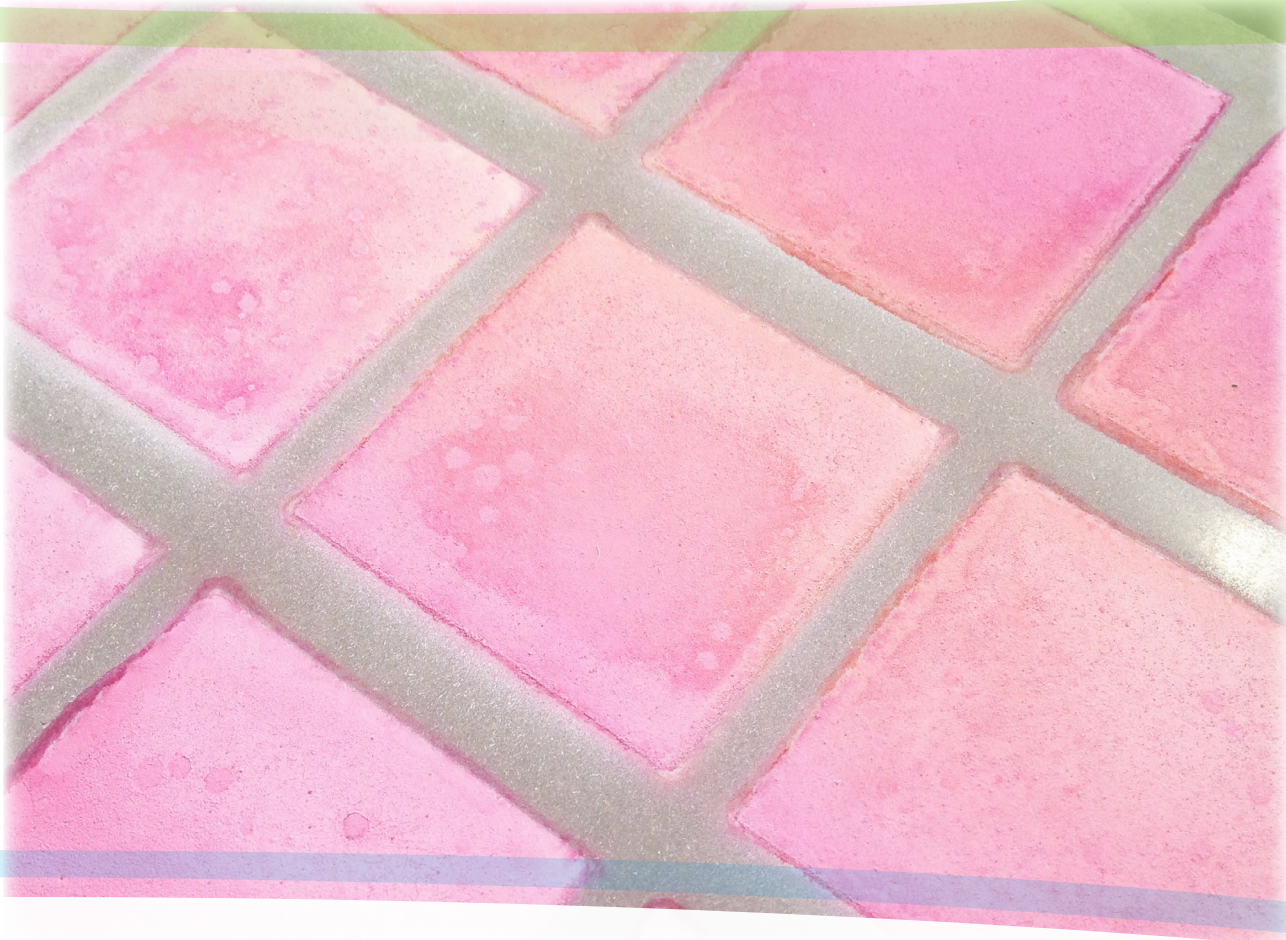


VDI

Zentrum  
Ressourceneffizienz

VDI ZRE Lesezeichen



# Technologie-Monitor -11-

Januar bis März 2015

Technologien und Innovationen aus dem Bereich Ressourceneffizienz

Dieser Monitoring-Bericht entstand im Auftrag der VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH und wurde durch die VDI Technologiezentrum GmbH erstellt.

Monitoring-Bericht Nr. 11 für den Zeitraum Januar bis März 2015

Autor:

Oliver S. Kaiser, VDI Technologiezentrum GmbH

Redaktion:

VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH

## Intention dieses Monitoring-Berichtes

Die VDI Technologiezentrum GmbH führt für die VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (VDI ZRE) ein kontinuierliches Technologiemonitoring durch, in dessen Rahmen Presseberichte zu Klimaschutz- und Effizienztechnologien in der industriellen Produktion gesammelt und im Innovationsradar<sup>1</sup> des VDI ZRE veröffentlicht werden.

Die Monitoring-Berichte bereiten Trends und bemerkenswerte Fakten aus Einzelmeldungen aus drei Monaten auf und stellen sie in komprimierter Form zusammen mit den Quellenangaben vor.

Der vorliegende 11. Bericht fasst den Zeitraum Januar bis März 2015 zusammen und adressiert folgende aktuelle Themen:

- Ressourceneffizienz durch Materialeinsparungen
- Die Rohstoffsituation bei Kupfer
- Wiederverwendung statt Recycling von Batterien
- Ressourceneffizienz bei Kunststoffen
- Doppelte Funktion: Beton liefert Solarstrom

<sup>1</sup> [www.ressource-deutschland.de/instrumente/innovationsradar](http://www.ressource-deutschland.de/instrumente/innovationsradar)

## Ressourceneffizienz durch Materialeinsparungen

Nachfolgend werden zwei Forschungsprojekte vorgestellt, die durch Materialeinsparung zur effizienteren Nutzung von Ressourcen beitragen können. Im ersten Beispiel wird angestrebt, Türme für Windenergieanlagen materialsparend zu konstruieren. Im zweiten soll der Materialeinsatz für die millionenfache Fertigung von Schmiedeteilen für die Automobilproduktion reduziert werden.

Ein großer Teil der benötigten Massen an Stahl bzw. Beton wird bei Windenergieanlagen für deren Turm benötigt. Verbesserungen der Turmkonstruktion können somit einen wichtigen Beitrag zur Optimierung des Materialeinsatzes liefern. Dr. Jens Minnert vom Gießener Fachbereich Bauwesen der Technischen Hochschule Mittelhessen hat mit seinem Team einen Betonturm entwickelt, dessen Eckelemente aus Stahlbetonfertigteilen bestehen, die durch ein Stahlfachwerk verbunden sind. Dieses Hybridfachwerk-Projekt wurde im Jahr 2014 abgeschlossen. Im laufenden, vierjährigen Nachfolgeprojekt, das durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert wird, verbessern die Forscher zwei verschiedene Fachwerkkonstruktionen durch weitere Tests.

Die Fachwerkkonstruktion mit ihren Stahlbetonfertigteilen ermöglicht eine Material- und Arbeitersparnis gegenüber der traditionellen Bauweise, bei der die Eckelemente mit nach oben schmaler werdenden Betonteilen verbunden sind. Vor allem könnte die Nabenhöhe von Windenergieanlagen zur besseren Windausbeute so weit erhöht werden, dass ein wirtschaftlicher Betrieb auf weitaus mehr Flächen möglich wäre als heutzutage.

Die entscheidende Forschungsfrage ist die nach der Stabilität unter Dauerbelastung. Die Zahl der Lastwechsel ist bei Windenergieanlagen höher als bei anderen Bauwerken. Allein durch die Rotoren entstehen in zwanzig Jahren 200 Millionen Lastwechsel, für die die Bauteile ausgelegt sein müssen. Diesen Aspekt wird das aktuelle Forschungsprojekt durch Computersimulationen und experimentelle Untersuchungen bearbeiten.<sup>2</sup>

Kolben für Fahrzeugmotoren und Kurbelwellen sind ein Massenprodukt. Millionenfach werden sie durch Schmieden hergestellt und anschließend durch Zerspanen nachbearbeitet. Hierbei wird häufig ein großer Materialanteil zerspannt. Das gilt für viele hochbelastete Fahrwerks- und Motorenteile in der Fahrzeugtechnik. Besonders wegen der hohen Stückzahlen wäre ein Verzicht auf die Nachbearbeitung ein Gewinn hinsichtlich effizienterer Materialverwendung und verkürztem Bearbeitungsprozess. Darum arbeitet das Institut für Integrierte Produktion Hannover (IPH) zusammen mit neun Unternehmen in einem Forschungsprojekt an mehrdirektionalem Schmiedeprozess, der die Herstellung von Hinterschnitten ermöglicht.

Schmiedetechnik  
ohne Nachbearbeitung

Wenn Bohrungen in Umformrichtung liegen, können sie durch herkömmliches, eindirektionales Schmieden eingebracht werden. Kolbenbolzenbohrungen liegen jedoch quer zur Umformrichtung. Sie dienen im Projekt als erstes Experimentierfeld, bevor die Ergebnisse später einmal auf Querlenker oder Gelenke übertragen werden. Ein mehrdirektionaler Umformprozess erlaubt das Einbringen von hinterschnittenen Bohrungen, denn es wird nicht nur Druck von oben, sondern auch von den Seiten aufgebaut. Bis 2016 sollen Ergebnisse vorliegen, die sich vor allem

<sup>2</sup> Erhard Jakobs: Fachwerk für Windenergieanlagen. Informationsdienst Wissenschaft, 19.01.2015, <https://idw-online.de/de/news620944>

auf eine industriell nutzbare Lösung konzentrieren. Die technischen Fragestellungen werden durch eine Wirtschaftlichkeitsanalyse ergänzt. Dabei gehen die Wissenschaftler für den exemplarisch bearbeiteten Kolben für Fahrzeugmotoren nach ihren Simulationen von zehn Prozent Materialeinsparung aus.<sup>3</sup>

## Die Rohstoffsituation bei Kupfer

Kupfer ist als elektrischer Leiter aus der Elektrotechnik und Elektronik nicht wegzudenken. Mehrere Forschungsinstitute befassten sich in der letzten Zeit mit der Frage, wann das Maximum der Förderung erreicht sein wird. Darüber berichtete die Fachzeitschrift Spektrum der Wissenschaft in der Januar-Ausgabe. Eine Studie aus dem Jahr 2013 des US Geological Survey (USGS), einer wissenschaftlichen Behörde des US-Innenministeriums, geht davon aus, dass die Kupfervorräte noch 125 Jahre reichen. Dabei ist der neue Lagerstättentyp der magmatischen Tiefengesteine, das sogenannte porphyrische Kupfererz, schon einbezogen. Es macht inzwischen den größten Teil der weltweiten Förderung aus.

Aus dem Jahr 2014 stammt eine Studie der staatlichen australischen Forschungsanstalt, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO). Sie datiert den Kupfer-Peak auf etwa 2040. Dabei sind alle bekannten Bergbaustandorte berücksichtigt, ebenso eine Steigerung der Nachfrage um 1,6 Prozent je Kopf und Jahr bei steigender Weltbevölkerung. Die exponentiell steigende Nachfrage bewirkt, dass sich selbst die Neuentdeckung

<sup>3</sup> Annedore Munde: Effiziente Herstellung von Hinterschnitten ermöglicht, in: MaschinenMarkt 8/2015 (16.02.2015), S. 30-32, <http://files.vogel.de/vogelonline/vogelonline/issues/mm/2015/008.pdf>

von Vorkommen kaum auswirkt: Würde die abbauwürdige Erzmenge um die Hälfte anwachsen, verschöbe sich der Peak auf 2045, bei einer Verdopplung lediglich auf 2050.

Der Autor des Artikels schließt daraus, dass die Anstrengungen für ein Recycling von Kupfer erhöht werden müssten. Derzeit werde weltweit etwa die Hälfte des nicht mehr benutzten Kupfers wieder- oder weiterverwendet. Ein von den Gesetzgebern verbessertes Produktdesign könne den Recycling-Anteil erhöhen. Die Preiserhöhungen nach einem Peak werden ein vermehrtes Recycling unausweichlich machen.<sup>4</sup>

## Wiederverwertung statt Recycling von Batterien

Statt des Recyclings der in Produkten enthaltenen Rohstoffe ist auch die direkte Wiederverwendung ein möglicher Ansatz zu mehr Ressourceneffizienz. BMW, Bosch und Vattenfall planen eine solche Wiederverwendung von Traktionsbatterien aus Elektro-Pkws. Nachdem diese nach einigen Jahren Nutzungszeit nur noch 70 bis 80 Prozent ihrer ursprünglichen Kapazität haben und sich die Reichweite des Fahrzeugs entsprechend reduziert hat, soll ihr zweites Leben beginnen: als realer Stromspeicher in einem virtuellen Kraftwerk von Vattenfall, das kurzfristige Schwankungen im Stromnetz ausgleicht. In Hamburg werden dazu bis Ende des Jahres über einhundert dieser ausrangierter Batterien von Bosch mit einer Steuerung versehen, so dass der Stromspeicher eine Stunde lang zwei Megawatt Leistung abgeben kann.

<sup>4</sup> Richard A. Kerr: Wann wird Kupfer knapp?, in: Spektrum der Wissenschaft, Januar 2015, S. 14-17

Die Batterien stammen aus Elektrofahrzeugen von BMW, vor allem von den Modellen ActiveE und i3. Vom ActiveE wurden über 1000 Stück für Versuchszwecke und Forschungsprojekte gebaut, er gilt als Vorläufer des seit 2013 serienmäßig gebauten i3, der an Endkunden verkauft wird.<sup>5</sup>

## Ressourceneffizienz bei Kunststoffen

Ressourceneffizienz bei der Herstellung und Verarbeitung von Polymeren kann vielseitig umgesetzt werden. Dies kann, wie nachfolgende Beispiele zeigen, die Herstellung von Biokunststoffen sein oder ein Verfahren, mit welchem aus Abfall mittels einer Brikettieranlage Rohstoff zur Weiterverarbeitung gewonnen wird.

Herkömmliche Kunststoffe auf Mineralölbasis können teilweise durch solche aus nachwachsenden Rohstoffen substituiert werden. Als Massenprodukt hat sich bereits der Biokunststoff Polymilchsäure (PLA) etabliert, aus dem Verpackungen, aber auch Medizinprodukte hergestellt werden. Dana Kralisch berichtet im Magazin Spektrum der Wissenschaft über ein weiteres biotechnologisch gewonnenes Polymer, das durch seine nanoskaligen Eigenschaften auffällt: die biologische Nanozellulose (BNC). Im Unterschied zur chemisch identischen pflanzlichen Zellulose ist sie nicht grobfasrig, sondern bildet ein Netzwerk aus Fasern mit nur etwa 100 Nanometern Durchmesser, wobei der Durchmesser durch den verwendeten Bakterienstamm zwischen 40 und 120 Nanometern eingestellt werden kann. Die Steuerung der Fermentation legt die Form des Materials fest, etwa Folien, Vliese, Faserbündel, Kügelchen oder Röhrchen.

Nanzellulose -  
nachwachsender und  
neuartiger Werkstoff

<sup>5</sup> Christoph M. Schwarzer: Zweites Leben für Batterien, in: Technology Review dt., März 2015, S. 16



Als Rohstoffe dienen zuckerhaltige Ausgangsprodukte wie Melasse, Kokoswasser oder Bagasse, die faserigen Überreste der Zuckerfabrikation aus Zuckerrohr. Die Herstellung findet kostengünstig und ressourcenschonend statt, weil keine aufwändigen mechanischen und chemischen Behandlungs-, Aufschluss- oder Reinigungsverfahren nötig sind, wie sie etwa bei der Verwertung anderer Zelluloserohstoffen wie Holz nötig sind.

Die BNC wurde bereits 1886 entdeckt. In den 1990er Jahren begann erst die versuchsweise, großtechnische Herstellung. Sie scheiterte an den Mutationen der verwendeten Bakterienstämme durch die Scherkräfte im klassischen Fermenter. Fortschritte gab es durch die Isolierung stabiler Bakterienstämme, die in speziellen Reaktoren wirken, die inzwischen 50 Liter Volumen haben. Für erste kommerzielle Anwendungen werden derzeit aber ruhende Kulturmedien genutzt, bei denen in regelmäßigen Abständen Schichten abgenommen werden. An der Universität Jena wurde ein automatisiertes Verfahren entwickelt, das flächige BNC kontinuierlich aus dem Bioreaktor entfernt, so dass ein Endlosband mit homogener BNC mit konstanten Materialeigenschaften entsteht.

Die hohe Biokompatibilität prädestiniert BNC für Medizinprodukte, etwa als Wundauflage. Zur toxikologischen Unbedenklichkeit kommen noch die Merkmale nanostrukturierter Materialien hinzu. Zum einen ist BNC sehr saugfähig, weil sie eine große innere Oberfläche von 100 bis 200 Quadratmetern pro Gramm Material aufweist. Zum anderen ist BNC äußerst reißfest, wobei die Zugfestigkeit vergleichbar ist mit der von synthetischen Hochleistungspolymeren wie Kevlar. Diese Kombination von Eigenschaften eines Biopolymers aus

nachwachsenden Rohstoffen ist bei Polymeren aus fossilen Rohstoffen nicht zu finden.<sup>6</sup>

Wie die Ressourceneffizienz durch bessere Materialnutzung erhöht werden kann, zeigt das Praxisbeispiel der Firma Paul Bauder GmbH & Co. KG in Stuttgart. Sie stellt Platten aus Polyurethan-Hartschaum (PUR) für die Wärmedämmung her. Bei der mechanischen Bearbeitung von PUR entsteht viel Produktionsabfall in Form staubähnlicher PUR-Spänen, für dessen Entsorgung das Unternehmen bezahlen müsste. Stattdessen wird der PUR-Staub verkauft und weiterverwertet.

PUR: Rohstoff aus  
Abfall

Das Sägen der Platten und Fräsen der Kanten sorgt für große Volumina des PUR-Abfalls, deren Abtransport außerdem aufwändig wäre. Die Lösung stellen Brikettieranlagen dar, die direkt in die Fertigungslinien integriert sind. Absauganlagen sammeln die Späne an, Sägen und Fräsen und transportieren sie zur Brikettierpresse. In Intervallen werden Briketts in der Größe  $240 \times 70 \times 110 \text{ mm}^3$  gepresst und in einen Container befördert. Eine andere Firma zerkleinert diese transportfähigen Briketts und stellt daraus PUR-Pressplatten her. Diese Pressplatten gleichen Spanplatten, sind im Gegensatz dazu jedoch weitgehend wasserfest. Auf diese Weise wird aus Abfall der Rohstoff für ein neues, gefragtes Produkt.<sup>7</sup>

## Doppelte Funktion: Beton liefert Solarstrom

Ressourceneffizienz kann auch dadurch entstehen, dass

<sup>6</sup> Dana Kralisch: Nanozellulose - ein bakteriell erzeugtes Hochleistungspolymer, in: Spektrum der Wissenschaft, Januar 2015, S. 79-84

<sup>7</sup> Peter Klingauf: Polyurethanstaub-Abfall zum Rohstoff veredeln, in: MaschinenMarkt, 10/2015 (02.03.2015), S. 30-31, <http://files.vogel.de/vogelonline/vogelonline/issues/mm/2015/010.pdf>

eine vorhandene Ressource eine weitere Funktionalität bekommt. Beton kann nicht nur als Baustoff dienen, sondern auch als direktes Trägermaterial für Solarzellen. Auf diese Weise kann jede Fassade Strom erzeugen, ohne die meist auf Dächer beschränkte Montage von Solarmodulen. Dieser Ansatz wird verfolgt im Projekt der interdisziplinären Lern- und Forschungsplattform „Bau Kunst Erfinden“ von Prof. Heike Klusmann, Leiterin des Fachgebiets Bildende Kunst an der Universität Kassel, und Thorsten Kloster, Projektleiter Forschung im Fachgebiet.

Verwendet wird das Konzept der Farbstoffsolarzelle, bei der nanokristallines Titandioxid als anorganischer, farbstoffsensibilisierter Halbleiter fungiert. Neu ist ultrahochfester Beton (UHPC, ultra high performance concrete) als Substrat. Die Schichten für Elektroden und Elektrolyt werden in Airbrush-Technik aufgebracht, wobei eine transparente Elektrode die Deckschicht darstellt. Der Solar-Baustoff „DysCrete“ (Dye sensitized solar cell concrete<sup>8</sup>) könnte bei Fertigteilen im Hochbau, für Fassadenelemente und neuartige Wandsysteme genutzt werden. Im Projekt wird ein Wirkungsgrad von zwei Prozent angestrebt. Das ist weitaus geringer als bei klassischen Solarmodulen aus Silizium-Solarzellen. Allerdings sind die Herstellungskosten von Farbstoffzellen deutlich geringer. DysCrete wandelt auch diffuses Licht in Strom um und kann daher auch auf Gebäude-Nordseiten angebracht werden.<sup>9</sup>

<sup>8</sup> J. Arend, A. Wetzel, B. Middendorf: DysCrete – Farbstoffsensibilisierte Solarzellen im Betonverbund. GDCh-Tagung Bauchemie, Oktober 2014, [http://www.researchgate.net/profile/Alexander\\_Wetzel/publication/271443186\\_DysCrete\\_Farbstoffsensibilisierte\\_Solarzellen\\_im\\_Betonverbund/links/54c7b3050cf238bb7d0b0997.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Alexander_Wetzel/publication/271443186_DysCrete_Farbstoffsensibilisierte_Solarzellen_im_Betonverbund/links/54c7b3050cf238bb7d0b0997.pdf)

<sup>9</sup> Sebastian Mense: Beton liefert Sonnenstrom – Uni Kassel entwickelt neuartigen Baustoff „DysCrete“. Informationsdienst Wissenschaft, 14.01.2015, <https://idw-online.de/de/news620414>

VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (VDI ZRE)  
Bertolt-Brecht-Platz 3  
10117 Berlin  
Telefon +49 30 27 59 506-0  
Telefax +49 30 27 59 506-30  
zre-info@vdi.de  
www.ressource-deutschland.de

Im Auftrag des:



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz,  
Bau und Reaktorsicherheit



NATIONALE  
**KLIMASCHUTZ**  
INITIATIVE