einer Material- und einer Prozessontologie für die ganzheitliche Beschreibung der Materialklasse „Kupfer und Kupferlegierungen“ entlang des Gesamtlebenszyklus, einschließlich der Metadaten zu den Teilbereichen der Herstellung, Verarbeitung sowie der Werkstoff- und Bauteilcharakterisierung im Vordergrund. Die wissenschaftlich-technischen Ziele des Teilvorhabens bestanden in: • Erzeugen von Workflow-Ontologien zur Beschreibung und Durchführung von hochauflösenden Mikrostruktur-Untersuchungen an Kupfer und Kupferlegierungen. • Einordnung der Ergebnisse dieser Untersuchungen durch Verknüpfen mit einer übergeordneten materialwissenschaftlichen Ontologie zur materialwissenschaftlichen Beschreibung des Werkstoffs. • Korrelation der Mikrostruktur-Parameter mit spezifischen Eigenschaften der Kupferwerkstoffe. • Erstellung einer Rohdatenbasis zu den Mikrostruktur-Parametern und den dazu verwendeten Untersuchungsprozessen (Prozessbeschreibungen) für die Legierungseigenschaften bis zur atomaren Ebene. • Indizierung der Rohdaten durch Metadaten anhand der methodischen Ontologien. • Bereitstellen und Integration der Roh- und Metadaten im Datenökosystem KupferDigital.	

Teilvorhaben Prozess- und Systemsimulation für eine nachhaltige Legierungsentwicklung und –herstellung	
Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf	
Laufzeit des Vorhabens: 01.03.2021 - 28.02.2024	
https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/27936	Förderkennzeichen: 13XP5119E
https://doi.org/10.34657/25753	Datei: BMBF13XP5119E.pdf (1.57 MB)
Zusammenfassung The work packages assigned to HZDR have focused on the recycling of copper. The present study consists of ontology development of copper recycling processes aiming to the production of copper alloys. Accordingly, corresponding process models have been developed followed by environmental impacts assessment. The key challenge of the aforementioned steps is that copper recycling is complexly intertwined with recycling of other materials. The most copper containing waste streams also contain various other elements and many processing steps have multiple different inputs and outputs including copper and non-copper streams, which all have their own environmental impacts that need to be considered to provide a fair assessment of copper recycling and production. The current study employed HSC Chemistry and FactSage software to model and simulate copper alloy process from copper scrap (CuScrap) and waste printed circuit boards (WPCBs). Results were represented in tables and sematic graphs for various processes and materials occurring in a complex network. Three	

simulation cases based on different compositions of CuScrap and WPCBs were examined: 100 wt.% CuScrap (Scrap), a mix of 50 wt.% CuScrap and 50 wt.% WPCBs (Mix), and 100 wt.% WPCBs (PCB). Life cycle assessment (LCA), focused on greenhouse gas emissions (Global Warming Potential), was conducted using OpenLCA software and the Ecoinvent 3.8 database to evaluate environmental impacts. The CO₂ emission results showed that recycling of copper from copper scrap causes the lowest emissions, but recycling PCBs also produces precious metals. Accordingly, a reduction in total emissions is achieved as these are distributed among the other valuable metals. Referring to exergetic assessment, the highest exergy loss is observed in the Smelter (Reducer) unit among all the cases. The losses range from 28.48% to 61.19%, indicating significant inefficiencies in energy utilization during reduction process. Particularly noteworthy is the PCB case, where the exergy loss reaches its peak of 61.19%, highlighting substantial energy wastage. It is mainly due to the presence of plastics in the WPCBs.

Teilvorhaben

Software und Schnittstellen für das Ontologiebasierte Daten- und Workflowmanagement

Institut für Angewandte Informatik InfAI, Leipzig

Laufzeit des Vorhabens: 01.03.2021 - 30.06.2024

https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/29145	Förderkennzeichen: 13XP5119F
https://doi.org/10.34657/26408	Datei BMBF13XP5119F.pdf (893.71 KB)

Zusammenfassung

Ziel des Teilvorhabens war es eine softwaretechnische Infrastruktur für ein Ontologie-konformes Datenökosystem zu schaffen, das

1. eine kollaborative Ontologieentwicklung für interdependente Forschungs- und Entwicklungsprozesse im Rahmen des Kupferlebenszyklus,
2. Softwarekomponenten für eine (semi-)automatische Verarbeitung semantischer Daten und
3. Schnittstellen zum effizienten Datenaustausch innerhalb des Kupferlebenszyklus sowie mit weiteren dezentralen Datenraum-Instanzen der Materialwissenschaften bereitstellt.

Diese Infrastruktur ist eine zwingende Voraussetzung für die Integration der einzelnen Arbeitsvorgänge sowie für einen verbesserten Informationsaustausch. Somit können aus werkstoffwissenschaftlicher Sicht Prozesse der Kupferentwicklung in kürzeren Zeitabständen durchlaufen und schnellere Innovationszyklen realisiert werden.

Teilvorhaben

Ontologie-Entwicklung, thermodynamische Simulation und Datenraumimplementierung

Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM, Freiburg

Laufzeit des Vorhabens: 01.03.2021 - 28.02.2024

https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/29145	Förderkennzeichen: 13XP5119G
https://doi.org/10.34657/28214	Datei: BMBF13XP5119G.pdf (2.67 MB)

Zusammenfassung

Das Teilvorhaben des Fraunhofer IWM erarbeitete in dem Projekt KupferDigital theoretische und anwendungsorientierte Grundlagenbeiträge, um das domänenspezifische Wissen der Projektpartner unabhängig von ihrer fachlichen Domäne in einem gemeinsam geteilten Datenökosystem nutzbar abzulegen.

Die Arbeiten am Fraunhofer IWM gliederten sich in die vier Schwerpunkte Ontologie- und Datenraum-Entwicklung, Semantifizierung von Material- und Simulationsdaten – vor allem hinsichtlich der Daten aus CALPHAD-Berechnungen – sowie die Integration von semantischen Daten in ein Datenökosystem auf Basis von RDF. Am Fraunhofer IWM konnte dabei auf Vorarbeiten zur Semantifizierung von Materialdaten, der FAIR-Level-Evaluierung sowie dem am IWM entwickelten Data Space Management System (DSMS) aufgebaut werden. Der DSMS ist ein Technologie-Stack für die Graph-basierte Speicherung und Prozessierung von geschützten Daten, der dem Endanwender semantische Werkzeuge über ein Web-Frontend nutzerfreundlich zur Verfügung stellt.

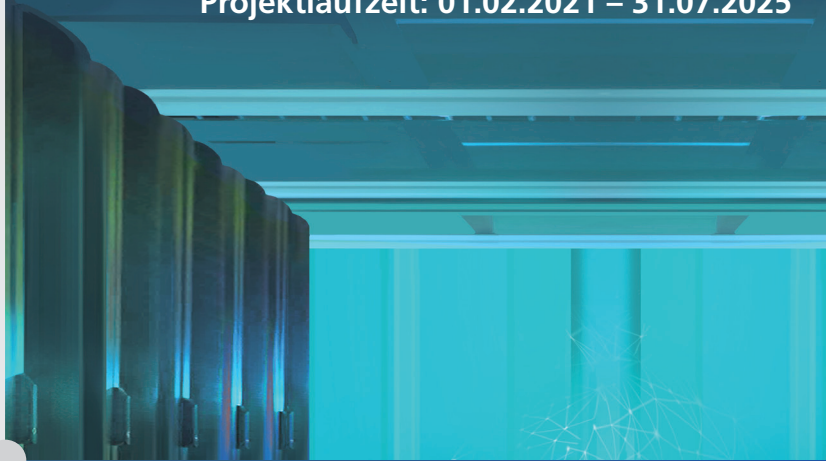
Für die Ontologie-basierte Datenintegration wurde die Data2RDF-Konvertierungspipeline an die spezifischen Anforderungen des Projekts angepasst bzw. erweitert. Die Pipeline ermöglicht die automatisierte Semantifizierung heterogener Datenformate und deren direkte Integration in die DSMS-Datenrauminstanz. Im Rahmen der Semantifizierung von Simulationsdaten wurde die Phasenzusammensetzung von Kupferlegierungen mittels CALPHAD-Berechnungen numerisch bestimmt und gemeinsam mit experimentellen Daten des Partners fem in semantischer Form in dem gemeinsamen Datenökosystem bereitgestellt.

Der Nutzen der erarbeiteten Konzepte und Methoden wurde anhand zweier zentraler Use-Cases demonstriert. Dies sind zum einen die »Generierung neuen Wissens« durch die automatisierte Verarbeitung und Korrelation semantischer Daten aus unterschiedlichen Quellen sowie zum anderen »die Ableitung von Handlungsempfehlungen auf Basis bestehenden Wissens« im Kontext der Legierungsentwicklung. Die Evaluierung und Validierung der Projektergebnisse erfolgte anhand des Referenzproblems der »Entwicklung neuer Cu-Legierungen« mit Hilfe von Korrelationsanalysen. Anhand der Lösung des Referenzproblems »Entwicklung von Cu-Legierungen« konnte in Zusammenarbeit mit dem Partner fem der Nutzen und die Funktionstüchtigkeit der entwickelten Methoden und Konzepte für die dezentrale datengestützte Materialentwicklung erfolgreich nachgewiesen werden..

LEBENSZYKLUS VON BETON – ONTOLOGIE-ENTWICKLUNG FÜR DIE PROZESSKETTE DER BETONHERSTELLUNG



Projektlaufzeit: 01.02.2021 – 31.07.2025



KONSORTIALPARTNER

- Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin
- TU München - Professur für Data Driven Materials Modeling
- KIT - Materialprüfungs- und Forschungsanstalt Karlsruhe



Kurzfassung

Betondesign digital: Potenziale für das Bauwesen

Beton ist weltweit einer der wichtigsten Konstruktionswerkstoffe und zeichnet sich durch eine enorme Anpassungsfähigkeit an sich verändernde Anforderungen aus. Damit verbunden ist eine hohe und kontinuierlich zunehmende Komplexität hinsichtlich der Ausgangsstoffe, Rezepturen und des Herstellungsprozesses. Folglich setzt eine Ausschöpfung des technischen und umweltbezogenen Potenzials der Betonbauweise höchste Expertise bei den Einzelakteuren der Bauindustrie voraus. Der derzeit unbefriedigende Transfer von neuen Erkenntnissen aus der Forschung und Erfahrungen aus erfolgreichen Spezialanwendungen in die breite Praxis wirkt sich hierbei nachteilig aus. Dieses Problem zu lösen ist Ziel des Verbundprojekts „LeBe-Digital“. Es stellt sich die herausfordernde Aufgabe, ein allgemein verfügbares und auf den Prozess der Betonherstellung maßgeschneidertes Daten- und Wissensmanagement auf Basis allgemeingültiger Ontologien und Workflows zu entwickeln. Dabei liegt der Fokus auf dem Herstellungsprozess unter den gut steuerbaren Bedingungen in der Fertigteilindustrie. Ziel ist es, skalenübergreifend die für die Betonherstellung relevanten, experimentellen und simulierten Materialdaten wissensbasiert zu verknüpfen, zu validieren und für zukünftige Anwendungen in der Fertigteilproduktion nutzbar zu machen.

Das Verbundprojekt „LeBeDigital“ stellt sich bei der Entwicklung dieser wissensbasierten Datenbank dem Anspruch, Erfahrungs- und Forschungsdaten auf hohem Niveau und mit tiefem Informationsgehalt für die Allgemeinheit dauerhaft nutzbar und öffentlich zugänglich zu machen. Der damit realisierbare Perspektivwechsel vom in umfangreichen Regelwerken und Merkblättern vorgezeichneten Betonentwurf zum wissensbasierten, performanceorientierten Materialdesign verspricht Fortschritte für alle Aspekte des Lebenszyklus von Betonbauteilen. Die enge Einbindung in die aktuelle bundesweite Initiative zur Digitalisierung der Materialforschung verspricht dabei auch ein enormes Durchbruchpotenzial für die heimische Bauindustrie. So kann eine geeignete Datenbankstruktur der stark in Einzelakteure fragmentierten Bauindustrie bahnbrechende Impulse für das Bauwesen geben. Angestrebte Effekte, die für die Industrie mit einer nachhaltigkeits- und kostenbezogenen Effizienzsteigerung einhergehen, sind beispielsweise die Auswertung der Daten mit Hilfe von maschinellen Lernverfahren als Grundlage für numerische Simulationen zur Materialoptimierung oder für die Steuerung und Automatisierung der Produktion von Betonfertigteilen.

Abstract

Concrete design digital: potentials for the construction industry

Concrete is one of the most important construction materials worldwide and is characterised by an enormous adaptability to changing requirements. This comes with a high, and continuously increasing, complexity in terms of raw materials, formulations and the manufacturing process. In order to fully exploit the technical and environmental potential of concrete construction requires the highest level of expertise among the individual players in the construction industry. Currently, there is an unsatisfactory knowledge transfer both from research into industry and experience from successful special applications into broad practice which has hindered progress. Solving this problem is the goal of the joint project "LeBeDigital". It sets itself the challenging task of developing a generally available data and knowledge management system tailored to the process of concrete production on the basis of generally applicable ontologies and workflows. The project puts particular emphasis on the manufacturing process under the easily controllable conditions in the precast industry. The aim is to link the experimental and simulation-based material data relevant for concrete production across scales in a knowledge-based manner, to validate it and to make it usable for future applications in precast production. In developing this knowledge-based database, the joint project "LeBeDigital" has set itself the goal of making experience and research data permanently usable and accessible to the general public at a high level and with deep information content. This paradigm shift to the design of concrete components, from predefined in extensive codes and leaflets to knowledge-based, performance-oriented material design and takes into consideration the whole product life cycle. The close integration into the current nationwide initiative for the digitalisation of materials' research will amplify the potential for impact on the domestic construction industry. For example, a suitable database structure can provide groundbreaking impulses for the construction industry, which is strongly fragmented into individual stakeholders. The desired effects for the industry, which go hand in hand with an increase in efficiency in terms of sustainability and costs, are, for example, the evaluation of data employing machine learning methods as a basis for numerical simulations for material optimisation or for the control and automation of the production of precast concrete parts.

<https://www.material-digital.de/project/KNOW-NOW>

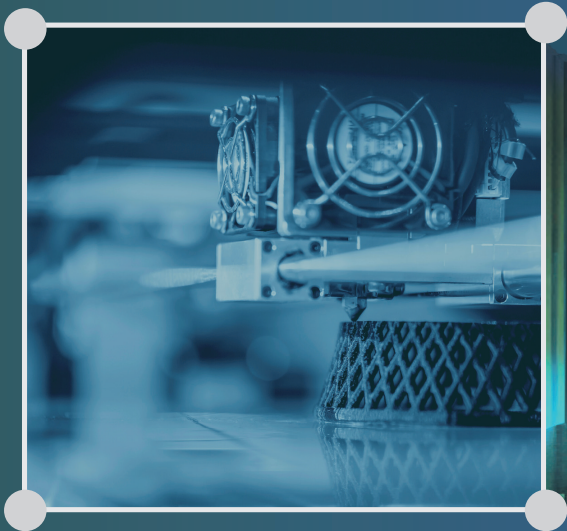
Teilvorhaben Ontologien und Workflows für Prozesse, Modelle und Abbildung in Datenbanken	
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin	
Laufzeit des Vorhabens: 01.02.2021 - 31.07.2025	
https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/32227	Förderkennzeichen: 13XP5125A
https://doi.org/10.34657/31296	Dateien: LeBeDigital_Schlussbericht_I.pdf (152.6 KB) LeBeDigital_Schlussbericht_II.pdf (980.75 KB)
Zusammenfassung Unter den Konstruktionswerkstoffen des Bauwesens nimmt Beton eine führende Rolle ein. Er zeichnet sich durch eine enorme Anpassungsfähigkeit an sich verändernde Anforderungen aus. Lange betraf die Weiterentwicklung vornehmlich den technischen Fortschritt, in den letzten Jahrzehnten sind zunehmend auf den ganzen Lebenszyklus zu beziehende, materialbezogene Aspekte des Umwelt-/Klimaschutzes hinzugekommen, mit besonderem Augenmerk auf Ressourceneffizienz und Vermeidung von klimaschädlichen Emissionen. Mit dieser aktuellen Entwicklung geht eine zunehmende Komplexität hinsichtlich der Ausgangsstoffe, Rezepturen und des Herstellprozesses einher. Um die Wirtschaftlichkeit gleichzeitig mit verschiedenen Aspekten der Nachhaltigkeit und technischen Leistungsfähigkeit einer konkreten Betonkonstruktion zu optimieren, ist die Verfügbarkeit nachvollziehbarer und verifizierter Materialdaten unabdingbar. Vor diesem Hintergrund hat sich das Verbundprojekt LeBeDigital das Ziel gesetzt, die Basis für ein allgemein verfügbares und für den Prozess der Betonherstellung maßgeschneidertes Daten- und Wissensmanagement zu schaffen. Gelingt es, die Interoperabilität betonbezogener Daten zu verbessern, zunächst für die anwendungsnahe Forschung und Prüfung, perspektivisch aber auch die in unübersichtlich viele Einzelakteure fragmentierte Bauindustrie, ist ein sprunghafter Innovationsschub möglich. Für das Verbundprojekt wurde der Fokus zunächst auf den Herstellprozess von Beton gelegt, weil ein Perspektivwechsel vom deskriptiv (in Regelwerken) vorgezeichneten Betonentwurf zum wissensbasierten, performanceorientierten Materialdesign besonders signifikante Fortschritte verspricht. Zudem ist der Herstellungsprozess materialtechnisch betrachtet der maßgebliche Teil des Lebenszyklus, weil hier die Weichen für die vielen nachlaufenden Prozesse gestellt werden, wie z.B. die Bauwerks-Instandhaltung und die hochwertige Rezyklierung, welche idealerweise in der Erzeugung neuer Ausgangsstoffe für Beton mündet. Diese weiteren Aspekte wurden bei der Projektbearbeitung permanent berücksichtigt, insbesondere mit dem Ziel der späteren Erweiterbarkeit und der Anschlussfähigkeit. Ziel der Digitalisierung war es dabei, skalenübergreifend die für die Betonherstellung relevanten, experimentellen und simulierten Daten wissensbasiert zu verknüpfen, zu validieren und für zukünftige Anwendung nutzbar zu machen. Dafür wurden Ontologien und Workflows mit dem Anspruch entwickelt, öffentlich zugängliche Erfahrungs- und Forschungsdaten auf hohem Niveau und mit tiefem Informationsgehalt über Grenzen von Forschungseinrichtungen und Firmen hinweg nachhaltig nutzbar zu machen. Angestrebte Effekte, die für die Industrie mit einer nachhaltigkeits- und kostenbezogenen Effizienzsteigerung einhergehen, sind z.B. eine verbesserte Grundlage für numerische Simulationen zur Materialoptimierung oder für die Steuerung und Automatisierung der Produktion von Betonfertigteilen.	

Teilvorhaben Probabilistisches maschinelles Lernen für die Kalibrierung und Validierung von physikalischen Modellen in Beton	
TU München - Professur für Data Driven Materials Modeling	
Laufzeit des Vorhabens: 01.02.2021 - 31.07.2025	
	Förderkennzeichen: 13XP5125B
https://doi.org/10.2314/KXP:1919935347	Datei: TIBKAT_1919935347.pdf
Zusammenfassung Die jüngsten Entwicklungen in der Betontechnologie und deren industrielle Anwendungen zeichnen sich durch eine zunehmende Komplexität in Bezug auf Rohstoffe, Formulierungen und den Herstellungsprozess aus. Derzeit sind nur wenige, hochspezialisierte Unternehmen in der Lage, das technische und umweltbezogene Potenzial von Beton vollständig auszuschöpfen. Es gibt einen unzureichenden Transfer von Wissen und neuen Erkenntnissen aus der Forschung in die industrielle Praxis. Das Ziel des Konsortiums bestand darin, relevante experimentelle und simulierte Daten für die Produktion von Betonkomponenten über verschiedene Maßstäbe hinweg in einer wissensbasierten Weise zu vernetzen, sie zu validieren und ihren Einsatz zur Optimierung der Herstellung von Betonfertigteilen zu ermöglichen. Zu diesem Zweck sollten Methoden entwickelt werden, die den gesamten Herstellungsprozess so berücksichtigen, dass alle notwendigen Daten in einem einheitlichen, ontologiebasierten Format gespeichert und zwischen verschiedenen Partnern austauschbar sind. Parallel dazu sollten digitale Workflows entwickelt werden, die die numerische Bestimmung des Einflusses von Änderungen im Herstellungsprozess auf die Material- oder Komponentenleistung ermöglichen und dadurch einen Optimierungsprozess ermöglichen. Die mehrskaligen Modelle innerhalb der digitalen Workflows sind sowohl physikbasiert als auch datengetrieben. Die Kalibrierung dieser Modelle sollte auf experimentellen Daten basieren und unter Verwendung stochastischer Methoden durchgeführt werden, die es erlaubten, Unsicherheiten zu quantifizieren und durch den gesamten digitalen Workflow zu propagieren.	

Teilvorhaben Entwicklung der Ontologien für Materialeigenschaften	
KIT - Materialprüfungs- und Forschungsanstalt Karlsruhe	
Laufzeit des Vorhabens: 01.02.2021 - 31.07.2025	
https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/22302	Förderkennzeichen: 13XP5125C
https://doi.org/10.34657/21319	Datei: BMBF13XP5125C.pdf (613.65 KB)
Zusammenfassung Die aktuelle Entwicklung der Betontechnologie und deren industrielle Anwendung für Bauteile und Bauwerke ist gekennzeichnet durch eine zunehmende Komplexität hinsichtlich der Ausgangsstoffe, Rezepturen und des Herstellprozesses. So gelingt es derzeit nur wenigen hochspezialisierten Firmen, das technische und umweltbezogene Potenzial der Betonbauweise voll auszuschöpfen. Ein Transfer damit verbundener Erfahrungen und neuer Erkenntnisse aus der Forschung in die breite Praxis findet nur unzulänglich statt. Ziel des Verbunds war es, skalenübergreifend die für die Herstellung von Betonbauteilen relevanten, experimentellen und simulierten Daten wissensbasiert zu verknüpfen, zu validieren und für zukünftige Anwendungen in der Fertigteilproduktion nutzbar zu machen. Die Ontologien und Workflows sollten mit dem Anspruch erarbeitet werden, dass öffentlich zugängliche Erfahrungs- und Forschungsdaten auf hohem Niveau und mit tiefem Informationsgehalt über Grenzen von Firmen und	

Forschungseinrichtungen hinweg nachhaltig genutzt werden können. Dabei sollten einerseits Verfahren erarbeitet werden, die es ermöglichen, den kompletten Herstellungsprozess so zu beschreiben, dass alle erforderlichen Daten vollständig in einem einheitlichen, auf einer Ontologie basierenden Format speicherbar und zwischen verschiedenen Partnern austauschbar sind. Parallel dazu sollte dieser Prozess durch digitale Workflows abgebildet werden, die es ermöglichen, den Einfluss von Änderungen im Herstellungsprozess auf die Material- oder Bauteilperformance numerisch zu bestimmen und damit einen Optimierungsprozess zu ermöglichen. Die Modelle innerhalb der digitalen Workflows sollten einerseits physikalisch basierte Multiskalenmodelle und andererseits phänomenologische, datenbasierte Modelle sein. Die Bewertung und Kalibrierung dieser Modelle sollte mit Hilfe von stochastischen Verfahren auf der Basis von experimentellen Daten erfolgen, so dass Unsicherheiten über den kompletten digitalen Workflow propagiert werden können – inklusive einer Bewertung der Prognosequalität.

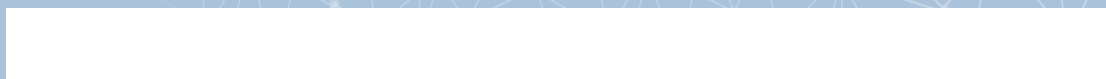
ONTOLOGIEN FÜR DIE DEZENTRALE ERFASSUNG VON MEHR- SKALIGEN STATISCHEN UND ZYKLISCHE KENNWERTEN VON ADDITIV GEFERTIGTEN STAHLSTRUKTUREN AUS EXPERIMENT UND SIMULATION



Projektlaufzeit: 01.04.2021 – 30.06.2024

KONSORTIALPARTNER

- Materialforschungs- und -Prüfanstalt MFPA, Weimar
- Fraunhofer-Institut für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV, Augsburg
- Technische Universität Ilmenau, FG Fertigungstechnik
- Technische Universität Hamburg, Institut für Digitales und Autonomes Bauen



Kurzfassung

Erfassung und Veröffentlichung von Materialkennwerten metallischer Strukturen aus dem 3D-Drucker

Additive Fertigungsverfahren (umgangssprachlich auch 3D-Druck) werden immer häufiger auch bei der Herstellung von technischen Systemen und Komponenten eingesetzt. Schon heute lassen sich viele verschiedene Materialien mit additiven Verfahren verarbeiten und Werkstücke mit sehr anspruchsvollen geometrischen Formen drucken. Das Wissen um die genauen Eigenschaften der gedruckten Materialien, die Materialkennwerte, ist oft noch unzureichend. Daher lassen sich viele Einsatzgebiete 3D-gerfertigter Bauteile heute noch nicht vollständig erschließen und Potenziale der Technik nicht voll ausschöpfen. Eine bessere Kenntnis dieser Werte hilft dem Wirtschaftsstandort Deutschland, diese Technik für zukünftige Anwendungen, z. B. im Leichtbau, durch Energie- und Ressourceneinsparung zu nutzen.

Im Mittelpunkt des vorliegenden Forschungsvorhabens steht daher eine umfassende Untersuchung und Beschreibung von additiv gefertigten Metallstrukturen sowohl im Experiment als auch mit computergestützter Analyse. Damit die Kennwerte auch für andere Forscher und die Industrie zur Verfügung stehen, wird hierfür erstmalig eine systematische Beschreibung („Ontologie“) entwickelt, über die gezielt nach Kennwerten gesucht werden kann, ähnlich wie in einer Wikipedia-Datenbank.

Um dieser anspruchsvollen Aufgabe gerecht zu werden, haben sich die Materialforschungs- und -Prüfanstalt Weimar, die Technische Universität Ilmenau, die Technische Universität Hamburg sowie das Fraunhofer Institut für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik (IGCV) in Augsburg zusammengetan. Ein breites Bündnis von Industriepaten unterstützt das Vorhaben und zeigt bereits jetzt ein hohes Interesse an den zu erhebenden Daten.

Abstract

Capture and publication of material properties of metallic structures from 3D printers

Additive manufacturing processes (colloquially also 3D printing) are increasingly being used in the production of technical systems and components. Already today, many different materials can be processed with additive methods and work pieces with very demanding geometric shapes can be printed. The knowledge of the exact properties of the ducted materials, the material characteristics, is often still insufficient. For this reason, many areas of application for 3D-manufactured components cannot be fully exploited yet and the potential of the technology cannot be fully utilized. A better knowledge of these values will help Germany as a business location to use this technology for future applications, e.g. in lightweight construction, by saving energy and resources.

The focus of the present research project is therefore a comprehensive investigation and description of additively manufactured metal structures, both in experiments and with computer-aided analysis. In order to make the characteristic values available to other researchers and industry, a systematic description ("ontology") is being developed for the first time, which can be used to search for specific characteristic values, similar to a Wikipedia database.

The Materials Research and Testing Institute in Weimar, the Technical University of Ilmenau, the Technical University of Hamburg and the Fraunhofer Institute for Casting, Composite and Processing Technology (IGCV) in Augsburg have joined forces to meet this demanding task. A broad alliance of industry sponsors supports the project and is already showing a high level of interest in the data to be collected.

https://www.material-digital.de/project/ODE_AM

Teilvorhaben Ontologien für die dezentrale Erfassung von mehrskaligen Kennwerten additiv gefertigter Stahlstrukturen	
Materialforschungs- und -Prüfanstalt MFPA, Weimar	
Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2021 – 30.06.2024	
https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/29513	Förderkennzeichen: 13XP5117A
https://doi.org/10.34657/28582	Datei: BMBF13XP5117A.pdf (4.07 MB)
Zusammenfassung Additive Fertigungstechnologien revolutionieren derzeit den Produktionsmarkt. Insbesondere für Werkstoffe wie Stahl sind Entwicklungsaktivitäten und Forschungsarbeiten auf höchstem Level erfolgt. Die additiv gefertigten Produkte finden Einsatz im sogenannten Rapid Prototyping, Rapid Tooling oder Rapid Manufacturing. Sollen jedoch additiv gefertigte Bauteile dauerhaft eingesetzt werden, so kommt der Verfügbarkeit von Kennwerten als Basis für die Auslegung eine hohe Bedeutung zu. Diese sind insbesondere bei additiven Fertigungsverfahren signifikant abhängig vom gewählten Fertigungsverfahren und der Prozessparameter. Das Ziel des Projektes lässt sich dahingehend formulieren, dass Frameworks zum Umgang mit Materialkennwerten von additiv gefertigten Metallstrukturen entwickelt und getestet werden sollen, die im Sinne von Shared Repositories Kennwerte aus gemeinsamen experimentellen und numerischen Ansätzen aufnehmen und anderen Anwendern zur Verfügung stellen.	

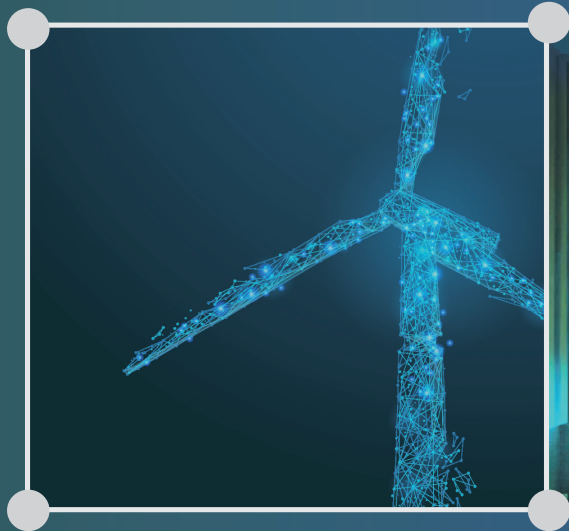
Teilvorhaben Ontologien für statische und zyklische Kennwerte von Metallstrukturen aus Laserschmelzverfahren	
Fraunhofer-Institut für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV, Augsburg	
Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2021 – 31.03.2024	
https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/23239	Förderkennzeichen: 13XP5117B
https://doi.org/10.34657/22256	Datei: BMBF13XP5117B.pdf (2.2 MB)
Zusammenfassung Additive Fertigungstechnologien, insbesondere für Stahl, befinden sich auf einem hochentwickelten Forschungsstand und werden in Rapid Prototyping, Tooling und Manufacturing eingesetzt. Die Zielsetzung des Verbundprojektes ist es, ein Framework zur Handhabung und Austausch von Materialkennwerten additiv gefertigter Metallstrukturen zu entwickeln. Dies beinhaltet die experimentelle und numerische Charakterisierung additiv verarbeiteter Materialien durch verschiedene Fertigungsverfahren, die Erweiterung der Mehrskalenmodellierung zur präzisen Prognose der Kennwerte und die Entwicklung übergeordneter Ontologien zur Beschreibung prozessabhängiger Kennwerte. Die Ergebnisse sollen für einen schnellen Zugriff in das offene MaterialDigital-Repository integriert werden. Das Teilvorhaben fokussiert sich auf Powder Bed Fusion Laser Beam Melting (PBF-LB/M), eine weitverbreitete Methode in der additiven Fertigung von Metallpulvern. Ziel ist es, durch die strukturierte Dokumentation der Zusammenhänge zwischen Material und Prozess Entwicklungszyklen zu beschleunigen und Produkte optimal auf ihren Anwendungsbereich auszurichten. Hierzu soll ein Informationsmodell für den PBF-LB/M-Prozess entwickelt werden, welches Materialzusammensetzung, Prozesssteuerungsparameter und statische sowie zyklische Kennwerte umfasst und diese in Ontologien und semantische Beschreibungen für die Plattform MaterialDigital überführt. Zusätzlich wird das zyklische Langzeitverhalten von Stählen untersucht und durch experimentelle sowie numerische Analysen beschrieben, um das Verständnis und die Digitalisierung im Bereich der additiven Fertigung zu verbessern.	

Teilvorhaben Ontologien für die dezentrale Erfassung von mehrskaligen Kennwerten additiv gefertigter Metallstrukturen aus dem WAAM-Verfahren	
Technische Universität Ilmenau, FG Fertigungstechnik	
Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2021 – 30.06.2024	
https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/28432	Förderkennzeichen: 13XP5117C
https://doi.org/10.34657/27501	Datei: BMBF13XP5117C.pdf (1.83 MB)
Zusammenfassung Das Teilvorhaben befasst sich mit dem Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM) und der Charakterisierung der dadurch erzeugten Strukturen. Kennwerte werden numerisch und experimentell unter Berücksichtigung der WAAM-Einflüsse ermittelt und dezentral in einem Server-Client-System mit semantischer Beschreibung und Ontologie abgelegt. Dies ermöglicht den gezielten Abruf durch Materialwissenschaftler und Ingenieure. Der Fokus liegt auf der Untersuchung der temperaturbedingten Eigenschaften des Materials, die durch die wiederholten Aufschmelzzyklen beim WAAM-Verfahren beeinflusst werden. Schweißparameter und deren stochastische Streuung werden in der numerischen Analyse berücksichtigt.	

Teilvorhaben Semantische Modellierung des additiven Fertigungsprozesses von Metallstrukturen	
Technische Universität Hamburg, Institut für Digitales und Autonomes Bauen	
Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2021 – 30.06.2024	
https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/29453	Förderkennzeichen: 13XP5117D
https://doi.org/10.34657/28522	Datei: BMBF13XP5117D.pdf (2.13 MB)
Zusammenfassung Das Verbundprojekt zielte auf die Entwicklung eines ontologiebasierten semantischen Modells für die additive Fertigung von Metallstrukturen ab. Innerhalb des Teilprojekts sollten spezifische Aufgaben bearbeitet werden, darunter die Festlegung wesentlicher Parameter für das experimentelle Programm, die Definition der Anforderungen an die Kooperationsplattform und die Entwicklung von Ontologien.	

SensoTwin

SENSORINTEGRIERTER DIGITAL TWIN FÜR HOCHLEISTUNGS- FASERVERBUNDANWENDUNGEN



Projektlaufzeit: 01.02.2021 – 31.07.2024



KONSORTIALPARTNER

- Technische Universität München - Lehrstuhl für Carbon Composites
- Technische Hochschule Deggendorf - Technologie Campus Freyung und Technologie Campus Hutthurm



Kurzfassung

Prognose der Lebensdauer von Windkraftanlagen mittels digitaler Zwillinge

Das Projekt „SensoTwin – Sensorintegrierter Digital Twin für Hochleistungs-Faser-verbundanwendungen“ ist ein gemeinsames Forschungsprojekt des Lehrstuhls für Carbon Composites der Technischen Universität München und der Technologiecampi Hutthurm und Freyung der Technischen Hochschule Deggendorf im Rahmen der Initiative MaterialDigital gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Das Projekt wurde im Zeitraum vom 1. Februar 2021 bis zum 31. Juli 2024 durchgeführt.

Im Projekt SensoTwin wurde ein struktureller digitaler Zwilling der Rotorblätter einer Windkraftanlage entwickelt. In diesem Zuge wurde eine neuartige Ontologie zur Beschreibung der Materialklasse der faserverstärkten Kunststoffe (FVK) erarbeitet, welche den digitalen Zwilling um formelles Wissen aus verschiedenen Quellen ergänzt. Als Projekt in der Initiative MaterialDigital wurde ein stetiger Austausch mit Projekten anderer Materialklassen gewährleistet und somit die Interoperabilität sichergestellt. Die experimentellen Untersuchungen konzentrierten sich auf die Charakterisierung der Materialeigenschaften unter thermischen, chemischen und mechanischen (statischen und zyklischen) Einflüssen, von der Konstituentenebene (einzelne Fasern, Matrix, Faser-Matrix-Interface) bis hin zur Verbundebene. Die digitale Abbildung des Rotorblatts ermöglicht die Modellierung des Zustands „wie-gefertigt“ („as-built“), um mögliche Prozessfehler (fehlende Lagen, Orientierungsabweichungen, Lagenwelligkeit und variierende Dicken) und deren Einfluss auf die strukturelle Leistung des Rotorblatts quantifizieren zu können. Das Rotorblatt kann durch den digitalen Zwilling in einem ersten Schritt einer Aushärte- und Verzugssimulation (Prozesssimulation) und in einem zweiten Schritt einer Betriebssimulation (statische und zyklische Struktursimulation) unterzogen werden. Zur Berechnung der Betriebslasten können realistische Temperaturzyklen für die Aushärtung sowie geografische Winddaten verwendet werden. Schließlich erlaubt der digitale Zwilling eine Prognose der für die Ermüdung kritischen Bereiche sowie eine Abschätzung der Restlebensdauer der Rotorblätter.

Der digitale Zwilling wurde in erster Instanz mittels kommerzieller Software implementiert. Im Sinne des „Open Science“-Ansatzes wurde eine zusätzliche Version des digitalen Zwillings umgesetzt, welche sich ausschließlich auf Open-Source-Software stützt. Wir hoffen, damit die bestmöglichen Voraussetzungen für zukünftige Projekte schaffen zu können. Die offene Version des Software-Demonstrators findet sich hier: https://mygit.th-deg.de/tcf-public/sensotwin_workflow

Abstract

Determining the service life of wind turbines using digital twins

The project "SensoTwin – Sensor-integrated Digital Twin for High-Performance FRP Applications" is a joint research project of the Chair of Carbon Composites of the Technical University of Munich and the Technology Campuses Hutthurm and Freyung of the Deggendorf Institute of Technology in the MaterialDigital initiative of the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF). The project was carried out from 1 February 2021 until 31 July 2024.

Within the project SensoTwin, a structural digital twin of a wind turbine rotor blade was developed. A new material ontology was designed to formally describe the material class of fibre-reinforced polymers (FRPs) to support the collection of knowledge for the digital twin. Integrating the project into the MaterialDigital initiative ensured a continuous exchange with projects on other material classes. Experimental investigations focused on characterising material properties under thermal, chemical and mechanical (static and cyclic) influences, ranging from the constituent level (individual fibres, matrix, fibre-matrix interface) to the composite level. The digital representation of the rotor blade includes the as-built state to be able to map possible process defects (missing plies, ply misorientation, ply waviness and varying thickness) and their influence on the structural performance of the rotor blade. The virtual blade can be subjected to a curing simulation (process simulation) in the first step and an operating simulation (static and cyclic structural simulation) in the second step. Realistic temperature cycles for curing and wind data can be used to determine the operational loads. Finally, the digital twin allows a prognosis of fatigue-critical regions and an estimation of the remaining lifetime of the rotor blades.

In the first instance, the digital twin was implemented utilising commercial software. However, in the spirit of the Open Science approach, an additional version of the digital twin was implemented, which relies on open-source software. With it, we want to create the best possible prerequisites for future projects. The open version of the software demonstrator can be found [here](#):

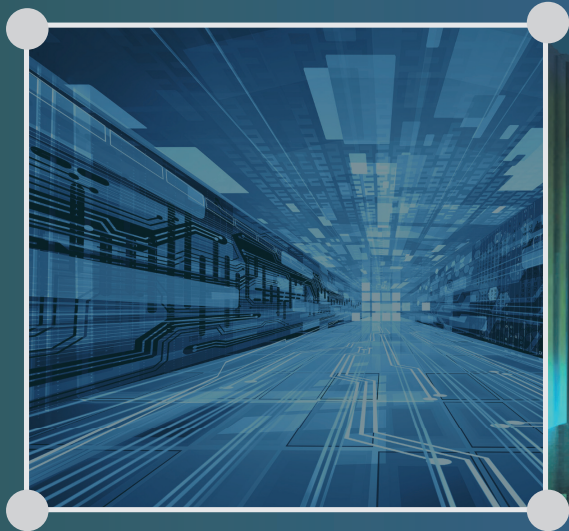
https://mygit.th-deg.de/tcf-public/sensotwin_workflow

<https://www.material-digital.de/project/SensoTwin>

Teilvorhaben Entwicklung eines durchgängigen Lebensdauerextrapolationsmodells für faserverstärkte Kunststoffe	
Technische Universität München - Lehrstuhl für Carbon Composites	
Laufzeit des Vorhabens: 01.02.2021 – 31.07.2024	
https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/29253	Förderkennzeichen: 13XP5121A
https://doi.org/10.34657/28322	Datei: BMBF13XP5121A.pdf (1.64 MB)
Zusammenfassung Im Projektvorhaben SensoTwin sollte eine Methodik zur Bewertung der Restlebensdauer von Faser-verbundkunststoff-Bauteilen erarbeitet werden. Der Fokus sollte hierbei auf der ganzheitlichen Betrachtung des Werkstoffs einschließlich des Herstellprozesses und des Betriebs liegen. Der Einfluss von Fertigungsdefekten sollte somit als weiterer Eingabeparameter in die strukturelle Betrachtung einfließen. Aufgrund der großen Menge an notwendigen Daten und Wissens über die verwendeten Materialien sollte eine strukturierte Wissensbeschreibung in Form einer Ontologie für die Materialklasse der Faserverbundkunststoffe erarbeitet werden. Eine Zusammenarbeit mit den anderen Projekten des Förderschemas sowie der Plattform MaterialDigital sollte die Kompatibilität der einzelnen Ontologien untereinander sicherstellen. Auf-grund des Fokus der Arbeit auf die Betrachtung von Faserverbundkunststoffen nicht nur unter statischer, sondern auch zyklischer Belastung (Ermüdung), wurde ein Rotorblatt einer Windkraftanlage als exemplarisches Bauteil ausgewählt. Eine Validierung der implementierten Methodik sollte das Projektvorhaben abschließen. Der Lehrstuhl für Carbon Composites der Technischen Universität München (TUM-LCC) war hierin verantwortlich für die Umsetzung der Materialmodelle für die strukturelle Betrachtung des Rotorblatts sowie die dafür notwendigen Charakterisierungen. Die Implementierung der Modelle in den Software-Demonstrator sollte in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern der Technischen Hochschule Deggendorf (Technologie-campus Hutthurm und Technologiecampus Freyung) erfolgen.	

Teilvorhaben Prozesssimulation zur Abbildung von Herstellungsdefekten und Simulationssoftware-App zur Betriebsfestigkeitsrechnung anhand von Ontologien	
Technische Hochschule Deggendorf - Technologie Campus Freyung und Technologie Campus Hutthurm	
Laufzeit des Vorhabens: 01.02.2021 bis 31.07.2024	
https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/30965	Förderkennzeichen: 13XP5121B
https://doi.org/10.34657/30034	Datei: BMBF13XP5121B.pdf (1.53 MB)
Zusammenfassung Ressourceneffizienz kann auch durch vollständiges Ausschöpfen der technisch möglichen Lebensdauer praktiziert werden. Daher wurde das Projekt SensoTwin ins Leben gerufen, um ausgehend von der Vereinigung von Simulation des Herstellungsprozesses gepaart mit zweckmäßigen Mehrskalenmodellen eine Software-App zu gestalten, die die umfängliche Lebensdauerextrapolation eines Windkraftanlagenrotorblattes, basierend auf dem Konzept des digitalen Zwillings, umfasst.	

DIGITALISIERUNG SMARTER MATERIALIEN UND IHRER HERSTELLUNGSPROZESSE



Projektlaufzeit: 01.02.2021 – 30.06.2024

KONSORTIALPARTNER

- Technische Universität Berlin, FG Elektromechanische Konstruktionen
- Universität zu Lübeck
- Technische Universität Ilmenau
- Technische Universität Chemnitz
- Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU, Chemnitz
- Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung, Potsdam
- Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS, Dresden



Kurzfassung

Werkstoffliche und damit verbundene technologische Innovationen sind eine wesentliche Triebkraft für innovative Produkte. Das gilt besonders für die sogenannten „smarten Materialien“. Diese besitzen die ausgeprägte Eigenschaft, auf externe Einflüsse (wie elektrische, magnetische und thermische Anregungen), z. B. durch Verformung, zu reagieren. Im Verbundvorhaben wurden exemplarisch die Teilklassen der smarten Materialien piezoelektrische Keramiken (PC), thermische und magnetische Formgedächtniswerkstoffe (SMA und MSMA) sowie dielektrische Elastomere (DE) betrachtet. Aufgrund des komplexen und vom Herstellungsprozess abhängigen Materialverhaltens erfordert eine zielgerichtete Entwicklung smarter Materialien jedoch eine exakte Beschreibung der Eigenschaften sowie der dafür notwendigen Herstellungsprozesse. Das Verbundvorhaben fokussierte auf eine digitale Abbildung der Materialien und ihrer Herstellungsprozesse, womit eine beschleunigte Entwicklung von Werkstoffen und Prozesstechnologien im industriellen Maßstab ermöglicht werden soll, um im internationalen Wettbewerb Vorteile erlangen und Marktchancen wahrnehmen zu können. Der ontologische Zugriff auf Materialkennwerte und Wandlercharakteristika ermöglicht Anwendern einen vereinfachten Vergleich und unterstützt deren Auswahl für ihre Applikationen. Aus informationstechnischer Perspektive erfordert dies, ontologische Artefakte zu entwickeln, mit denen der Zugriff auf materialwissenschaftliche Erkenntnisse, die in Datenstrukturen und Modelle auf unterschiedlichen Skalenebenen gespeichert sind, einheitlich und effizient zu gestalten. Um die praxisnahe Nutzbarkeit der ontologischen Artefakte zu garantieren, wurden diese auf Basis des Ontologie-basierten Datenzugriffs (engl. ontology-based data access, OBDA) entwickelt, was u. a. einen Zugriff auf heterogene Datenbanken ermöglicht. Dieses theoretisch fundierte und industriell bewährte Paradigma der Informationsgewinnung wurde im Forschungsvorhaben um mathematische Modellgleichungen für den Ontologie-basierten Daten- und Modellzugriff (OBDMA) erweitert.

Abstract

Material and associated technological innovations are a key driving force for innovative products. This applies in particular to so-called "smart materials". These have the distinct property of reacting to external influences (such as electrical, magnetic and thermal stimuli), e.g. through deformation. In the joint project, the subclasses of smart materials piezoelectric ceramics (PC), thermal and magnetic shape memory materials (SMA and MSMA) and dielectric elastomers (DE) were considered as examples. However, due to the complex material behavior, which depends on the manufacturing process, the targeted development of smart materials requires an exact description of the properties and the necessary manufacturing processes. The joint project focused on a digital representation of the materials and their manufacturing processes, which should enable an accelerated development of materials and process technologies on an industrial scale in order to gain advantages in international competition and take advantage of market opportunities. Ontological access to material parameters and transducer characteristics enables users to make a simplified comparison and supports their selection for their applications. From an information technology perspective, this requires the development of ontological artifacts with which access to material science findings, which are stored in data structures and models at different scale levels, can be designed uniformly and efficiently. In order to guarantee the practical usability of the ontological artifacts, they were developed on the basis of ontology-based data access (OBDA), which enables access to heterogeneous databases, among other things. This theoretically sound and industrially proven paradigm of information retrieval was extended in the research project by mathematical model equations for ontology-based data and model access (OB-DMA).

<https://www.material-digital.de/project/SmaDi>

Teilvorhaben Digitalisierte Abbildung von Modellen für MSM- und DE-basierte Materialsysteme	
Technische Universität Berlin, FG Elektromechanische Konstruktionen	
Laufzeit des Vorhabens: 01.02.2021 – 30.06.2024	
https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/28755	Förderkennzeichen: 13XP5124A
https://doi.org/10.34657/27824	Datei: BMBF13XP5124A.pdf (3.38 MB)
Zusammenfassung Werkstoffliche und damit verbundene technologische Innovationen sind eine wesentliche Triebkraft für innovative Produkte. Das gilt besonders für die sogenannten „Smarten Materialien“. Diese besitzen die inhärente Eigenschaft, auf externe Einflüsse (wie elektrische, magnetische und thermische Anregungen), z. B. durch Verformung, zu reagieren. Im Verbundvorhaben wurden exemplarisch vier Materialteilklassen der smarten Materialien betrachtet, wobei die TU-Berlin sich mit den magnetischen Formgedächtnislegierungen (MSMA) und den dielektrischen Elastomeren (DE) befasste. Das Verbundvorhaben fokussierte auf eine digitale Abbildung der Materialien und ihrer Herstellungsprozesse, womit eine beschleunigte Entwicklung von Werkstoffen und Prozesstechnologien im industriellen Maßstab ermöglicht werden sollte. Fokus der TU-Berlin lag dabei auf der Erarbeitung und Aufbereitung passender Modelle, die u. a. eine Verknüpfung der verschiedenen Betrachtungsebenen und damit eine effiziente Materialentwicklung auf Bauteilebene ermöglichen.	

Teilvorhaben Ontologie-basierter Zugriff auf Daten und Modelle (OBDMA)	
Universität zu Lübeck, Institut für Informationssysteme	
Laufzeit des Vorhabens: 01.02.2021 – 30.06.2024	
https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/26509	Förderkennzeichen: 13XP5124B
https://doi.org/10.34657/25526	Datei: BMBF13XP5124B.pdf (719.48 KB)
Zusammenfassung Das Vorhaben ist Teil des Gesamtverbundprojekts SmaDi zur „Digitalisierung smarter Materialien und Ihrer Herstellungsprozesse“, das sich insbesondere mit einem einheitlichen digitalen Zugriff auf die folgenden vier Materialklassen beschäftigt: thermische Formgedächtnislegierungen (FGL), magnetische Formgedächtnislegierungen (MSM), piezoelektrische Keramiken (PEK) und dielektrische Elastomere (DE). Um eine domänenübergreifende vergleichende Bewertung von verschiedenen Klassen smarter Materialien systematisch zu ermöglichen, ist es aus informationstechnischer Perspektive erforderlich, ontologische (semantische) Artefakte zu entwickeln, mit denen der Zugriff auf materialwissenschaftliche Erkenntnisse über Datenstrukturen und Modelle (für verschiedene Beschreibungsebenen) einheitlich und effizient gestaltet wird. Um die praxisnahe Nutzbarkeit der ontologischen Artefakte zu garantieren, werden diese auf Basis des Ontologie-basierten Datenzugriffs¹ (engl. ontology-based data access, OBDA) entwickelt.	

Teilvorhaben Ontologie-basierte Digitalisierung piezoelektrischer Materialien und Modelle	
Technische Universität Ilmenau, FG Mechatronik	
Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2021 – 30.06.2024	
https://oa.tib.eu/renate/items/1fd1477e-6995-4526-af93-e0dd2f44652b	Förderkennzeichen: 13XP5124C
https://doi.org/10.34657/33624	Dateien: BMBF_13XP5124C_Schlussbericht_Teil-I-Kurzbericht.pdf (168.96 KB) BMBF_13XP5124C_Schlussbericht_Teil-II-Eingehende-Darstellung.pdf (3.34 MB)
Zusammenfassung Von den smarten Materialien sind bleihaltige piezokeramische Materialien im Markt am weitesten verbreitet, haben daher die meisten Anwendungen und sind auch durch die jahrzehntelange Forschung und Entwicklung am weitesten erforscht. Weit weniger erforscht hinsichtlich des Materialverhaltens, der Materialnutzung und der Materialherstellung sind die bleifreien Piezokeramiken. Während also die bleifreien Piezokeramiken noch deutliche Lücken im Grundlagenbereich haben, ist es bei den bleihaltigen Piezokeramiken die starke Marktstellung und die Problematik der Entwicklung für die Anwender und der potenziellen Nutzung durch Anwender, welche dieses Teilvorhaben und das Teilvorhaben des Partners IKTS adressiert haben.	

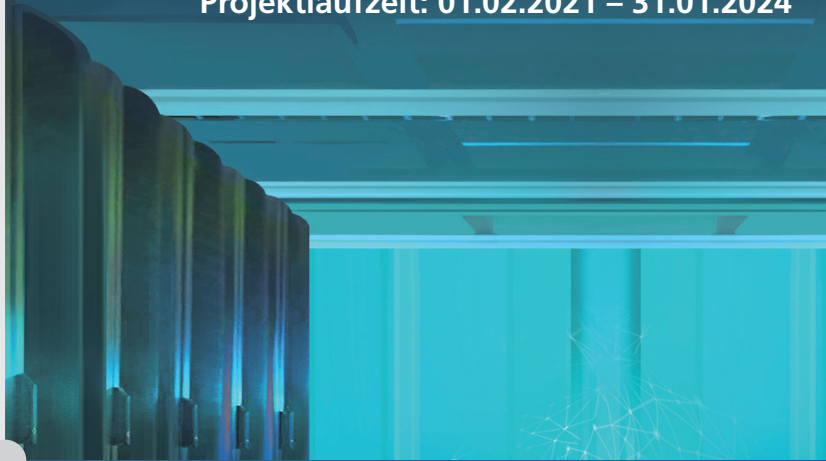
Teilvorhaben Materialcharakterisierung und Verarbeitungsprozesse von SMA	
Technische Universität Chemnitz, FG Werkstoffwissenschaft	
Laufzeit des Vorhabens: 01.02.2021 – 30.06.2024	
https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/34473	Förderkennzeichen: 13XP5124D
https://doi.org/10.34657/33541	Datei: BMBF13XP5124D-SmaDi-TU Chemnitz.pdf (3.18 MB)
Zusammenfassung Im Bereich der thermischen Formgedächtnislegierungen (FGL, englisch: Shape Memory Alloys, SMA(s)) existieren bereits seit geraumer Zeit theoretisch fundierte und mathematisch anspruchsvoll ausformulierte Modelle, die das Umwandlungsverhalten in Abhängigkeit von Temperatur und mechanischer Spannung abbilden können. In diesen Modellen werden praxisrelevante Einflussfaktoren jedoch nur unzureichend berücksichtigt. Diese Aspekte sind oft nur indirekt über ihre Wirkung auf Umwandlungstemperaturen und -spannungen in entsprechenden Modellen implementiert. Obwohl umfangreiches Wissen und experimentelle Daten verfügbar sind, bleibt die Datenlage aus Anwendersicht heterogen und schwer zugänglich. Bisherige Lösungsansätze, wie beispielsweise die Arbeiten der Gruppe um Othmane Benafan am NASA Glenn Research Center in den USA, fokussieren sich primär auf die Visualisierung empirischer Zusammenhänge, ohne ganzheitliche Modellansätze oder eine benutzerfreundliche Schnittstelle bereitzustellen. Daher zielte innerhalb des Gesamtverbunds SmaDi das Teilvorhaben „Materialcharakterisierung und Verarbeitungsprozesse von SMA“ auf die Integration der skalenübergreifenden Beschreibung der Materialklasse der FGL in eine digitale Informationsarchitektur, der Innovationsplattform MaterialDigital, ab.	

Teilvorhaben MSM-Materialcharakterisierung, Verarbeitungsprozesse und FGL-Modellierung bis zum Bauteil	
Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU, Dresden	
Teilvorhaben Dielektrische Elastomere: Materialcharakterisierung und Verarbeitungsprozesse	
Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung, Potsdam	
Teilvorhaben Material-, Technologie- und Messdaten piezokeramischer Werkstoffe zur ontologie-basierten Digitalisierung	
Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS, Dresden	
Laufzeit des Vorhabens: 01.02.2021 – 30.06.2024	
https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/27029	Förderkennzeichen: 13XP5124E
https://doi.org/10.34657/26261	Datei: BMBF13XP5124E.pdf (4.04 MB)
Zusammenfassung Das Konsortium strebte an, erstmals im Bereich der smarten Materialien, ein Ontologie-basiertes Paradigma zur Informationsverarbeitung zu entwickeln. Die Teilvorhaben konzentrierten sich inhaltlich auf die Funktionsmaterialien thermische (FGL bzw. engl. SMA) und magnetische (MSM) Formgedächtniswerkstoffe am Fraunhofer IWU, dielektrische Elastomere (DE) am Fraunhofer IAP und piezoelektrische Keramiken (PC) am Fraunhofer IKTS. Die konkrete Zielstellung des Verbundprojektes war dabei die Entwicklung einer digitalen Abbildung dieser Materialien und Bauelemente sowie ihrer Herstellungsprozesse. Das für die industrielle Praxis notwendige Wissen zum makroskopischen linearen und nichtlinearen Materialverhalten einschließlich der relevanten Herstellungsprozesse wurde über Datenbanken verknüpft. Über die mikrostrukturbasierten und kontinuumsphysikalischen Materialmodelle sowie daraus abgeleiteter Bauelementmodelle der Teilklassen hinaus wurde eine konsistente Beschreibung der beteiligten physikalischen Domänen angestrebt. Die im Vorhaben gewählte Methodik verfolgte explizit das Ziel, die Ontologie im Rahmen eines bewährten Informationsverarbeitungsparadigmas in enger Zusammenarbeit mit der Innovationsplattform MaterialDigital zu entwickeln und zu testen.	

ONTOLOGIE-BASIERTE INTEROPERABLE WORKFLOWS ZUR ENTWICKLUNG UND OPTIMIERUNG VON STAHLWERKSTOFFEN FÜR DEN BAUTEILEINSATZ: VON DER BLECHHALBZEUGHERSTELLUNG ZUR CRASHSICHERHEIT



Projektlaufzeit: 01.02.2021 – 31.01.2024



KONSORTIALPARTNER

- Max-Planck-Institut für Nachhaltige Materialien, Düsseldorf
- Institut für Angewandte Informatik InfAI, Leipzig
- Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM, Freiburg



Kurzfassung

Vom Stahlblech zur Crashesicherheit mit innovativen digitalen Strategien

Das Projekt StahlDigital erarbeitet neue digitale Strategien für Stahlwerkstoffe. Dabei werden sowohl die Herstellung des Materials (des Stahls selbst), die Verarbeitungsprozesse wie auch das Design der fertigen Bauteile betrachtet, damit diese zukünftig schneller und passgenauer entwickelt werden können. Neuartige Methoden der digitalen Wissens- und Datenverarbeitung kommen hierbei zum Einsatz. Ziel des Projektes ist es, ein anwendungsspezifisches Wissensnetz am Beispiel der Prozesskette von zwei Stahlblechwerkstoffen zu entwickeln und zu etablieren. Dazu werden Software-Werkzeuge für flexible Prozessabläufe bei Simulationen und Versuchen erstellt. Die Leistungsfähigkeit dieser Werkzeuge wird anhand industrieller Anwendungsszenarien im Rahmen der Entwicklung und Optimierung von Stahlblechen für Karosseriebauteile demonstriert. Dabei wird der gesamte Herstellungsprozess von der Halbzeugherstellung über die Bauteilherstellung bis zur Bauteileigenschaft (Crashesicherheit) mit einbezogen.

Die Projektergebnisse legen die Grundlagen für die beschleunigte Einführung von neuen Werkstoffen und Prozessen in der Produktentwicklung von Blechbauteilen. Entwicklungszeiten und -kosten können so reduziert werden. Aufgrund der Übertragbarkeit der Projektergebnisse, insbesondere über die Plattform MaterialDigital, werden die Materialforschung sowie die Herstellung und Verarbeitung von Materialien mit digitalen Methoden, Konzepten und Verfahren nachhaltig gestärkt.

Abstract

From steel sheet to crash safety with innovative digital strategies

The StahlDigital project is developing new digital strategies for steel materials. It looks at the production of the material (the steel itself), the processing procedures and the design of the finished components so that they can be developed more quickly and more accurately in the future. Novel methods of digital knowledge and data processing are used here. The aim of the project is to develop and establish an application-specific knowledge network using the example of the process chain of two sheet steel materials. To this end, software tools for flexible process sequences in simulations and tests are being created. The performance of these tools will be demonstrated using industrial application scenarios in the context of the development and optimisation of sheet steel for car body components. The entire manufacturing process from semi-finished product production to component production and component properties (crash safety) is included. The project results lay the foundations for the accelerated introduction of new materials and processes in the product development of sheet metal components. Development times and costs can thus be reduced. Due to the transferability of the project results, especially via the MaterialDigital platform, materials research as well as the production and processing of materials with digital methods, concepts and processes will be strengthened in the long term.

<https://www.material-digital.de/project/StahlDigital>

Teilvorhaben Workflows und Plattformintegration	
Max-Planck-Institut für Nachhaltige Materialien (vormals MPI für Eisenforschung), Düsseldorf	
Laufzeit des Vorhabens: 01.02.2021 – 31.05.2024	
https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/26406	Förderkennzeichen: 13XP5116A
https://doi.org/10.34657/25423	Datei: BMBF13XP5116A.pdf (1.5 MB)
Zusammenfassung Es war das Ziel von Stahl<i>Digital</i>, Ontologie-basiert einen interoperablen Workflow mit zugehöriger Datenspeicherung in einem modularen Datenraum zu schaffen, den Mehrwert für den Anwendungsfall Karosseriebauteile zu demonstrieren und die Ergebnisse in die Plattform Material<i>Digital</i> zu integrieren. Die Leistungsfähigkeit dieses Ansatzes sollte für den mikrolegierten Stahl HX340LAD und den Dualphasenstahl HCT980X (DP1000) beispielhaft demonstriert werden und reicht von der Halbzeugherstellung, über die Bauteilherstellung (am Beispiel Umformen) bis zum Bauteileinsatz (am Beispiel Crashesicherheit).	

Teilvorhaben Vokabular- und Ontologieentwicklung	
Institut für Angewandte Informatik InfAI, Leipzig	
Laufzeit des Vorhabens: 01.02.2021 – 31.05.2024	
https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/26478	Förderkennzeichen: 13XP5116B
https://doi.org/10.34657/25495	Datei: BMBF13XP5116B.pdf (576.77 KB)
Zusammenfassung Das vom BMBF von 2021 bis 2024 geförderte Forschungsprojekt Stahl<i>Digital</i> adressiert die Herausforderung ontologiebasiert einen interoperablen Workflow moderner Stahlherstellung und -verarbeitung zu schaffen und in die Plattform Material<i>Digital</i> zu integrieren. Der Lösungsansatz für diese materialwissenschaftlichen Herausforderungen der digitalen Transformation verfolgte dabei die folgenden drei Teilziele: 1. Entwicklung einer Domänen-spezifischen Ontologie am Beispiel der Prozesskette von zwei Stahlwerkstoffen 2. Ontologie-basierte interoperable Workflows für Simulationstools und Daten 3. Demonstration der Leistungsfähigkeit anhand industrieller Anwendungsszenarien im Kontext der Stahlherstellung und -verarbeitung. Um Ontologien zur Datenrepräsentation inkl. domänenspezifischer Semantik zu verwenden und diese mit heterogenen Datenartefakten sowie Metadaten zu vernetzen, sind Vokabulare (Terminologischer Formalismus) zu entwickeln resp. bestehende zu erweitern. Diese Vokabulare ermöglichen bei der Anwendung (Assertionaler Formalismus) die kontextbezogene, semantische, interoperable und maschinenlesbare Integration von Daten. Im Kontext von Stahl<i>Digital</i> wurden hierbei vorrangig Informationen für und aus Simulationsprozessketten für die Bauteilherstellung auf Basis von Stahlwerkstoffen verarbeitet.	

Teilvorhaben Ontologie-basierter Datenraum und interoperable Workflows	
Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM, Freiburg	
Laufzeit des Vorhabens: 01.02.2021 – 31.01.2024	
https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/26352	Förderkennzeichen: 13XP5116C
https://doi.org/10.34657/25369	Datei: BMBF13XP5116C.pdf (1.52 MB)
Zusammenfassung Ziel des Verbundprojektes StahlDigital war es, Ontologie-basiert einen interoperablen Workflow mit zugehöriger Datenspeicherung in einem modularen Datenraum zu schaffen und den Mehrwert für den Anwendungsfall Karosseriebauteile zu demonstrieren. Die Leistungsfähigkeit dieses Ansatzes sollte für den mikrolegierten Stahl HX340LAD und den Dualphasenstahl HCT980X (DP1000) beispielhaft demonstriert werden und von der Halbzeugherstellung, über die Bauteilherstellung (Umformen) bis zum Bauteileinsatz (Crashsicherheit) reichen. Im Teilvorhaben „Ontologie-basierter Datenraum und interoperable Workflows“ des Fraunhofer IWM ergaben sich daraus folgende Teilziele: • Entwicklung einer Domänenontologie für Stahlblechwerkstoffe sowie deren zugehörige Versuche für die Werkstoffprüfung und Charakterisierung, die Halbzeugverarbeitung durch Umformen sowie die Beschreibung des Bauteils und der Bauteileigenschaften. • Erstellung eines Ontologie-basierten Datenraums mit Anbindung an die Workflowmanagement-Software pyiron des Max-Planck-Instituts für Nachhaltige Materialien. • Methodische und softwaretechnische Integration Ontologie-basierter Workflows durch die Open Simulation Plattform (entwickelt im EU-Projekt SimPhoNy) und pyiron. • Integration von Versuchsdaten in den Ontologie-basierten Datenraum (vorhandene Daten aus öffentlichen Projekten sowie Daten aus Versuchen im Projekt). • Demonstration der Leistungsfähigkeit am Beispiel einer Prozesskette der Stahlverarbeitung.	