

Welche Bedeutung haben Werkstoffe für die zukünftige Energieversorgung?

von [Manfred Popp](#)
Email Manfred.Popp@energie-fakten.de

Hier die Fakten – vereinfachte Kurzfassung

Welche Bedeutung Werkstoffen für die künftige Energieversorgung haben, zeigte der Debatteabend der Stiftung Energie und Klimaschutz Baden-Württemberg am 18. März 2010: In den Vorträgen und der anschließenden Diskussion wurde deutlich, dass Werkstoffe in vielen Bereichen für die Zukunft der Energieversorgung wichtig sind:

1. Stromerzeugung aus fossilen Energiequellen

Die Effizienz von Wärmekraftwerken ist vor allem von der Temperatur abhängig, mit der die Turbine betrieben werden kann. Möglichst hohe Eingangstemperaturen führen zu Konflikten mit der Haltbarkeit über die Betriebsdauer. Bei Kohlekraftwerken ist zur Zeit die Temperatur auf 600 °C beschränkt.

Prof. Dr. Eberhard Roos, Direktor der Material-Prüfungsanstalt Stuttgart berichtete in seinem Vortrag über die Materialentwicklung, die es heute erlaubt, Temperaturen von 600-650 °C bei Drücken von 300 bar zu verwirklichen und die für die Zukunft Temperaturen von 700 °C anstrebt. Damit lassen sich die Wirkungsgrade auf 50 %,

später sogar auf 55 % steigern. Dadurch können bis zu 40 % der CO₂-Emissionen vermieden werden.

2. Stromerzeugung durch Photovoltaik

Die direkte Umwandlung von Sonnenlicht in elektrische Energie erfolgt heute überwiegend Zellen aus polykristallinem Silizium. Wegen ihrer hohen Kosten wird weltweit an der Entwicklung von Dünnschichtzellen und an organischen Farbstoff-Solarzellen gearbeitet.

Prof. Dr. Marion Weissenberger-Eibl zeigte am Beispiel des Gallium-Bedarfs für Dünnschicht-Solarzellen die Bedeutung eines systemischen Ansatzes für die Bewertung neuer Materialien. Die Nachfrage für Gallium, das auch für LED-Lampen und Mikro-Chips benötigt wird, könnte deshalb bis 2030 auf das 50-fache der heutigen Produktion anwachsen.

Dr. Karl-Heinrich Hahn berichtete über Arbeiten der BASF an organischen Solarzellen, die billiger, aber bisher wenig effizient sind. 2009 wurde ein Effizienz-Rekord von 7,7 % erreicht, 2011 soll die 10 %-Hürde übersprungen

werden. Damit könnten organische Solarzellen eine Alternative zu den polykristallinen oder den künftigen Dünnschichtzellen werden.

3. Materialien für die Energiespeicherung

Für die dezentrale Speicherung elektrischer Energie hat sich jetzt die Lithium-Ionen-Batterie durchgesetzt, die auch in Elektrofahrzeugen eingesetzt werden soll. Frau Prof. Dr. Weissenberger-Eibl berichtete, dass dadurch bis 2030 das Marktvolumen das 3,4-fache von 2006 erreichen wird. Bis 2050 werden die bekannten Lithium-Vorräte ausreichen. Bei wichtigen Beimengungen von Kobalt (für hohe Kapazitäten) oder Mangan (für hohe Arbeitsstromstärken) könnte es früher zu Engpässen kommen.

4. Intelligente Materialien für die Wärmedämmung

Dr. Karl-Heinrich Hahn berichtete in der Podiumsdiskussion über Entwicklungen bei der BASF, die zu völlig neuartigen Bauelementen führen sollen, die die Energieeffizienz der Gebäude erheblich verbessern könnten.

Welche Bedeutung haben Werkstoffe für die zukünftige Energieversorgung?

von **Manfred Popp**
 Email Manfred.Popp@energie-fakten.de

Hier die Fakten – Langfassung

Der Bedeutung von Werkstoffen für die künftige Energieversorgung, einem nur auf den ersten Blick spröden Thema, war der erste Debattenabend der Stiftung Energie und Klimaschutz Baden-Württemberg seit Beginn der Medienpartnerschaft mit den Energie-Fakten am 18. März 2010 gewidmet. In den Vorträgen und der anschließenden Diskussion wurde deutlich, dass Werkstoffe in vielen Bereichen für die Zukunft der Energieversorgung wichtig sind:

Stromerzeugung aus fossilen Energiequellen

Die Effizienz von Wärmekraftwerken ist nach den Grundsätzen der Thermodynamik vor allem von der Temperaturdifferenz über der Turbine abhängig. Der Wunsch nach möglichst hohen Eingangs-Temperaturen in der Turbine, deren Schaufeln in den hohen Temperaturbereichen glühend werden, steht dabei im Konflikt mit ihrer Haltbarkeit über die viele Jahrzehnte währende Betriebsdauer. Bei Kohlekraftwerken ist zur Zeit die Temperatur auf 600 °C beschränkt, weshalb bei der Dampferzeugung im Kessel, der bei 1700 °C arbeitet,

große Verluste auftreten. Bei Erdgas kann eine Gasturbine vorschaltet werden, die bei bis zu 1600 °C betrieben werden kann. Damit ist ein Gesamt-Wirkungsgrad des Kraftwerks von 60 % erreichbar. In Kohlekraftwerken ist der Fortschritt stark von der Materialentwicklung für die Turbinen abhängig.

International werden heute Kohlekraftwerke mit Dampftemperaturen unter 600 °C und Wirkungsgraden unter

40 % errichtet, auch in China, wo jede Woche zwei Kohlekraftwerke à 500 MW_e ans Netz gehen (!). In Deutschland wurde bereits 1992 ein Kohlekraftwerk in Großkrotzenburg am Main in Betrieb genommen, für dessen Genehmigungsverfahren ich zuständig war, das mit einer Dampftemperatur von 560 °C durch Feinabstimmung aller Komponenten einen Gesamt-Wirkungsgrad von 43 % erreichte.

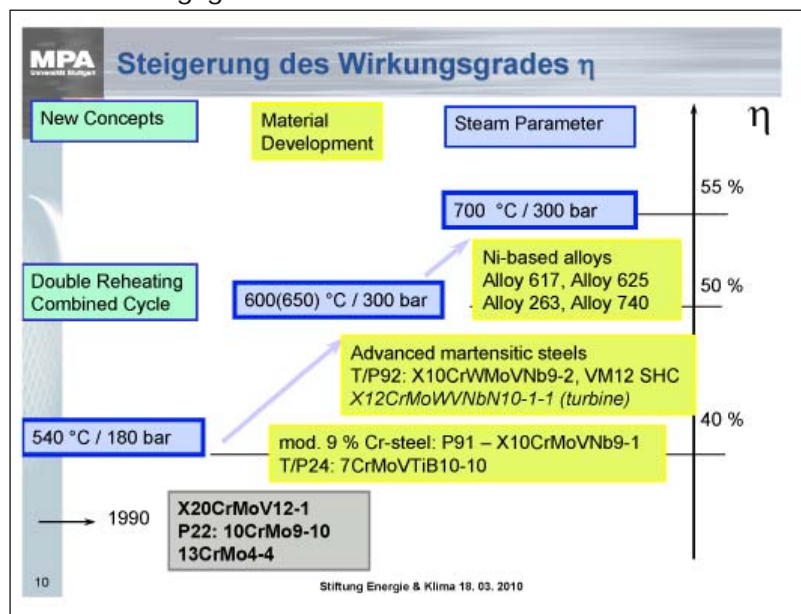


Abb. 1: Steigerung des Wirkungsgrads η

LANGFASSUNG

Prof. Dr. Eberhard Roos, Direktor der Material-Prüfungsanstalt Stuttgart berichtete in seinem Vortrag über die Materialentwicklung, die es heute erlaubt, Temperaturen von 600-650 °C bei Drücken von 300 bar zu verwirklichen und die für die Zukunft Temperaturen von 700 °C anstrebt. (Siehe Abb. 1 und 2).

Stromerzeugung durch Fotovoltaik

Die direkte Umwandlung von Sonnenlicht in elektrische Energie erfolgt heute überwiegend mit den bekannten, bläulich schimmernden Zellen aus polykristallinem Silizium. Ihre Wirkungsgrade liegen bei 15 %. Ihr Problem sind die hohen Kosten, die vor

führt haben. Eine der Ursachen dafür ist der hohe Energieverbrauch bei der Herstellung des polykristallinen Siliziums, der in Deutschland erst nach bis zu drei Jahren Betrieb von den Solarzellen wettgemacht werden kann. Weltweit wird deshalb an der Entwicklung anderer System gearbeitet, insbesondere an Dünnschichtzellen und an organischen Farbstoff-Solarzellen.

Prof. Dr. Marion Weissenberger-Eibl zeigte am Beispiel der Dünnschicht-Solarzellen die Bedeutung eines systemischen Ansatzes für die Bewertung der Aussichten neuer Materialien. Dünnschicht-Solarzellen werden voraussichtlich vor allem aus Gallium bestehen, falls es nicht gelingt, Alternativen zu diesem toxischen Stoff zu finden. Der Bedarf an Gallium, der bereits durch die starke Nachfrage nach LED-Lampen und durch die Verwendung in Mikro-Chips anwächst, könnte dadurch weiter dramatisch gesteigert werden (s. Abb. 3) und bis 2030 auf das 50-fache der heutigen Produktion anwachsen. Diese Entwicklung ist umso bedenklicher, als das Material bei diesen diffusen Anwendungen kaum recyklierbar ist. (Link zum Vortrag; pdf, 2 MB)



Abb. 2: Werkstoffentwicklung

Damit lassen sich die Wirkungsgrade auf 50 %, später sogar auf 55 % steigern. Dadurch kann so viel mehr Strom aus der eingesetzten Kohle gewonnen werden, dass bis zu 40 % der CO₂-Emissionen vermieden werden. Roos berichtete, dass dieser Fortschritt vor allem durch die Möglichkeiten zur Simulation der Eigenschaften neuer Materialien möglich geworden ist, denn es muss auch die Lebensdauer, der Einfluss der Spannungsmehrachsigkeit und die Beständigkeit der Schweißverbindungen beachtet werden. (Link zum Vortrag; pdf, 2 MB)

allem in Deutschland im Rahmen des Gesetzes zur Einspeisung Erneuerbarer Energien (EEG) zu hohen Subventionen ge-

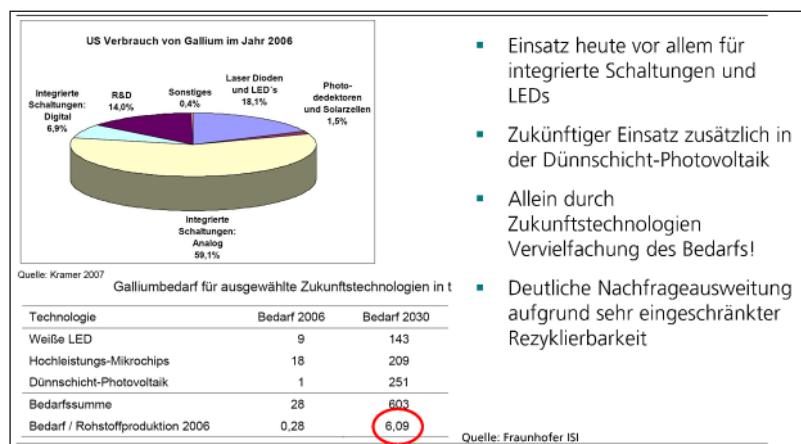


Abb. 3: Galliumbedarf für Zukunftstechnologien

- Einsatz heute vor allem für integrierte Schaltungen und LEDs
- Zukünftiger Einsatz zusätzlich in der Dünnschicht-Photovoltaik
- Allein durch Zukunftstechnologien Vervielfachung des Bedarfs!
- Deutliche Nachfrageausweitung aufgrund sehr eingeschränkter Recyklierbarkeit

LANGFASSUNG

Rohstoff	2006 (*)	2030 (*)	Zukunftstechnologien (Auswahl)
Gallium	0,28	6,09	Dünnschicht-Photovoltaik, IC, weiße LED
Neodym	0,55	3,82	Permanentmagnete, Lasertechnik
Indium	0,40	3,29	Displays, Dünnschicht-Photovoltaik
Germanium	0,31	2,44	Glasfaserkabel, IR optische Technologien
Scandium	gering	2,28	SOFC Brennstoffzellen, Al-Legierungselement
Platin	gering	1,56	Brennstoffzellen, Katalyse
Tantal	0,39	1,01	Mikrokondensatoren, Medizintechnik
Silber	0,26	0,78	RFID, Bleifreie Weichlote
Zinn	0,62	0,77	Bleifreie Weichlote, transparente Elektroden
Kobalt	0,19	0,40	Lithium-Ionen-Akku, Katalysatoren für GtL, Ctl, BtL
Palladium	0,10	0,34	Katalyse, Meerwasserentsalzung
Titan	0,08	0,29	Meerwasserentsalzung, Implantate
Kupfer	0,09	0,24	Effiziente Elektromotoren, RFID
Selen	gering	0,11	Dünnschicht-Photovoltaik, Legierungselement
Niob	0,01	0,03	Mikrokondensatoren, Ferrolegerung
Ruthenium	0	0,03	Farbstoffsolarzellen, Ti-Legierungselement
Yttrium	gering	0,01	Hochtemperatursupraleitung, Lasertechnik
Antimon	gering	gering	Antimon-Zinn-Oxid, Mikrokondensatoren
Chrom	gering	gering	Meerwasserentsalzung, marine Techniken

(*) Bezug: gesamte heutige Weltproduktionsmenge des Rohstoffs
Quelle: Fraunhofer ISI

Abb. 4: Rohstoffbedarf für Zukunftstechnologien

Frau Weissenberger-Eibl wies darauf hin, dass moderne Werkstoffe generell sehr komplexe Zusammensetzungen haben, wobei kleine Anteile bestimmter Stoffe großen Einfluss auf die Materialeigenschaften haben können. Deshalb muss man eine große Zahl von Elementen im Blick behalten, wenn deren Verfügbarkeit nicht zum Engpass für die Entwicklung neuer Technologien werden soll (s. Abb. 4).

Dr. Karl-Heinrich Hahn berichtete in der Diskussion über Arbeiten der BASF an organischen Solarzellen. Sie versprechen günstige Herstellungskosten, haben bisher jedoch mit niedrigen Wirkungsgraden um 5 % und unzureichender Haltbarkeit zu kämpfen. In einem vom Bundesministerium für Forschung und Bildung (BMBF) geförderten Projekt hat BASF gemeinsam mit ihren Partnern Heliatek und Bosch in 2009 eine organische Solarzelle mit einem neuen Effizienz-Rekord von 7,7 % entwickelt und die Partner sind sehr zuversichtlich, dass sie in 2011 die 10 %-Hürde überspringen werden. Damit könnten organische Solarzellen bei ausreichender Haltbarkeit in Zukunft eine echte Alternative

zu den polykristallinen oder den künftigen Dünnschichtzellen auf Halbleiterbasis werden.

Materialien für die Energiespeicherung

Die schwankende Verfügbarkeit erneuerbarer Energien erfordert die Speicherung von elektrischer Energie in erheblichem Umfang,

weltweites Lithium-Vorkommen eine wichtige Rolle. Frau Prof. Dr. Weissenberger-Eibl berichtete, dass das von ihr geleitete Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI in Karlsruhe im Kontext des vom BMBF geförderten Projektes „Systemforschung Elektromobilität“ der Fraunhofer-Gesellschaft forscht. Die Studie „Rohstoffe für Zukunftstechnologien“ untersucht beispielsweise die voraussichtliche Lithium-Nachfrage. Selbst unter sehr zurückhaltenden Annahmen bezüglich der Vorkommen werden die weltweit vorhandenen Lithium-Reserven danach unter den getroffenen Annahmen auch bei hohen Nachfragesteigerungen bis 2050 ausreichen, bis 2030 wird das Marktvolumen das 3,4-fache von 2006 erreichen. (s. Abb. 5). Dazu wird aber die

- Lithium-Ionen-Akkumulatoren: Marktvolumen für Lithium-Akkumulatoren 2030 um das 3,4-fache höher als 2006
- Hybrid- und Brennstoffzellenfahrzeuge: Weltmarktvolumen steigt von 370.000 in 2005 über 1,5 Mio. in 2010 auf 8 Mio. Fahrzeuge im Jahr 2020

Globaler Rohstoffbedarf für Lithium-Akkumulatoren in t pro Jahr

Rohstoff	Weltproduktion 2006	Verbrauch 2006	Bedarfsvorschau 2030
Kobalt	67.500	12.000	20.400 – 40.800
Lithium	21.100	2.600	7.500

Abb. 5: Rohstoffbedarf für Lithium-Ionen-Elektrizitätsspeicher

wofür es bislang jedoch keine voll befriedigenden Lösungen gibt. Für die dezentrale Speicherung elektrischer Energie, vor allem im mobilen Bereich, hat sich in den letzten Jahren die Lithium-Ionen-Batterie durchgesetzt, deren Einführung wir die längeren Ladezyklen unserer Handys und Laptops verdanken.

Für den Einsatz von Lithium-Ionen-Fahrzeugg Batterien bei der Elektromobilität spielen die

Entwicklung verbesserter Recycling-Strategien empfohlen, um die Nachfrage zu strecken. In der nachfolgenden Diskussion wurde diese günstige Prognose allerdings von mehreren Teilnehmern mit Bezug auf andere Studien bezweifelt.

Frau Weissenberger-Eibl wies aber auch darauf hin, dass Lithium nicht der einzige Rohstoff ist, der für Elektrofahrzeuge benötigt wird, auch hier muss das

LANGFASSUNG

Gesamtsystem betrachtet werden. Je nach Anforderung werden in Lithium-Ionen-Batterien Beimengungen von Kobalt (für hohe Kapazitäten) oder Mangan und Eisenphosphat für hohe Arbeitsstromstärken) erforderlich (s. Abb. 6). Dies könnte früher als bei Lithium zu Engpässen führen. Aus diesem Grund ist es wichtig, die Versorgungssicherheit weiterer Rohstoffe für die Elektromobilität zu prüfen. Dazu gehören nicht nur Kobalt für Batterien, sondern auch Kupfer für die Wicklungen in den Elektromotoren, Indium für Displays und Neodym für den Einsatz bei Magneten in Elektromotoren.

Intelligente Materialien für die Wärmedämmung und effiziente Energieumwandlung

Ein bisher noch nicht ausreichend erschlossenes Potential für die Einsparung von Energie und damit CO₂-Emissionen bilden Dämmstoffe für Fassaden und neue Materialien, die zu einer Verbesserung des Raumklimas beitragen. Dr. Karl-Heinrich Hahn berichtete in der Podiumsdiskussion über Entwicklungen bei der BASF, die zu völlig neuartigen Bauelementen geführt haben. Diese Bauelemente enthalten so genannte „Phase Change Materials“, die zur Speicherung von Wärme und

Kälte benutzt werden und damit dazu beitragen, die Energieeffizienz der Gebäude erheblich zu verbessern.

Darüber hinaus arbeitet BASF auch an neuen Materialien für innovative Beleuchtungssysteme, den so genannten Organischen Licht Emittierenden Dioden (OLED). Mit diesen Beleuchtungssystemen wird es möglich sein, die Energieeffizienz der heutigen Energiesparlampen noch mal um einen Faktor zwei zu verbessern. BASF nimmt hierbei bei der Entwicklung der hocheffizienten blauen Dioden eine weltweit führende Position ein.

Da die Lebenszeiten von Gebäuden meist länger sind als die technischer Anlagen, würde mit diesen Innovationen zwar nur ein langsamer, dafür aber ein besonders nachhaltiger Fortschritt der Energieeffizienz erreicht.

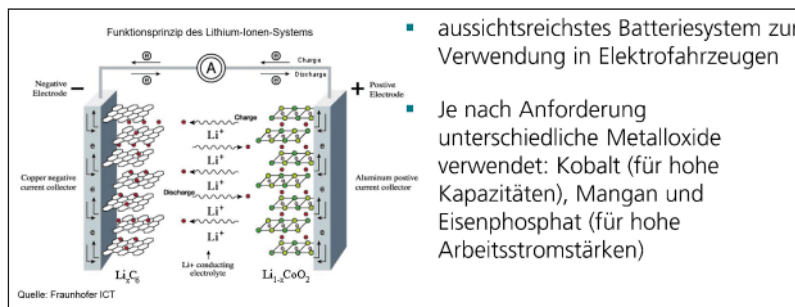


Abb. 6: Rohstoffbedarf für Lithium-Ionen-Elektrizitätsspeicher