„Innovative Materialien und Techniken – ein Überblick“

Dr. Wolfgang Luther, VDI Technologiezentrum GmbH

Veranstaltung: Innovative Materialien und Arbeitsschutz

7. März 2016, DASA, Dortmund

Inhalt

- Materialinnovationen: Chance und Herausforderung für den Arbeitsschutz
- Stoff bezogene Aspekte als Treiber von Materialinnovationen
- Recherche zu innovativen Techniken und Materialien im Auftrag der BAuA
- Beispiele stoffbezogener Aspekte innovativer Technologien
- Fazit

Materialinnovationen: Chance und Herausforderung für den Arbeitsschutz

- Rund 70 % aller Produktinnovationen in modernen Industrie-gesellschaften basieren auf neuen Werkstoffen.*
- Materialinnovationen sind oft mit stofflicher Substitution bzw. dem Einsatz neuer Stoffe verbunden.

Chancen	Herausforderungen
Ersatz gefährdender Stoffe • z.B. Blei, Chrom(VI) Vermeidung von Lösemittel- und Staubemissionen • z.B. LM-freie Lacke, Verarbeitung von NM in Suspensionen	Neue Stoffe oftmals unterhalb Mengenschwelle von REACH Dynamische Entwicklung kann zu schnellem Anstieg der Produktionsvolumina führen. Veränderte Produktionsmuster und Arbeitsabläufe

* Quelle: VDI-Studie 2014

Materialsubstitution als Treiber von Werkstoffinnovationen

- Schlecht verfügbare/teure Rohstoffe
  - Seltene Erden (Magnetwerkstoffe, IuK-Technik, Zusätze für Gußeisen, Glas, …)
  - Indium (transparente leitfähige Oxide in der IuK-/Energietechnik)
  - Edelmetalle (z.B. in der Katalyse)
- Gefährdende Stoffe
  - z.B. Blei, Asbest, FCKW …
- Substitution Energie- und Ressourcen-intensiver Rohstoffe
  - z.B. Ersatz durch nachwachsende Rohstoffe, Biopolymere
- Substitution aufgrund technischer/wirtschaftlicher Vorteile
  - z.B. CFK (hohe Performance)
  - z.B. druckbare, organische Elektronik (geringere Kosten)

Stoffliche Aspekte von Materialinnovationen

- Werkstoffinnovationen betreffen:
  - Neue Stoffe/ Stoffklassen (z.B. Funktionspolymere, organische Halbleiter)
  - Stoff-/Materialmodifikationen (Oberflächenfunktionalisierung, Nanostrukturierung etc.)
  - Neue Materialkombinationen (z.B. Multi-Materialsysteme, Verbundmaterialien, Formulierungen)
  - Neuer Anwendungskontext von Stoffen und Materialien durch neue Verfahren und Technologien (z.B. 3D-Druck) …
- Stoffliche Aspekte wichtiges Kriterium für Nachhaltigkeit sowie Gesundheit und Sicherheit (Arbeitnehmer, Verbraucher, Umwelt)
- Geringe Transparenz bezüglich des Stoffeinsatzes bei innovativen Materialentwicklungen (⇒ Anlass für BAuA-Studie)

*VDI-Studie 2014

Recherche zu Stoffen, die in innovativen Techniken und Materialien verwendet werden

Auftraggeber: BAuA

Methode: Desktoprecherche

Umfang: ca. 2 PM

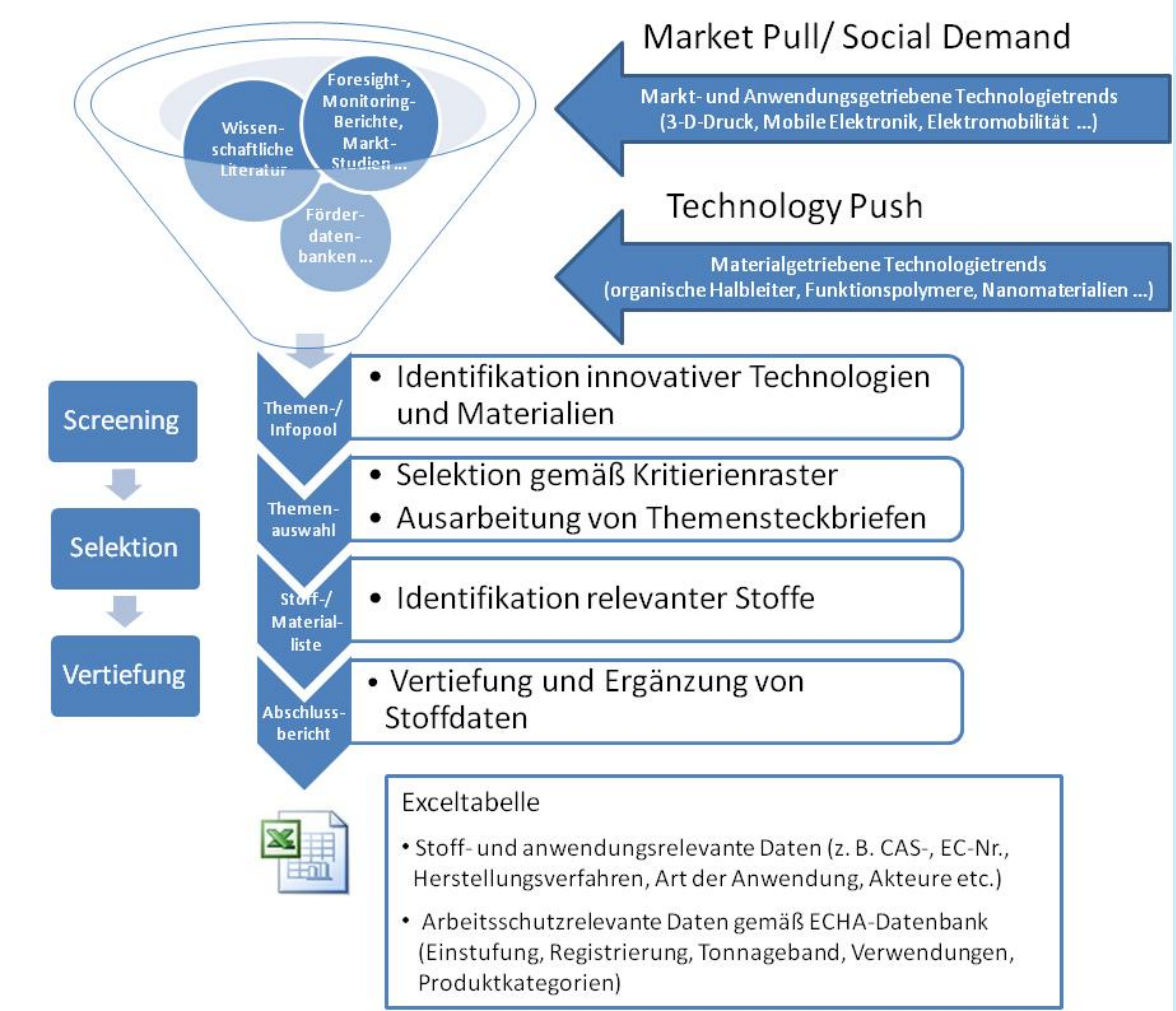
Selektionskriterien:

- Materialbezug
- Marktpotenzial

⇒ **20 ausgewählte Themen**

Themenbeschreibungen:

- Anwendungen und Märkte
- Verfahren und Prozesse
- Eingesetzte Materialien



Themenübersicht

Neue Produktionstechnologien/ Prozesse
• 3 D Druck-Verfahren
• Mikroreaktionstechnik
Elektronik/ Informationstechnik
• OLED
• Druckbare Elektronik
• (Hoch-)Leistungselektronik
• Glasfaserwerkstoffe für Lichtwellenleiter
Leichtbau
• Neue Klebstoffe
• Metallische Matrixkomposite
• Kohlenstofffaser verstärkte Kunststoffe
Energie/ Umwelt
• Organische Photovoltaik
• Thermische Energiespeicher
• Membranen für die Abwasserreinigung
• Chemische Wasserstoffspeicher

Textiltechnik
• Technische Textilien
• Intelligente Textilien
Oberflächenfunktionalisierung und Funktionswerkstoffe
• Schaltbare Verschattungssysteme (Smart Glazings)
• Folierung für automobile und sonstige Anwendungen
• Verschleißschutzschichten für Werkzeuge und Maschinen
• Neue Lacke
• Funktionspolymere für die Medizintechnik

Thema: 3 D Druck

Kurzbeschreibung

- 3 D Druck (allgemein Additive Fertigung) erzeugt dreidimensionale Bauteile direkt aus digitalen Daten durch Aneinanderfügen von Volumenelementen, in aller Regel von Schichten.
- Gussformen und Werkzeuge zum Abtragen bzw. Drehen oder Fräsen wie bei der konventionellen Fertigung entfallen weitgehend.

Anwendungen und Märkte

- Stark wachsendes Privatanwender- und Dienstleistersegment
- Industrieller Einsatz bislang überwiegend im Bereich Rapid Prototyping
- Erste Produktanwendungen (u.a. Flugzeugbau, Automobil, Medizin)

Verfahren und Prozesse

- Verschiedene Verfahren wie Härtungs-/Sinter-/Schmelzverfahren, die Pulver, Filamente oder Lösungen aus verschiedenen Materialien einsetzen.

3 D Druck: Eingesetzte Materialien und Stoffe

Bestandteil/Funktion	Materialien/ Stoffe (Beispiele)
Druckmaterialien: • Polymere	**Breites Spektrum an thermoplastischer und duroplastischer Polymere** Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS), Polylactide (PLA), Polystyrol (PS), Polyvinylalkohol (PVA), Polyamide (PA, z. B. PA 12), Polypropylen (PE), Polyethylen Terephthalat (PET), Polybutylacrylat (PBA), Polyoxymethylen (POM), …
• Metalle	**Metallpulver mit wasserlöslichem Bindemittel** u. a. Bronze, Kupfer, Silber, Gold, Kobalt-Chrom, Zinnlegierungen Edelstahl, Nickellegierungen ,Titan-Legierungen
• Keramiken	Hochfeste Keramiken aus Zirkonoxid (ZrO_2), Aluminiumoxid (Al_2O_3) oder Wolframkarbid-Kobalt
• Verbundwerkstoffe	Glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK), carbonfaserverstärkter Kunststoff (CFK), aluminiumgefüllte Polyamide
Additive (Füllstoffe, Pigmente)	Silikate, Kieselsäure, Kreide, Metalloxide wie Eisenoxid- und Chromoxidpigmente, Aluminium- und Magnesiumhydroxid, Calciumcarbonat, Carbon Black, Kaolin und Talk

Thema: Druckbare Elektronik

Kurzbeschreibung

- Druck elektronischer Komponenten (u. a. Dioden, Transistoren, Widerstände, Leiterbahnen, Kondensatoren) und kompletter elektronische Schaltungen (z. B. Inverter, Verstärker, Oszillatoren und Gleichrichter)

Anwendungen und Märkte

- Low-Cost Konsumerelektronik
- Produktintegration, smart devices (Sensoren, Displays, RFID)
- Marktpotenzial von 20 Mrd. Dollar steigt auf 77 Mrd. Dollar bis zum Jahr 2024*

Verfahren und Prozesse

- Rolle-zu-Rolle-Druckprozesse (z.B. Tintenstrahl-, Offset- und Flexodruck) auf Basis löslicher organischer z.T. anorganischer Verbindungen und Polymere

* Quelle: IDTechEx

Druckbare Elektronik: Eingesetzte Materialien und Stoffe

Bestandteil/Funktion	Materialien/ Stoffe (Beispiele)
Halbleiter/Emitter z. B. für Transistoren oder OLED	**Organische bzw. polymere Halbleitermaterialien:** Polythiophene, vor allem funktionalisierte und verzweigte Oligothiophene, Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe > 200 Verbindungen kommerziell erhältlich
Isolatoren und Dielektrika	**Polymere:** Phenolharze, Polyacetylen, Polyethylen, Polyanilin, Polythiophen (undotiert) **Anorganische Materialien**: wie TiO_2, SiO_2, Al_2O_3
Elektrisch leitfähige Elektroden, Kontakte	Kommerzielle elektrisch leitfähige Polymere wie Poly-3,4-ethylendioxythiophen, dotiert z. B. mit Polystyrensulfonat (PEDOT:PSS) oder Polyanilin (PANI), Kommerzielle metallische Leitpasten aus Au, Ag, Al, Cu, Ti, Legierungen (z. B. CuNiMn, NiCr), Fluor- oder Indiumzinnoxid (ITO) sowie Kohlenstoff/Graphit
Substrate/Abdeckung/ Verkapselung	Stahl, Papier, Glas, Polymerfolien, Metallfolien (Aluminium, Edelstahl)

Thema: Kohlefaserverstärkte Kunststoffe (CFK)

Kurzbeschreibung

- Einbettung von Kohlenstofffasern in Kunstoffe generiert Konstruktions- und Leichtbauwerkstoffe mit besonderen mechanischen Eigenschaften (bis zu 10 fach höheres Festigkeit/Gewicht-Verhältnis als Stahl).

Anwendungen und Märkte

- Automobil- und Flugzeugbau, Windenergie, Bauwesen
- Jährlicher Bedarf derzeit ca. 60 Tsd. Tonnen, Wachstum 10 % p.a.

Verfahren und Prozesse

- Herstellung der Polyacrylnitril-Precursoren durch Lösemittelpolymerisation oder aus Kohlenwasserstoffgemischen.
- Verarbeitung je nach Komposit z.B. als Platten- oder Bandhalbzeuge, die im Heißpressverfahren geformt und gehärtet werden.

CFK: Eingesetzte Materialien und Stoffe

Bestandteil/Funktion	Materialien/ Stoffe (Beispiele)
Carbonfasern	Polyacrynitril (PAN) PAN Oxid Alternativ: technische Kohlenwasserstoffgemische wie Steinkohleteer oder Petroleumpech
Thermoplastische Matrixmaterialien	Grundsätzlich eignen sich alle Thermoplasten als Matrix • z.B. Polyamid, Polypropylen, Polyetheretherketon (PEEK), Polyphenylensulfid (PPS), Polysulfon (PSU), Polyetherimid (PEI), Polytetrafluorethen (PTFE)
Duroplastische Matrixmaterialien	Als Matrix kommen z. B. die folgenden Harze zur Anwendung. • Epoxidharz, Formaldehydharz, Harnstoffharz
Elastomeren-Matrix	Gummi und Polyurethan (PUR)
Lösungsmittel bei Precursorenherstellung und Spinnverfahren	Dimethylacetamid (DMAc), Dimethylformamid (DMF), Dimethylsulfoxid (DMSO) , …

Thema: Membranfilter

Kurzbeschreibung

- Membranfilter gewinnen an Bedeutung bei der selektiven Entfernung von Schadstoffen aus der Umwelt.
- Einsatzpotenziale bieten sich u.a. zur Entfernung persistenter Chemikalien aus dem Trinkwasserkreislauf.
- Vorteile hohe Selektivität und Trennleistung, Nachteil: limitierter Durchsatz und scaling-Effekte.

Anwendungen und Märkte

- Industrielle Trennungsprozesse, Abwasserbehandlung.
- Weltmarkt für Membranen wird für 2017 auf rund 26 Mrd. $ geschätzt.*

Verfahren und Prozesse

- Polymermembranen werden u.a. durch Phaseninversionsprozesse erzeugt
- Keramische Membranen durch Extrusion oder Sol-Gel-Prozesse

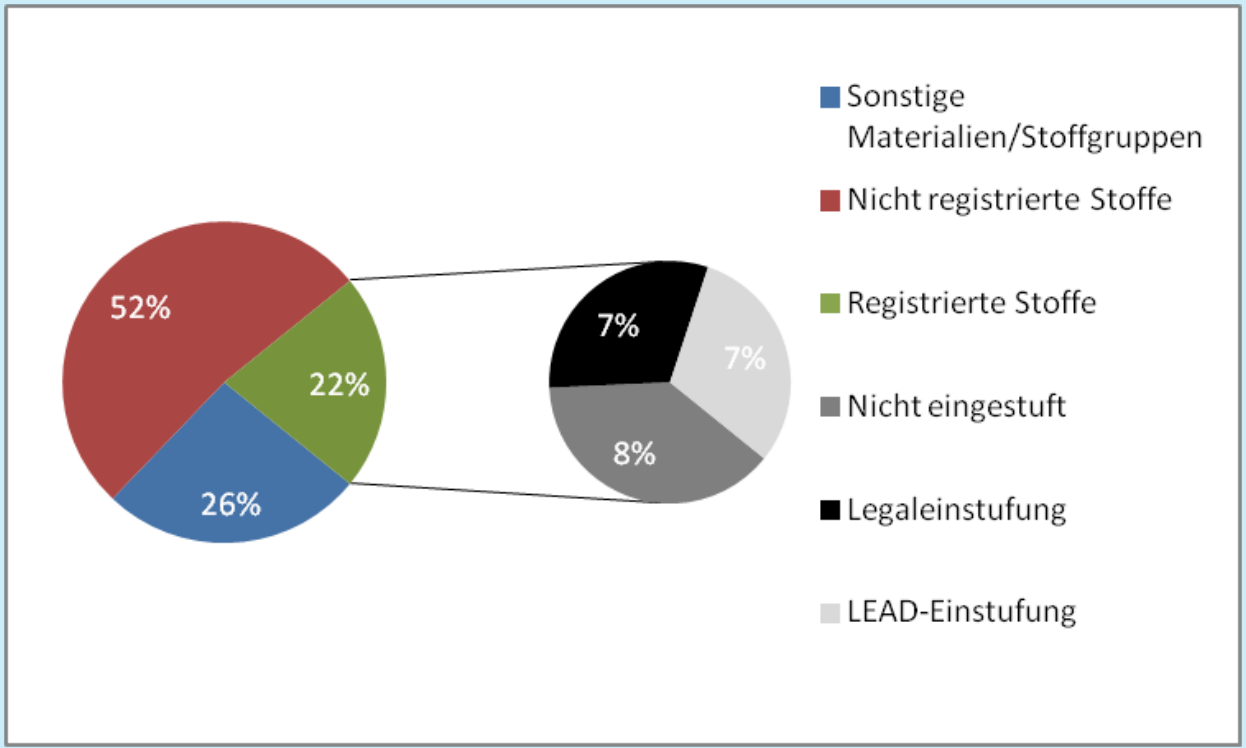
* Quelle: Freedonia

Membranfilter: Eingesetzte Materialien und Stoffe

Bestandteil/ Funktion	**Materialien/ Stoffe (Beispiele)**
Polymermembranen	Polysulfone, Polyacrylnitrile, Polyethersulfone, Polypropylene, Cellulose, Celluloseesters Polyamide, Polyamidimide, Polysiloxane …
Keramische Membranen	Aluminiumoxid, Titanidioxid, Zirkonoxid, Siliziumoxid, Siliziumkarbid …
Oberflächenfunktionalisierung (antibakteriell, antifouling, hydrophil)	Silber, Titandioxid, Block-Copolymere, Polyelektrolyte, amphiphile Kammpolymere

Identifizierte Stoffe/ Materialien

⇒ mehr als 600 Stoff-/Materialeinträge wurden im Rahmen der BAuA-Studie identifiziert und hinsichtlich verfügbarer Daten in Bezug auf Registrierung und Einstufung charakterisiert.



Fazit

- Frühzeitige Identifikation stofflicher Aspekte liefert Ansätze, um vorausschauende Strategien zu entwickeln und mögliche Handlungsfelder beispielsweise im Arbeitsschutz zu identifizieren.
- Nachhaltigkeits-, Umwelt- und Sicherheitsaspekte werden im Rahmen der öffentlichen Forschungsförderung in Ansätzen bereits adressiert.
- Stoffliche Aspekte sind im Kontext der eingesetzten Prozesse sowie über den Lebenszyklus der Anwendungen und Produkte zu bewerten.
- Hohe Dynamik der Technologie- und Marktentwicklung erfordert kontinuierliches Monitoring.