

## **”Faktor Mensch” in der Entwicklung von zuverlässigen Werkstoffen – eine Assistenz zur Unterstützung menschlicher Entscheidungen und Einflussgrößen**

Kristin MEYER<sup>1</sup>, Marco JENNERICH<sup>1</sup>, Oliver STRÄTER<sup>1</sup>, Philipp SÄLZER<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Institut für Arbeitswissenschaft, Universität Kassel  
Heinrich-Plett-Str.40, D-34132 Kassel*

<sup>2</sup>*Institut für Werkstofftechnik, Universität Kassel  
Mönchebergstraße 3, D-34125 Kassel*

**Kurzfassung:** In vielen technologischen Anwendungen und auch im Rahmen der Energiewende zur Ressourcenschonung ist es von Bedeutung Werkstoffe zu nutzen, die besonderen Anforderungen gerecht werden, sogenannte Hochleistungswerkstoffe. In den letzten Jahren konnte gerade im Bereich des menschlichen Einflusses festgestellt werden, dass es zu unvorhersehbarem Versagen solcher Werkstoffe gekommen ist. Die Auswahl der Rohstoffe, deren technische Integrität sowie die Herstellung und Prüfung der neuen Materialien stellen den Werkstoffentwickler vor besondere Herausforderungen. Ferner blieb bislang der Einfluss des Menschen auf die Eigenschaften des Werkstoffs und somit auf die Sicherheit und Zuverlässigkeit in der industriellen Anwendung unberücksichtigt.

Das Forscherteam der Universität Kassel widmet sich seit einigen Monaten dieser Fragestellung, um unter anderen eine strategische Vorausschau der Verfügbarkeit, Ökologie und Akzeptanz in die Zuverlässigkeit und Herstellprozesse der neuartigen Materialien einzubinden. Mithilfe eines Safety-Screening Prozesses sollen die Werkstoffentwickler mögliche Leistungsgrenzen und Wechselwirkungen, die zu einem Werkstoffversagen führen können, erkennen und auch für nicht-technische Fragestellungen entlang der Wirkungskette sensibilisiert werden. Ein multimedialer Kontext wird in diesem Zusammenhang das Safety Screening unterstützen.

**Schlüsselwörter:** Faktor Mensch in der Werkstoffentwicklung, Zielkonflikte in der Materialforschung, Safer Material Fundamentals, Safety Screening

### **1. Ausgangslage/Problemstellung**

Im Rahmen der Exzellenzinitiative "Landes-Offensive zur Entwicklung wissenschaftlich-ökonomischer Exzellenz" -kurz LOEWE- werden vom Land Hessen besondere Verbundvorhaben aus der Forschung und Industrie gefördert. Im Projektverbund „Safer Materials“ der Universität Kassel beschäftigt sich eine interdisziplinäre Gruppe aus Wissenschaft und Forschung mit der Entwicklung von sicheren und zuverlässigen Werkstoffen.

Eine zentrale Größe bei der Entwicklung dieser neuartigen Hochleistungswerkstoffe stellt der Mensch dar, insbesondere der Werkstoffentwickler, denn er trifft wesentliche Steuerungsentscheidungen im Materialentwicklungszyklus. Die Beschaffung geeigneter Rohstoffe, deren technische Integrität und die Verarbeitung dieser (auch unter dem Gesichtspunkt der „Ressourceneffizienz“) stellen fundamentale Anforderungen an das Entwicklerteam, da diese kaum oder nur schwer zu vereinbaren sind mit einem gleichbleibenden Eigenschafts- und Belastungsportfolio der Materialien. So haben beispielsweise herkunfts- oder saisonal bedingte Chargenschwankungen von biogenen Füllstoffen bei der Entwicklung von WPC (Wood-Polymer-Composites) unvorhergesehene Auswirkungen auf die Werkstoffmorphologie zur Folge, die das Versagensverhalten der Werkstoffe wiederum maßgeblich beeinflussen.

Die Leitidee des Fachgebiets Arbeits- und Organisationspsychologie (Uni Kassel) besteht darin, diejenigen fundamentalen Anforderungen zu bestimmen, zu diskutieren und zu bewerten, denen der Mensch in seinen Tätigkeiten zur Entwicklung eines zuverlässigen Werkstoffs gerecht werden muss. Während diesen Tätigkeiten werden Entscheidungen getroffen, die mit hohen Freiheitsgraden verbunden sind und

- mit späteren Anforderungen im Entwicklungskreislauf wechselwirken (diese verschärfen oder vereinfachen)
- somit zu einem Auslenken des Systems führen können
- sich in den späteren Werkstoffeigenschaften widerspiegeln und zu einem (schleichenden) Werkstoffversagen führen können

## 2. Herangehensweise

Im ersten Schritt wurden die spezifischen Anforderungen und damit einhergehende Randbedingungen in einem übergeordneten Wirkungskreislauf für verschiedene Modellwerkstoffe systematisiert. Zu diesem Zweck wurden Videoaufzeichnungen des jeweiligen Herstellprozess getätigt, es wurden Befragungen durchgeführt zu vorbereitenden, nachbereitenden Maßnahmen und Ergebnisse aus den Prüf- und Analysetätigkeiten zum jeweiligen Werkstoff erläutert. So wurden schrittweise die Tätigkeiten entlang des Herstellungs- und Verarbeitungskreislaufs mit den beteiligten Projektpartnern analysiert, sodass im Ergebnis ein grundlegendes gemeinsames Verständnis für die Anforderungen in den verschiedenen Entscheidungsstufen entstand.

Im zweiten Schritt wurde auf Basis der Ergebnisse innerhalb der Anforderungsanalyse ein Fragenkatalog entwickelt, der sukzessive die einzelnen Stufen des Herstellungs- und Verarbeitungszyklus eines Modellwerkstoffs behandelt. Inhaltlich wurde für jede Anforderung der kritischen Parameter in den Tätigkeiten eine übergeordnete Frage erstellt. Je nach Ermessen des Werkstoffexperten wird entschieden, wie spezifisch der Einfluss dieser Anforderung beantwortet werden muss (in drei Unterfragen) und wie kritisch die Entscheidungen zur Zuverlässigkeit des Werkstoffs beitragen. So sind beispielsweise menschliche Entscheidungen, welche die Verfahrensweisen in der bildgebenden Analyse der Werkstoffproben betreffen für unterschiedliche Entwicklungsszenarien der Werkstoffe von unterschiedlicher Bedeutung. Es spielt für die Werkstoffcharakterisierung des Sekundäraluminiums eine entscheidende Rolle wie viele Proben untersucht werden

und wie detailliert dies geschieht. Bei der mineralischen Verklebung von ultrahochfesten Betonen dagegen trägt die dynamische Bildanalyse zur Charakterisierung des Werkstoffverhaltens (und somit zur Zuverlässigkeit der Werkstoffe) wenig bei. Die Freiheitsgrade hinsichtlich der Probenanzahl und der Analytik dieser sind also bei der Erstellung von Sekundaraluminium geringer als dies bei der Verklebung von UHPC-Platten der Fall ist.

Der Safety-Screening-Fragenkatalog soll die Werkstoffentwickler für diejenigen fundamentalen Anforderungen sensibilisieren, die in ihrem Herstellszenario einen Einfluss auf die Werkstoffzuverlässigkeit üben. Mit Hilfe der Diskussion und Verkettung von nicht-technischen Zusammenhängen soll ebenso ein Blick für mögliche Wechselwirkungen und Schwierigkeiten innerhalb der industriellen Herstellung und Verarbeitung gewonnen werden. Die Beteiligung an solchen Screening-Verfahren kann außerdem dazu beitragen, dass der Personenkreis zur Identifikation neuer Zuverlässigkeitsdefizite und Wechselwirkungen beiträgt und zeitgleich prüft, ob die realistische Umsetzbarkeit neuer Maßnahmen und Verfahrensweisen gegeben ist (Balfe et al. 2016).

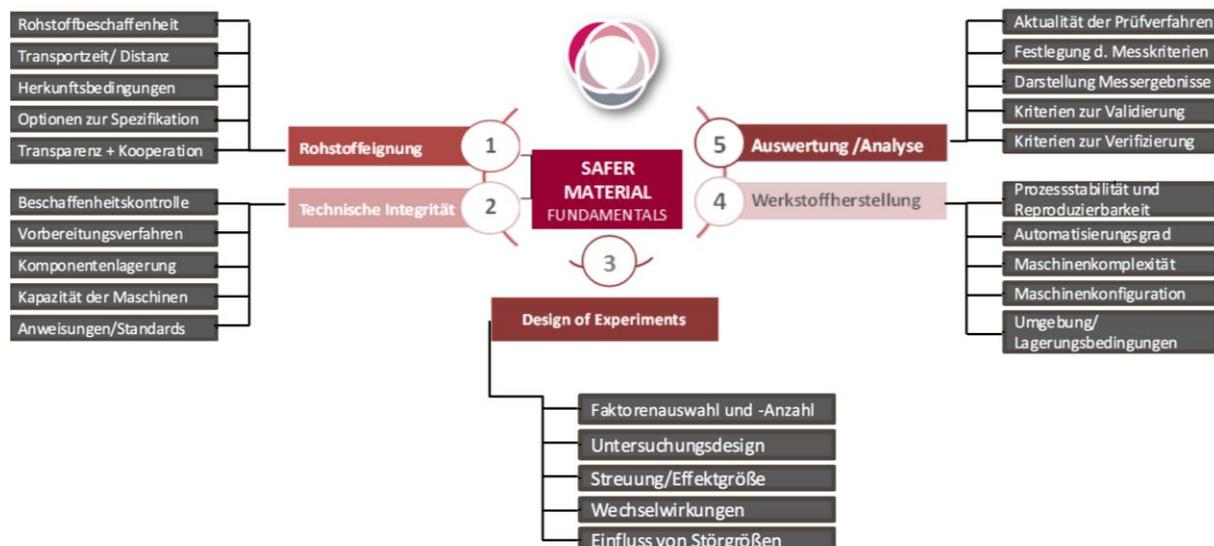
Aufbauend auf einem festgelegten Versagensbild des Werkstoffes, wird ausgehend von Anforderungen seitens der Rohstoffbeschaffung, wie zum Beispiel Chargenschwankungen oder Kooperationsbereitschaft seitens der Hersteller, auch die technische Integrität neuer Komponenten in bestehende Verarbeitungsprozesse diskutiert. Weiterhin ist es für die Forschung und Entwicklung der Werkstoffe relevant, wie detailliert das Versuchsdesign geplant ist, sprich welche Einflussfaktoren in welchem Zusammenhang mit anderen Einflussfaktoren berücksichtigt werden und ob es bereits Versuchsreihen mit validen Ergebnissen in einem ähnlichen Untersuchungskontext gab. Als eine übergeordnete Einflussgruppe spielt im Weiteren die Aktualität der Analytik- und Prüfinstrumente, als auch der Umgang mit diesen Instrumenten eine Rolle. Für die Anwendung und Herstellung der Werkstoffe im industriellen Kontext ist es von Bedeutung, dass die „ermittelte“ Zuverlässigkeit der neuen Werkstoffe in einem ähnlichen Untersuchungsverfahren geprüft, simuliert oder modelliert wird, wie dies im universitären Umfeld der Fall ist (oder unter ähnlichen Bedingungen in der Uni wie in der industriellen Anwendung).

### 3. Praktische Umsetzung

Die fundamentalen Anforderungen für die Entwicklung der Werkstoffe im Bereich der ultrahochfesten Betone, der biobasierten Kunststoffe und des recycelten Aluminiums werden mit Hilfe des Safety Screening Verfahrens in einem digitalen Projektionsraum des Fachgebiets Arbeits- und Organisationspsychologie evaluiert. In Vorbereitung werden systemische Zusammenhänge und konkrete Zielkonflikte, welche zur problembehafteten Entwicklung des jeweiligen Werkstoffs beitragen können, informatorisch aufbereitet. Zur Diskussion und Vertiefung der grundlegenden Anforderungen im Herstellungsumfeld, werden diese mit Hilfe von Abbildungen, Kennzahlen zur spezifischen Fragestellung im Prozess visualisiert. Beispielsweise spielt die Auswahl bestimmter technischer Komponenten zur Konfiguration der Maschinen für die Herstellung biobasierter Kunststoffe eine Rolle, oder die Anforderungen im Bereich der dynamischen Bildanalytik zur Beurteilung der Proben.

Im Weiteren wird mit Hilfe eines übergeordneten Schemas der *Safer Material Fundamentals* eine Gewichtung der Wechselwirkungen für den zu entwickelnden Werkstoff vorgenommen. Durch die bildhafte Darstellung der Problem-

zusammenhänge für das jeweilige Fundamental, können diese besser kombiniert und eingebunden werden. Dies soll zu einem gemeinsamen Verständnis der Experten (Werkstoffentwickler aus Forschung und Industrie) zum Thema Zuverlässigkeit beitragen. Auch dies ist Gegenstand der Evaluierung und trägt dazu bei, mögliche Inkonsistenzen transparenter zu gestalten.



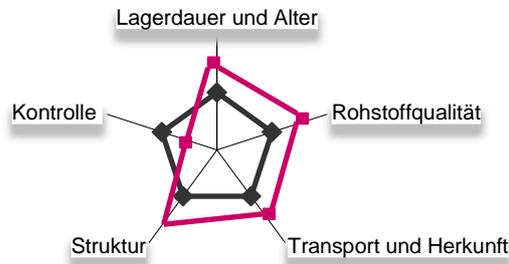
**Abbildung 1:** Fundamentals zur Gewichtung der Wechselwirkungen

Außerdem werden die im Produktionsprozess verankerten Wirkzusammenhänge in „Echtzeit“ und in realen Detail- und Größenverhältnissen dargestellt, wie zum Beispiel die Konfiguration der Maschinen bei der Herstellung der Wood-Polymer-Compounds (WPC). Somit kann auf einfache Weise ein komplexer Sachverhalt geklärt und ein Eindruck zur Beurteilung einer Problemstellung generiert werden. Dieser Ansatz ermöglicht die Kopplung von Beurteilung und zugleich realer Einstellung des Prozesses und damit verbundenen technischen Systems aufgrund vorhandener Erfahrung und Konzepte der Experten (Sträter & Bubb, 2003).

Ziel dieser Evaluation ist neben der Sensibilisierung nicht-technischer Zusammenhänge, das Kenntlichmachen derjenigen Anforderungsgröße zur Entwicklung des jeweiligen Hochleistungswerkstoffes, die den Entwickler vor die größte „Hürde“ stellt im Vergleich zur Herstellung gängiger Werkstoffkompositionen. Somit findet eine Bewertung derjenigen kritischen Parameter und Wirkzusammenhänge statt, die der Forscher in der Aufstellung seines Versuchsdesigns, in der Bewertung der Rohstoffeignung oder in der Anpassung der Analyseverfahren berücksichtigen muss. Einen Überblick zur Kritikalität der evaluierten Anforderungsgrößen wird im Verlauf des Werkstoffs-Screenings die Einbindung von Netzdiagrammen ermöglichen. Diese sind so aufgebaut, dass für jede Fundamentalgruppe ein Netzdiagramm ersichtlich ist, aber nur diejenigen Anforderungen ins Gewicht fallen, die zuvor von den Experten als kritische Einflussgröße bewertet wurden.

Um diese mit den zuvor bewerteten Wechselwirkungen für die gesamte Wirkungskette des zu entwickelnden Hochleistungswerkstoffes zu berücksichtigen, wird aus den fünf Fundamentalgruppen eine übergeordnetes Diagramm berechnet. Die subjektive Bewertung der Fundamentals durch die Expertengruppe liefert neben dem Sichtbarmachen möglicher Leistungsgrenzen (unter anderem durch die

## Rohstoffeignung



**Abbildung 2:** Auswertung via Netzdiagramm

Berücksichtigung der Einflussgröße „Mensch“ in nicht-technischen Entscheidungen) auch eine erste Auskunft darüber, welche quantitativen Untersuchungen im Laufe des Forschungsschwerpunkts getätigt werden sollten.

## 4. Diskussion

„Digitale Zusammenarbeit in Gruppen kann zu vielen Vorteilen führen, insbesondere wenn die Zusammenhänge so komplex sind, dass sie einzeln nicht mehr bewältigt werden können.

Allerdings wurde in vielen Fällen auch nachgewiesen, dass die Leistung einer Gruppe geringer sein kann, als wenn die Leistung durch die Mitglieder einzeln erbracht würde“ (Gutschmidt & Sandkuhl, 2015). Der Forschungsgegenstand der geplanten empirischen Untersuchungen liegt darin, die Entscheidungssituationen in Abhängigkeit der informatorischen Darstellungsweise zu beurteilen. Ferner soll mit Hilfe eines Safety Screening Verfahrens für die Materialforschung und unter Einbezug eines multimedialen Settings durch verbesserte informatorische Basis die Qualität der Entscheidungssituation gemessen und verbessert werden.

## 5. Literatur

- Balfe, N.; Leva, M. C.; Ciarapica-Alunni, C.; O'Mahoney, S. (2016) Total project planning: Integration of task analysis, safety analysis and optimisation techniques. Safety Science, Corrected proof. doi:10.1016/j.ssci.2016.10.014
- Eurocontrol (2007) Safety Screening Technique. European Organisation for the Safety Air Navigation, Brussels (Belgium), EUROCONTROL
- Gutschmidt, A., & Sandkuhl, K. (2015). Multi-Touch-Tisch oder Plastikfolie?–Design einer Studie zum Vergleich von Medien in der Modellierung. In Informatik 2015 (Vol. 246, pp. 947-961). Gesellschaft für Informatik.

Sträter, O., & Bubb, H. (2003). Design of systems in settings with remote access to cognitive performance. Handbook of cognitive task design, 333-356.

**Danksagung:** Unser besonderer Dank gilt dem Land Hessen für die finanzielle Förderung des Forschungsschwerpunktes "Safer-Materials" im Rahmen der "Landes-Offensive zur Entwicklung Wissenschaftlich-ökonomischer Exzellenz" (LOEWE).



Gesellschaft für  
Arbeitswissenschaft e.V.

## **Soziotechnische Gestaltung des digitalen Wandels – kreativ, innovativ, sinnhaft**

63. Kongress der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

FHNW Brugg-Windisch, Schweiz

15. – 17. Februar 2017

---

**GfA Press**

---

**Bericht zum 63. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 15. – 17. Februar 2017**

**FHNW Brugg-Windisch, Schweiz**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Dortmund: GfA-Press, 2017

ISBN 978-3-936804-22-5

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Dortmund**

**Schriftleitung: Matthias Jäger**

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet, den Kongressband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen.

USB-Print: Dr. Philipp Baumann, Olten

**Screen design und Umsetzung**

© 2017 fröse multimedia, Frank Fröse

[office@internetkundenservice.de](mailto:office@internetkundenservice.de) · [www.internetkundenservice.de](http://www.internetkundenservice.de)