

KURZINFORMATION ZUM PROJEKT „PFAS: ANWENDUNG, TECHNISCHE FUNKTIONEN UND SUBSTITUTIONS-MÖGLICHKEITEN IN DER INDUSTRIE

Prof. Dr.-Ing. C. Lang-Koetz, INEC – Hochschule Pforzheim,
Dr. Ulrich Hutschek, TIM Consulting
Dr. Christian Kühne, THINKTANK Industrielle Ressourcenstrategien
19. September 2023

Die Europäische Kommission plant ein Verbot der Stoffgruppe der poly- und perfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS). PFAS weisen eine Vielzahl einzigartiger Eigenschaften auf, die für zahlreiche Industriebranchen von essentieller Bedeutung sind. Gleichzeitig stehen sie im Verdacht gesundheitsschädlich zu sein und eine hohe Beständigkeit in der Umwelt zu besitzen.

Vor diesem Hintergrund hat der Think Tank Industrielle Ressourcenstrategien gemeinsam mit dem Institute for Industrial Ecology der Hochschule Pforzheim (INEC) und der Technologiemanagement-Beratung TIM Consulting sowie Unternehmen aus besonders betroffenen Branchen (Medizintechnik, Pharma, Automobilzulieferer) das Projekt **PFAS: Anwendung, technische Funktionen und Substitutionsmöglichkeiten in der Industrie** im Mai dieses Jahres aufgelegt, welches bis Ende November 2023 läuft. Erste Ergebnisse liegen jetzt vor.

Mittels einer durch künstliche Intelligenz gestützten Recherche wurden Substanzen gesucht, die die bisher eingesetzten PFAs ersetzen können und die gleichen Funktionen in industriellen Anwendungen erfüllen. Hierzu wurden:

1. in den Unternehmen genutzte PFAS-Technologiefunktionalitäten ermittelt und sechs PFAS-Top-Technologiefunktionalitäten priorisiert,
2. ein KI-System mit ca. 2.000 Proben für die Fragestellung trainiert,
3. über 35.000 Artikel weltweit mit dem KI-System analysiert,
4. von denen die KI 420 bekannte und etablierte sowie in der Forschung und Entwicklung befindende Substanzen identifizierte und in 32 Clustern strukturierte sowie
5. materialspezifische Funktionsprofile für die Unternehmen erstellt und das anwendungsspezifische Substitutionspotenzial der identifizierten Materialien beurteilt.

Zentrale Erkenntnisse sind:

- Für die beteiligten Unternehmen haben keine oder nur je 2 bis 3 identifizierte Materialien das Potenzial, PFAS zukünftig zu ersetzen. Ein adäquates, sofort oder in Kürze einsetzbares Substitut wurde in keinem der betrachteten Fälle gefunden.
- Diese potentiellen Substitute befinden sich gegenwärtig durchgängig im frühen F/E-Stadium und bedürfen Bewertung noch umfangreicher Forschungs- und Entwicklungsarbeiten deutlich länger als die gegenwärtig diskutierten Fristen von bis zu 13,5 Jahren.
- Die Projektergebnisse können neuen Ansatzpunkte für ihre strategische Fokussierung sowie für die Ausrichtung ihrer Forschung und Entwicklungen aufzeigen.

Die Ergebnisse der Studie werden im November 2023 als Publikation des THINKTANKS veröffentlicht.

Ansprechpartner:

Dr. Christian Kühne
Geschäftsführer
THINKTANK Industrielle Ressourcenstrategien
angesiedelt am Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
c/o UBW Service GmbH
Türlenstrasse 2
70191 Stuttgart
E: christian.kuehne@thinktank-irs.de
M: 0157 35711946

Über den THINKTANK Industrielle Ressourcenstrategien:

Der THINKTANK Industrielle Ressourcenstrategien (THINKTANKirs) wurde im Januar 2018 als gemeinsame Initiative von Politik und Industrie mit Unterstützung der Wissenschaft gegründet, ist am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) angesiedelt und nahm in der zweiten Jahreshälfte 2018 seine Arbeit auf. Er berät auf wissenschaftlicher Basis in den zentralen technologisch-strategischen Fragestellungen zu Ressourceneffizienz, Ressourcennutzung und Ressourcenpolitik. Als unabhängiger Vordenker und Impulsgeber für eine klimaneutrale, ressourcenarme Industriegesellschaft steht er für eine offene, objektive, neutrale Analyse und Bewertung und unterstützt so faktenbasierte Entscheidungen. Getragen wird er gemeinsam von Industriepartnern und Politik, namentlich der Landesregierung Baden-Württemberg unter Federführung des Umweltministeriums und Beteiligung des Staats-, Wirtschafts- und Wissenschaftsministeriums. Seine Grundfinanzierung erfolgt seitens des Landes und durch die Industriepartner durch einen jährlichen Beitrag. Darüber hinaus sind öffentliche Drittmittelprojekte sowie bilaterale Projekte mit den Industriepartnern möglich.

Weitere Informationen unter <https://www.thinktank-irs.de/>.

Institut für Industrial Ecology (INEC)

Das Institut für Industrial Ecology (INEC) der Hochschule Pforzheim befasst sich mit der Analyse von Energie- und Materialflüssen zwischen Technosphäre und Ökosphäre. Ein Schwerpunkt liegt auf der Untersuchung aktueller Innovationsprinzipien und -methoden zur Entwicklung technisch basierter Innovationen.

Weitere Informationen unter <https://www.hs-pforzheim.de/forschung/institute/inec>

Über TIM Consulting

Die in Stuttgart ansässige Managementberatung TIM Consulting berät Industrieunternehmen und industrienaher Organisationen bei technologiestrategischen Fragestellungen, beispielsweise durch Identifikation und Analyse neuer Technologie- und Marktfelder. Dabei kommen KI-gestützte Software-Werkzeuge zum Einsatz, die TIM Consulting selbst entwickelt.

Weitere Informationen unter <https://tim-consulting.de/>

PFAS-Alternativen? Eine KI-gestützte Analyse ausgewählter industrieller Anwendungen

Dr. Christian Kühne

THINKTANK Industrielle Ressourcenstrategien

Ressourcen stehen am Anfang der Wertschöpfungskette und bilden die Basis unseres Wohlstandes.



Der THINKTANK Industrielle Ressourcenstrategien berät Politik und Industrie auf wissenschaftlicher Basis in den zentralen **technologisch-strategischen Fragestellungen zu**

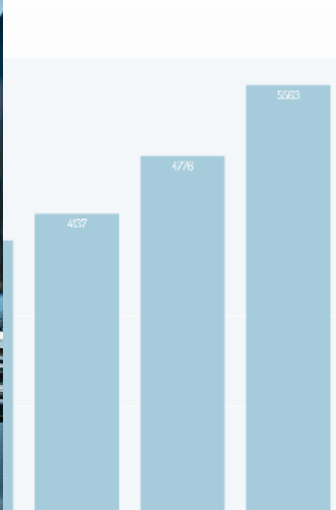
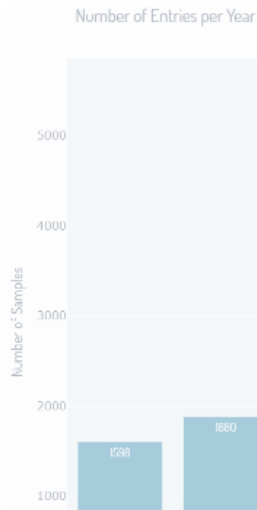
- Ressourceneffizienz,
- Ressourcennutzung und
- Ressourcenpolitik.

Der THINKTANK trägt objektiv Daten und Fakten zusammen, bereitet sie verständlich auf und liefert Ergebnisse, die sowohl von der Politik als auch der Industrie gleichermaßen anerkannt sind.

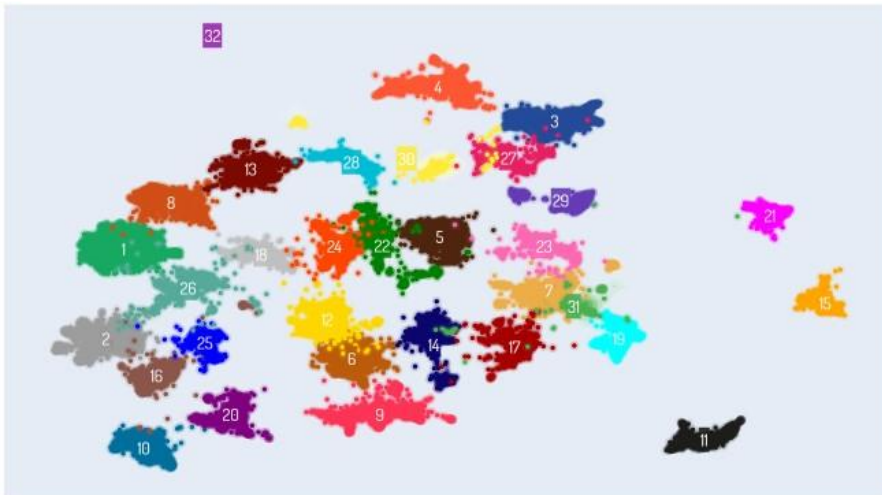
Dr. Christian Kühne
Geschäftsführer



Analyzierte Veröffentlichungen (n= 35.246)

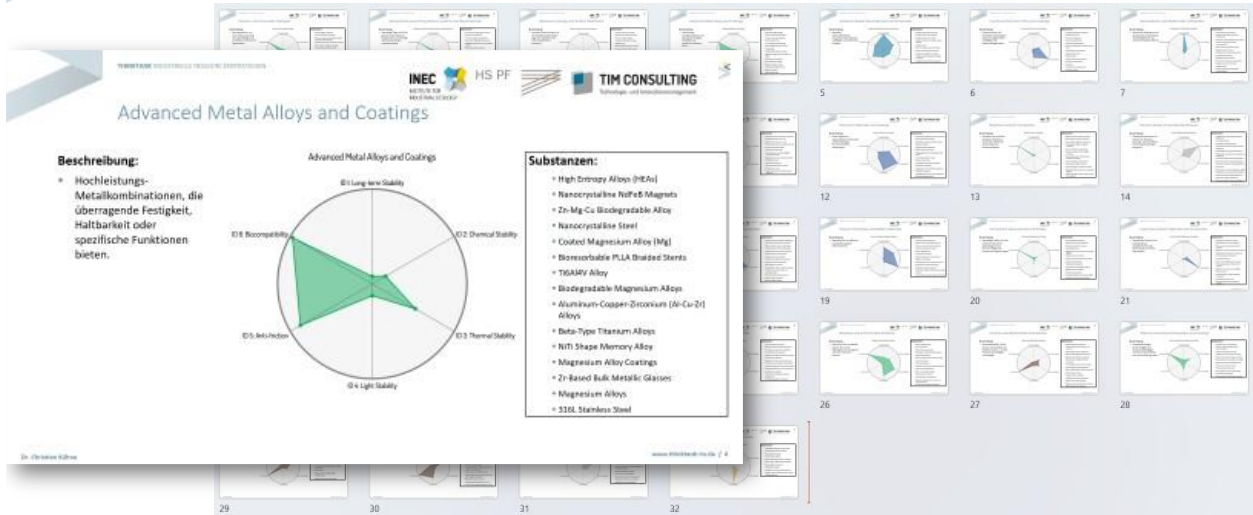


Ergebnisse – 420 identifizierte Materialien in 32 Material -Kategorien



- Cluster 1: Polymer and Composite Hydrogels
- Cluster 2: Nanoparticle-based Drug Delivery Systems and Nanomaterials
- Cluster 3: Advanced Coatings and Surface Treatments
- Cluster 4: Advanced Metal Alloys and Coatings
- Cluster 5: Graphene-Based Nanomaterials and Composites
- Cluster 6: Functional Polymeric Films and Coatings
- Cluster 7: Nanocatalysts and Metal Oxide Composites
- Cluster 8: Biological and Biocompatible Materials
- Cluster 9: Organic and Energetic Compounds
- Cluster 10: Fluorescent Carbon Nanomaterials
- Cluster 11: Halide Perovskite Solar Materials
- Cluster 12: Polymeric Materials and Coatings
- Cluster 13: Bioactive Ceramic Composites
- Cluster 14: Polymer-Based Composite Membranes
- Cluster 15: Phosphor-Based Luminescent Materials
- Cluster 16: Metal and Metal-Based Nanoparticles
- Cluster 17: Inorganic Adsorbents and Framework Materials
- Cluster 18: Cellulose-Based Nanomaterials and Composites
- Cluster 19: Polymer Electrolyte and Battery Materials
- Cluster 20: Fluorescent Nanoparticles and Probes
- Cluster 21: Lead-Free Ceramic Materials and Composites
- Cluster 22: Polymer Nanocomposites and Conductive Materials
- Cluster 23: Metal Oxide Nanocomposites and Thin Films
- Cluster 24: Polymer-Based Composite Materials
- Cluster 25: Magnetic Nanoparticles and Composites
- Cluster 26: Bioactive and Antimicrobial Materials
- Cluster 27: Ceramic and Metal Matrix Composites
- Cluster 28: Titanium-based Nanocomposites and Coatings
- Cluster 29: Transition Metal Dichalcogenide (TMD) Nanomaterials
- Cluster 30: Functional Coatings and Surface Modifications
- Cluster 31: Advanced Ceramic and Composite Materials
- Cluster 32: Modified Asphalt and Bitumen Composites

Ergebnisse - 32 Steckbriefe zu den identifizierten Material -Kategorien



Dr. Christian Kühne

www.thinktanks.de / 22

Ergebnisse - 32 Steckbriefe zu den identifizierten Material -Kategorien

ID	Kategorie	ID	Materialien	MW	#	Long-term Stability	Chemical Stability	Thermal Stability	Light Stability	Anti-Friction	Biocompatibility	SD	Description	Top Papers	Top Components
12	Polymeric Materials and Coatings	12.06	Cationic Gemini Surfactants	2018,7	55	19,1%	10,4%	21,5%	18,4%	18,8%	11,8%	0,04	Chitosan-Alginat-Hydrogel ist ein biokompatibles Material, das aus den natürlichen Polymeren Chitosan und Alginat hergestellt wird. Es wird in der Medizintechnik und Pharmazie eingesetzt, um kontrollierte Arzneimittelfreisetzung zu ermöglichen oder als Gewebeklebstoff und Wundverband. Seine Funktion beruht auf seiner Fähigkeit, Wasser zu absorbieren und dabei seine Form zu behalten, was es zu einem idealen Trägermaterial für verschiedene Anwendungen macht.	Highly Absorbent Antibacterial and Biofilm-Disrupting Hydrogels from Cellulose for Wound Dressing Applications Natural Carrier-free Binary Small Molecule Self-Assembled Hydrogel Synergize Antibacterial Effects and Promote Wound Healing by Inhibiting Virulence Factors and Alleviating the Inflammatory Response Dual-responsive injectable hydrogels encapsulating drug loaded micelles for on-demand antimicrobial activity and accelerated wound healing	hydrogel, chitosan, alginate, gelatin, sodium, cells, composite, aureus, films, solution, antibacterial, drug, crosslinked, staphylococcus, nitric
5	Graphene-Based Nanomaterials and Composites	05.10	Graphene Oxide (GO) Nanocomposites	2018,2	33	19,2%	11,5%	12,6%	19,9%	14,1%	22,6%	0,05	Leitfähige Polymerhydrogele sind wasserhaltige, dreidimensionale Netzwerke aus leitfähigen Polymeren. Sie finden Anwendung in der Biomedizin, Energiespeicherung und Sensortechnik. Durch ihre Fähigkeit, sowohl elektrische Leitfähigkeit als auch Hydrogel-Eigenschaften zu kombinieren, ermöglichen sie eine Reihe von Funktionen, wie die Steuerung der Freisetzung von Arzneimitteln oder die Umwandlung von mechanischer in elektrische Energie.	Room-temperature-formed PEDOT:PSS Hydrogels Enable Injectable, Soft, and Healable Organic Bioelectronics Electroactive interpenetrated biohydrogels as hybrid materials based on conducting polymers Abstracts of Nippon Dojo-Hiryogaku Zasshi 93-6	hydrogel, conductive materials, polymer, hydrogel based, network, sensors, composite electrodes, microfluidic, microgels, natural sensor, gelatin, synthetic, hybrid, metal-based, polymeric
20	Bioactive and Antimicrobial Materials	20.11	Bovine Serum Albumin (BSA)	2018,9	46	20,4%	23,0%	12,4%	12,3%	8,3%	23,7%	0,06	Chitosan-Carboxymethylcellulose (CMC) Nanokomposit Hydrogele sind biokompatible und biologisch abbaubare Materialien. Sie finden Anwendung in der Arzneimittel-	Structure and properties of cellulose-chitosan	

- Auswertung zeigt, an wie vielen Stellen zu Materialien im weitesten Sinne geforscht wird, denen zu PFAS vergleichbare Eigenschaften zugeschrieben werden.
- Umfassende Materialliste mit erläuternden Bemerkungen als Grundlage für weitere Betrachtungen durch Fachexperten in Unternehmen

Dr. Christian Kühne

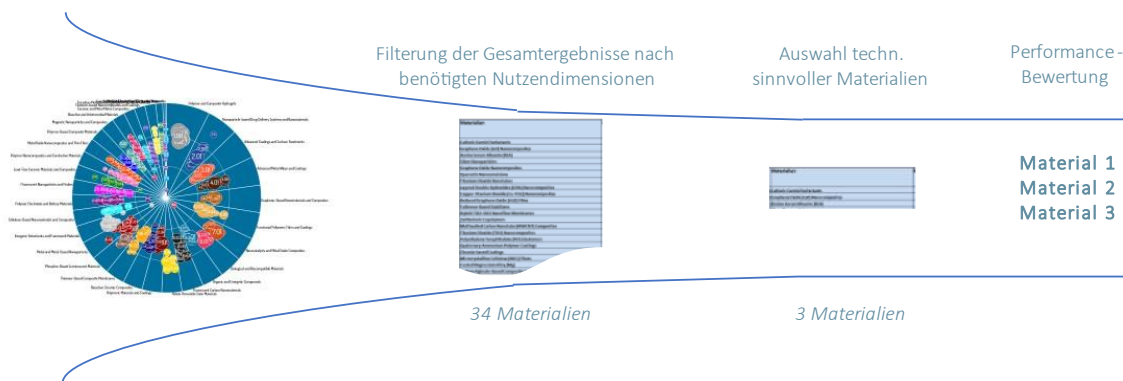
www.thinktanks.de / 23

Firmenbeispiel

Betrachtung einer spezifischen Anwendung

- Zentrale Nutzendimension: Witterungsbeständigkeit
- Weitere Dimensionen: Temperatur -Stabilität, Langzeit-Stabilität, Gleiteigenschaften, chemische Stabilität

Filterung der Gesamtergebnisse nach benötigten Nutzendimensionen



Firmenbeispiel – Performancebewertung potentieller Substitute



Material 1unklar, ob Material als Elastomermaterial für PFAS genügend UV-Stabilität hat. Eine erste Literaturrecherche zu UV-Absorptionsspektren zeigt mögliche erhebliche Absorption unterhalb einem bestimmten Wellenlängenbereich, die evtl. zu photochemische Folgeprozessen führen könn



Material 2muss auch in einer sehr dünnen Schicht funktionieren, um brauchbar zu sein. Ob dies möglich ist, ist bislang unklar.



Material 3gibt es bisher keine Erfahrungen , daher auch hier erst einmal die skeptische Bewertung im Hinblick auf mögliche Brauchbarkeit bzw. Performance.

Bewertungsskala:

5: sehr hoch / gut

4: hoch / gut

3: mäßig

2: niedrig / schlecht

1: sehr niedrig / schle

Ergebnisse und Fazit

- ECHA-Studie – nicht ausreichenden Informationen und fehlende Transparenz
- Top-Down-Ansatz: Nutzendimension anstatt Chemie
- Erfassung aller relevanten Informationen

Ergebnisse

- Kombinationen verschiedener Funktionen gleichzeitig entscheidend
- Substitute besitzen nur eingeschränkte Performance und decken nur einen Teil der Anforderungen ab
- Beschränkte Einsatzfähigkeit führen zu Markteinbußen
- Substitute im F/E-Stadium – Zeitrahmen für Praxisreife und Anpassungen an Industriestandards unklar
- Ansatzpunkte für die Ausrichtung und Fokussierung strategische Entwicklungen



Qualitäts- und Zeitfaktor wird komplett unterschätzt!