

von Geibler, Justus et al.

**Research Report**

## Ressourceneffizienzatlas: Eine internationale Perspektive auf Technologien und Produkte mit Ressourceneffizienzpotenzial

Wuppertal Spezial, No. 44

**Provided in Cooperation with:**

Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy

*Suggested Citation:* von Geibler, Justus et al. (2011) : Ressourceneffizienzatlas: Eine internationale Perspektive auf Technologien und Produkte mit Ressourceneffizienzpotenzial, Wuppertal Spezial, No. 44, ISBN 978-3-929944-83-9, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, Wuppertal, <https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:wup4-opus-39036>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/59275>

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

**Terms of use:**

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*

# Ressourceneffizienzatlas

Eine internationale Perspektive auf Technologien und Produkte mit Ressourceneffizienzpotenzial



**rea** Ressourceneffizienzatlas  
Resource Efficiency Atlas

## Autorinnen und Autoren:

Justus von Geibler, Holger Rohn, Frieder Schnabel, Jana Meier,  
Klaus Wiesen, Elina Ziema, Nico Pastewski, Michael Lettenmeier

Das dieser Veröffentlichung zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 1611585 gefördert.

Die Verantwortung für den Inhalt liegt bei den Autoren/-innen.

Projektträger ist die VDI/VDE Innovation + Technik GmbH.

Projektlaufzeit: 9/2008 - 3/2011

Projektleitung: Dr. Justus von Geibler

Weitere Informationen zum Projekt „Ressourceneffizienzatlas“ finden Sie unter [www.ressourceneffizienzatlas.de](http://www.ressourceneffizienzatlas.de)

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

VDI | VDE | IT

### Projektpartner und Herausgeber:

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH  
42103 Wuppertal, Döppersberg 19  
[www.wupperinst.org](http://www.wupperinst.org)

Trifolium – Beratungsgesellschaft mbH  
61169 Friedberg, Alte Bahnhofstraße 13  
[www.trifolium.org](http://www.trifolium.org)

Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation  
IAO, 70569 Stuttgart, Nobelstr. 12  
[www.innovation.iao.fraunhofer.de](http://www.innovation.iao.fraunhofer.de)

Universität Stuttgart - Institut für Arbeitswissenschaft  
und Technologiemanagement IAT  
70569 Stuttgart, Nobelstr. 12  
[www.iat.uni-stuttgart.de](http://www.iat.uni-stuttgart.de)

ISBN: 978-3-929944-83-9

Gestaltungsentwurf: VisLab, Wuppertal Institut  
Layout und Satz: Dr. Martina Nehls-Sahabandu, ubb  
Bildrechte: Titelfoto und Rubrikenbilder (istockphoto.com)  
Druck: Druckverlag Kettler GmbH, Bönen

### Kontakt zu den Autoren/-innen:

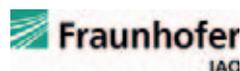
Dr. Justus von Geibler,  
Wuppertal Institut, Tel.: +49 (0) 202 2492 -168, [justus.geibler@wupperinst.org](mailto:justus.geibler@wupperinst.org)

Holger Rohn,  
Trifolium, Tel.: +49 (0) 6031 68754 - 64, [holger.rohn@trifolium.org](mailto:holger.rohn@trifolium.org)

Frieder Schnabel,  
IAO und IAT, Tel.: +49 (0) 711 970 - 2245, [frieder.schnabel@iao.fraunhofer.de](mailto:frieder.schnabel@iao.fraunhofer.de)



Wuppertal Institut  
für Klima, Umwelt, Energie  
GmbH



Universität Stuttgart

Institut für Arbeitswissenschaft und  
Technologiemanagement IAT

© Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, 2011

# Ressourceneffizienzatlas

## Eine internationale Perspektive auf Technologien und Produkte mit Ressourceneffizienzpotenzial

Autoren/-innen:

*Justus von Geibler*

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH

*Holger Rohn*

Trifolium – Beratungsgesellschaft mbH

*Frieder Schnabel*

Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

*Jana Meier*

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH

*Klaus Wiesen*

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH

*Elina Ziema*

Trifolium – Beratungsgesellschaft mbH

*Nico Pastewski*

Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement  
der Universität Stuttgart IAT

*Michael Lettenmeier*

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH

Wuppertal, März 2011



WUPPERTAL SPEZIAL 44



## Danksagung

Der vorliegende „Ressourceneffizienzatlas“ mit 21 Beispielen für Ressourceneffizienz und die parallel veröffentlichte Internetdatenbank mit aktuell über 90 Ressourceneffizienzbeispielen sind mit der Unterstützung einer Vielzahl von Personen entwickelt worden, denen wir ganz herzlich danken möchten.

Unser besonderer Dank gilt den Expertinnen und Experten aus Forschung und Wirtschaft, die zum Ressourceneffizienzatlas beigetragen haben. Ausdrücklich danken möchten wir dabei denen, die uns in Interviews und in Workshops ihr Wissen und ihre Erfahrungen mitgeteilt und wertvolle Beiträge geliefert haben. Besonders dankbar sind wir auch allen engagierten Personen in Unternehmen und Forschungseinrichtungen, die durch Einsendung von Beispielen eine wichtige Grundlage für den Ressourceneffizienzatlas gelegt haben.

Wir bedanken uns ganz herzlich bei all denen, die uns bei der Gestaltung, der textlichen Überarbeitung und der wissenschaftlichen Qualitätssicherung unterstützt haben. Dank gilt auch all denen, die das Projektmanagement unterstützt haben. Wir sind dankbar für die zahlreichen Bilder und Grafiken, die uns zur Verfügung gestellt wurden.

Nicht zuletzt bedanken wir uns beim Bundesministerium für Bildung und Forschung für die Projektförderung sowie dem Projektträger VDI/VDE Innovation und Technik GmbH für die umfassende Betreuung im Laufe des REA Projekts.

Die Autoren

# Inhalt

<b>1 Ressourceneffiziente Technologien und Produkte entwickeln – eine globale Herausforderung</b> .....	<b>6</b>
1.1 Ressourceneffizienz als zentrale Aufgabe des 21. Jahrhunderts .....	6
1.2 Das Projekt Ressourceneffizienzatlas .....	9
1.3 Der rote Faden durch den Ressourceneffizienzatlas .....	10
<b>2 Ressourceneffizienzpotenziale im Licht der Wissenschaft</b> .....	<b>11</b>
2.1 Ressourceneffizienz aus Sicht internationaler Experten/-innen .....	11
2.2 Identifikation von Praxisbeispielen für Ressourceneffizienz .....	20
<b>3 Ressourceneffizienz in Forschung und Praxis: 21 Beispiele</b> .....	<b>24</b>
3.1 Technologien für Ressourceneffizienz .....	26
3.2 Produkte für Ressourceneffizienz .....	44
3.3 Strategien für Ressourceneffizienz .....	58
<b>4 Ansatzpunkte zur Steigerung der Ressourceneffizienz</b> .....	<b>68</b>
4.1 Stärken und Schwächen der Technologie- und Produktentwicklung .....	68
4.2 Strategische Ansatzpunkte .....	71
<b>5 Literatur</b> .....	<b>74</b>
<b>6 Anhang</b> .....	<b>77</b>
Übersicht der im Projekt interviewten Experten/-innen .....	77
Herausgeber im Kurzprofil .....	78

# 1 Ressourceneffiziente Technologien und Produkte entwickeln – eine globale Herausforderung

## 1.1 Ressourceneffizienz als zentrale Aufgabe des 21. Jahrhunderts

Das nachhaltige Management natürlicher Ressourcen und die effiziente Nutzung der natürlichen Rohstoffe gewinnen aus ökologischen, sozialen und ökonomischen Gründen zunehmend an Bedeutung. Der Aufbau und die Verbreitung von Wissen zu Ressourceneffizienzpotenzialen und ihrer Nutzung wird damit zu einer zentralen Herausforderung einer nachhaltigen Entwicklung.

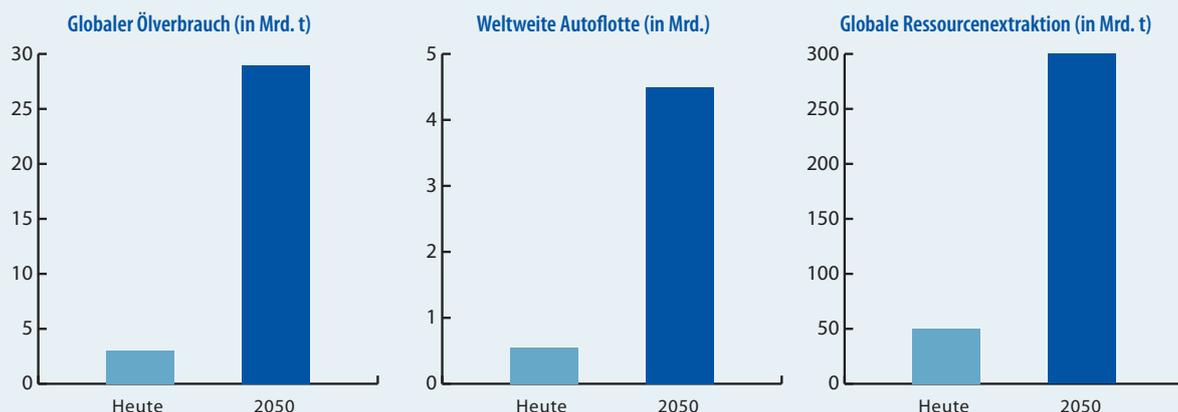
Dieser Bedeutungszuwachs hat vielerlei Ursachen: Wegen starker Preisschwankungen bzw. -anstiege auf den Energie- und Rohstoffmärkten (vgl. *Abbildung 1*) wird das Ressourcenmanagement für Unternehmen auf nationalstaatlicher Ebene immer wichtiger. Die Wettbewerbsnachteile, die durch eine ineffiziente Ressourcennutzung entstehen, gefährden zunehmend Arbeitsplätze und die Entwicklung von Unternehmen (BMU 2007). Versorgungsunsicherheiten, Ressourcenknappheit und die sich daran

entzündenden globalen Rohstoffkonflikte sowie hohe und stark fluktuierende Rohstoffpreise können zu starken ökonomischen und sozialen Verwerfungen führen. Die Steigerung der Ressourceneffizienz wird daher sowohl in der nationalen und internationalen Politik als auch in den Unternehmen zunehmend zu einem wichtigen Thema. Dies zeigt sich z. B. in der Strategie Europa 2020, bei der das Thema Ressourceneffizienz eines von sieben Leitthemen (Flagships) ist (Europäische Kommission 2011), sowie in der nationalen Ressourcenstrategie der Bundesregierung „ProGress“ (Reiche 2011). Auch die Enquete-Kommission Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität hebt eine Entkopplung von Wohlstand und Ressourcenverbrauch als Kernthema hervor (Deutscher Bundestag 2011). Auf internationaler Ebene gewinnt Ressourceneffizienz auch im Kontext der „Green economy“ an Bedeutung (OECD 2011; UNEP 2011). Nicht zuletzt orientieren sich Unternehmen bei ihren wirtschaftlichen Aktivitäten zunehmend an Anforderungen, die sich aus dem effizienten Einsatz von Ressourcen ergeben (OECD 2009).

Eine Steigerung der Ressourceneffizienz ist auch angesichts der Einhaltung ökologischer Grenzen der Erde erforderlich. Umweltbelastungen durch die Entnahme und Nutzung von natürlichen Ressourcen, die damit verbundenen Abfälle und Emissionen führen direkt und indirekt zu ökologischen Problemen. Der weltweite Materialverbrauch ist in den vergangenen 30 Jahren stark gestiegen, sowohl bei Metallen und Mineralien als auch bei fossilen Rohstoffen und Biomasse (Sustainable Europe Research Institute 2011). Diese Entwicklung wird insbesondere durch den Industrialisierungsprozess der Schwellenländer beschleunigt. Laut Prognosen wird die Weltwirtschaft bis 2030 im



**Abbildung 1:** Rohstoffpreisentwicklung nach dem Reuters CRB Commodity Index (Quelle: Moore Research Centre)



**Abbildung 2:** Rohstoffbedarf der Welt 2050 ohne zusätzliche Effizienzsteigerungen  
Quelle: Hennicke 2006 (eigene Berechnungen)

Schnitt jährlich um drei Prozent wachsen (vgl. BMU 2007). Die steigende Nachfrage wird desweiteren vorangetrieben durch den Anstieg der Weltbevölkerung. Bis 2050 werden über 9 Milliarden Menschen auf der Erde leben und immer mehr davon in Städten und/oder in Industriegesellschaften (vgl. BMU 2007). *Abbildung 2* zeigt anhand der Indikatoren Erdölverbrauch, Anzahl der Automobile und Ressourcenextraktion den geschätzten weltweiten Bedarf an Ressourcen im Jahr 2050.

Die Ressourcenintensität der Wirtschaft unterscheidet sich in einzelnen Ländern deutlich. So sind beispielsweise die ressourcenintensivsten Sektoren Deutschlands die Bauindustrie, die Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie, die Herstellung von Metallen und Metallhalbzeugen, der Energiesektor und der Fahrzeugbau (vgl. Acosta-Fernández 2007). In Finnland wiederum sind z. B. der Bergbau und die Bauwirtschaft die gewichtigsten Sektoren, gefolgt von Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Holzverarbeitender Industrie. Die Automobilindustrie spielt dagegen eine minimale Rolle (vgl. Mäenpää 2005). Somit zeigt sich, dass für verschiedene Länder auch verschiedene Ansatzpunkte für die Steigerung der Ressourceneffizienz relevant sein können.

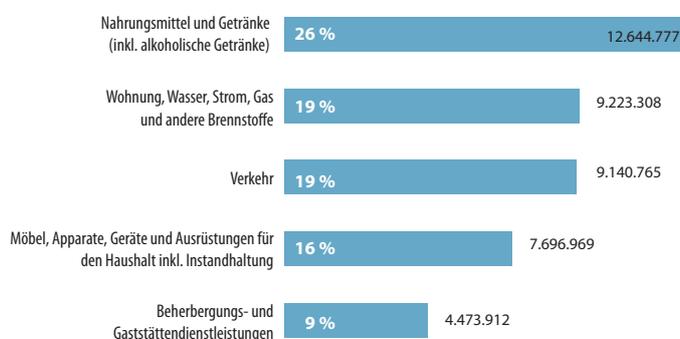
Die Betrachtung des Ressourcenverbrauchs nach Bedürfnisfeldern (vgl. *Abbildung 3*) offenbart, dass in Industriegesellschaften insbesondere für die Bedürfnisfelder „Wohnen“ sowie „Ernährung“ viele Ressourcen genutzt werden. Dies betrifft die Ressourcen, die in den Konsumgütern enthalten sind, und den jeweils lebenszyklusweit induzierten Ressourcenverbrauch, z. B. für die in der Herstellung oder Distribution genutzten Energien. Wird Mobilität nicht in die jeweiligen Bedürfnisfelder integriert (z. B. Fahrt zum Einkaufen im Bedürfnisfeld Ernährung), sondern getrennt

ausgewiesen, spielt auch diese eine zentrale Rolle (vgl. Matthews et al. 2000; Bringezu / Schütz 2001; Kotakorpi / Lähteenoja / Lettenmeier 2008).

Eine höhere Ressourceneffizienz – nicht nur in den oben genannten Bedürfnisfeldern – kann vielfältigen Nutzen für die Wirtschaft und Gesellschaft haben (vgl. u. a. Ritthoff et al. 2007; Bringezu 2004; van der Voet et al. 2005; Schmidt-Bleek 2007; Liedtke / Busch 2005). Beispiele sind:

- Senkung der Kosten (Produktions- und Produktkosten sowie geringere Kosten in der Nutzungsphase),
- Erhöhung der Rohstoffsicherheit,
- Verringerung von Umweltbelastungen über den gesamten Produktlebensweg.

Weiterhin kann Ressourceneffizienz Ausgangspunkt für Innovationen im Produkt- und Produktionsbereich sowie neue Märkte für Produkte mit weniger Ressourceneinsatz sein. Dabei können sowohl nationale Märkte als auch internationale Märkte für den Export adressiert werden. Eine Studie der Roland Berger Strategy Consultants bescheinigt



**Abbildung 3:** Ressourcenverbrauch inklusive Rucksack von besonders ressourcenintensiven Bedarfsfeldern in Deutschland in Prozent und 1.000 Tonnen (Bezugsjahr 2000, Quelle: Acosta-Fernández, 2011)

den Märkten für Umwelttechnologien ein hohes Marktpotenzial und weltweit dynamisches Wachstum (vgl. BMU 2007). Die in dieser Studie identifizierten sechs Leitmärkte (Umweltfreundliche Energieerzeugung und -speicherung, Energieeffizienz, Rohstoff- und Materialeffizienz, Kreislaufwirtschaft, nachhaltige Mobilität, nachhaltige Wasserwirtschaft) hatten zusammen bereits 2005 ein Gesamtvolumen von etwa einer Billion Euro. Betrachtet man die durchschnittliche Entwicklung dieser einzelnen Märkte, ist im Markt für Rohstoff- und Materialeffizienz mit 8 Prozent das größte jährliche Wachstum zu erwarten (BMU 2007).

Für Unternehmen bestehen durch relativ einfache Optimierungsmaßnahmen Kosteneinsparungspotenziale im zum Teil zweistelligen Prozentbereich (vgl. Baron et al. 2005; BMU 2007). Immerhin sind durchschnittlich ca. 47,5 Prozent der Bruttoproduktionskosten im verarbeitenden Gewerbe Materialkosten. Damit stellen diese den größten Kostenblock vor Personalkosten mit ca. 17,8 Prozent, Energiekosten mit ca. 2,1 Prozent und anderen dar (vgl. Destatis 2010, 377). Eine Reduktion des Materialverbrauchs verspricht daher erhebliche Kosteneinsparpotenziale (vgl. Baron et al. 2005). Hierbei sollten nicht nur einzelne Prozesse betrachtet, sondern in einer integrierenden Optimierung die vor- und nachgelagerten Prozesse vom Rohstoffabbau bis zur Entsorgung berücksichtigt werden. Diese lebenszyklusweite Sichtweise stellt zugleich eine große Herausforderung dar, denn durch die komplexen, globalisierten Wertschöpfungsketten ist es oftmals schwierig, alle Vorprodukte transparent zu verfolgen und zu beeinflussen.

Nicht nur in der Produktion, sondern gerade auch in den frühen Phasen des Produktinnovationsprozesses (Ideengenerierung, Design, F&E) werden zentrale Entscheidungen getroffen, die sich auf die zukünftige Ressourceneffizienz eines Produktes auswirken (Bullinger 2006). Es bestehen dort also verhältnismäßig einfache Möglichkeiten zur nachhaltigen und umweltfreundlichen Gestaltung von Produkten, Prozessen und Dienstleistungen (Geibler / Rohn, 2009).

In einem nationalen Projekt zur Forschung und Förderung der Ressourceneffizienz in Deutschland (MaRes) wurde das Ressourceneffizienzpotenzial von zunächst ca. 1000 Anwendungen in einem expertengestützten Prozess

qualitativ abgeschätzt. Anschließend wurden die Ressourceneffizienzpotenziale von 22 Anwendungen berechnet und dabei erhebliche Potenziale festgestellt (vgl. Rohn et al. 2010). Die betrachteten Bereiche sind in *Tabelle 1* zusammengefasst.

Zentrale Handlungsfelder mit Potenzialen zur Steigerung der Ressourceneffizienz	
<b>Technologien</b>	<p>Querschnittstechnologien und „Enabling-Technologien“: Türöffner für ressourceneffiziente Anwendungen</p> <p>Regenerative Energien ermöglichen erhebliche Ressourceneinsparungen</p> <p>Der Wachstumsmarkt Informations- und Kommunikationstechnologie (IuK) benötigt ein sorgfältiges Ressourcenmanagement</p>
<b>Produktebene</b>	<p>Lebensmittel – Betrachtung von Produktion und Konsum notwendig</p> <p>Verkehr – Infrastruktur birgt mehr Effizienzpotenzial als Antriebssysteme</p>
<b>Strategien</b>	<p>Produktentwicklung an Ressourceneffizienz ausrichten</p> <p>Geschäftsmodelle an Ressourceneffizienz orientieren: Produkt Service Systeme (PSS) erfordern Umdenken</p>

**Tabelle 1:** Zentrale Handlungsfelder mit Potenzialen zur Steigerung der Ressourceneffizienz (Quelle: Rohn et al. 2010)

In der Praxis verhindern jedoch verschiedene Hemmnisse oft die Hebung von Ressourceneffizienzpotenzialen (vgl. Baron et al. 2005):

- Es besteht nur unzureichendes Wissen über neue Materialien und Prozesse, mit denen eine höhere Ressourceneffizienz erreicht werden kann.
- Es wird das Risiko gescheut, bestehende Produktionsprozesse zu verändern und materialeffiziente Verfahren einzusetzen.
- Ressourceneffizienzgewinne können oft nur wertschöpfungskettenweit erreicht werden, dies erfordert eine intensive Kooperation mehrerer Akteure.
- Es gibt zu wenige oder falsche Anreize (z. B. über die Betrachtung von Teilkosten) und kurzfristige Handlungsorientierungen durch die Politik.

Die vorliegende Veröffentlichung möchte dazu beitragen, diese Hemmnisse zu überwinden, indem sie das Problem fehlenden Wissens zu Ressourceneffizienz als zentrale Herausforderung für die Umsetzung von Ressourceneffizienz aufgreift.

## 1.2 Das Projekt Ressourceneffizienzatlas

Ressourceneffizienz ist ein Thema, das in Deutschland in den letzten Jahren immer intensiver diskutiert wird. Dies belegen zahlreiche Förderaktivitäten des Bundes, der Länder und Initiativen der Wirtschaft, motiviert durch steigende Energie- und Rohstoffpreise, Rohstoffverknappung und der steigenden Relevanz nachhaltigen Wirtschaftens im Kontext der globalen Klimaerwärmung. Die Erkenntnis, dass neue technologische Lösungen die Ressourceneffizienz steigern können, ist in der Bundesrepublik weit verbreitet und wird durch abgeschlossene und laufende Studien dargestellt (vgl. z. B. Rohn et al. 2009). Es lässt sich jedoch ein sehr eingeschränkter Blick auf die Entwicklung im eigenen Land konstatieren. International sind ebenfalls starke Tendenzen zu erkennen, Ressourceneffizienz vermehrt als strategisches Leitthema für technologische Entwicklungen zu nutzen, so zum Beispiel in der Europäischen Union (über die sogenannten „Technology Platforms“), den Cleaner Production Centers und ausgewählten Ländern wie Japan und den USA – unter dem Stichwort „Green Tech“ oder „Clean Technologies“.

Vor diesem Hintergrund war das übergeordnete Ziel des Projektes „Ressourceneffizienzatlas“, auf globaler Ebene Produkte und Technologien mit hohem Ressourceneffizienzpotenzial (Leitprodukte und Leittechnologien) zu identifizieren und zu bewerten. Konkrete Umsetzungsbeispiele für generelle Prinzipien wurden recherchiert und aufbereitet. Die Analyse deckt vornehmlich den europäischen Kontext ab. Zusätzlich wurden Länder mit vermutetem technologischem Vorsprung in ausgewählten Bereichen wie Japan und USA miteinbezogen. Nicht explizit gesucht wurden Low-Tech-Lösungen sowie Lösungen, die in Entwicklungsländern entwickelt werden. Dies schließt jedoch nicht aus, dass einige der identifizierten Lösungen in Entwicklungsländern von Bedeutung sein können.

Eine weitere Aufgabe im Projekt war es, den möglichen Beitrag von identifizierten Produkten und Technologien zu innovationspolitischen Handlungsfeldern für die nachhaltige Entwicklung herauszuarbeiten und strategische Handlungsoptionen zu entwickeln, um die identifizierten Technologien im nationalen Kontext besser umsetzen zu können.

Die Projektdurchführung begann mit der Analyse vorliegender Veröffentlichungen, Studien, Technologieplattformen, Strategien sowie weiterer Quellen mit dem Schwerpunkt auf Ressourceneffizienz und innovative Technologien. Neben der Suche nach relevanten Technologien und Produkten wurden außerdem international renommierte Experten/-innen ausgewählt, wobei auf eine breite Abdeckung aller Bereiche wie Anwendung, Forschung, Entwicklung und Politik sowie ausgewählter Branchen und Themenfelder Wert gelegt wurde. In Interviews wurden 17 Experten/-innen (siehe Anhang) zu Themen der Umsetzung von Ressourceneffizienz befragt. Weiterhin galt es, in einer Befragung ressourceneffizienzsteigernde Produkte und Technologien in ausgewählten Branchen und Themenfeldern sowie deren Potenziale zu ermitteln. Eine Zielgruppe der Befragung waren die Cleaner Production Centers, die weltweit in aktuell 43 Ländern aktiv sind, sowie vergleichbare Einrichtungen im Ausland. Die integrative und vergleichende Auswertung der Ergebnisse lieferte strategische Ansatzpunkte zur Umsetzung der identifizierten Ressourceneffizienztechnologien und ressourceneffizienten Produkte in Deutschland als Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung. Zur Diskussion der Ergebnisse aus den Analysephasen sowie der geplanten Verwertungsoptionen wurde ein Workshop mit Stakeholdern und Experten/-innen aus Wissenschaft, Politik, Verbänden und Umsetzung durchgeführt. Die Ergebnisse des Workshops flossen in die abschließende Fassung der Beispiele und des Ressourceneffizienzatlas ein.

Die Verbreitung und Verwertung der Projekthinhalte und Ergebnisse geschieht in erster Linie über das zentrale Produkt, den Ressourceneffizienzatlas, der sowohl in deutscher als auch englischer Sprache verfügbar ist. Ferner wurde eine Projektwebseite ([www.ressourceneffizienzatlas.de](http://www.ressourceneffizienzatlas.de)) erstellt, auf der über die vorliegende Printversion hinaus zusätzliche Good-Practice-Beispiele dargestellt sind. Ferner erfolgte die Verbreitung der Ergebnisse über Workshops, Präsentationen auf Fachveranstaltungen, Publikation der Ergebnisse in Fachmedien, Gremien- und Netzwerktätigkeiten (z. B. Eco-innovation Observatory, Faktor X Netzwerk, Ressourceneffizienz Netzwerk).

### 1.3 Der rote Faden durch den Ressourceneffizienzatlas

Ein wesentliches Produkt des Projektes „Ressourceneffizienzatlas“ ist der vorliegende Ressourceneffizienzatlas, der aus drei weiteren Hauptkapiteln besteht.

Im folgenden *Kapitel 2* werden die Ergebnisse der Interviews mit den internationalen Experten/-innen zu Themen der Umsetzung von Ressourceneffizienz dargestellt (*Kap. 2.1*). Dem folgt ein Überblick zu den Ergebnissen der Recherche nach innovativen, ressourceneffizienzsteigernden Leitprodukten und Leittechnologien (*Kap. 2.2*). Detailliertere Ergebnisse dieser Recherche sind in der parallel mit der Druckfassung des Ressourceneffizienzatlas veröffentlichten Internetdatenbank ([www.ressourceneffizienzatlas.de](http://www.ressourceneffizienzatlas.de)) dargestellt.

In *Kapitel 3* wird eine Auswahl von 21 ausgewählten Technologien und Produkten genauer beschrieben. Einen Überblick über die 21 Beispiele für Ressourceneffizienz, die unterschiedliche Anwendungsfelder und Regionen abdecken, findet sich auf den Seiten 24 und 25 zu Beginn von Kapitel 3.

*Kapitel 4* beinhaltet die Ergebnisse einer SWOT – Analyse, in der Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken einer Entwicklung von Ressourceneffizienztechnologien dargestellt werden. Zudem werden Ansatzpunkte erläutert, wie die Weiterentwicklung und Anwendung dieser Technologien und Produkte in Deutschland gefördert werden könnte.

## 2 Ressourceneffizienzpotenziale im Licht der Wissenschaft

Wie in Kapitel 1.2 beschrieben, zielt der Ressourceneffizienzatlas darauf ab, Potenziale zu identifizieren und zu bewerten, die sich durch und für ressourceneffiziente Produkte und Technologien ergeben. Dabei steht vor allem die Integration der internationalen Perspektive im Vordergrund. Kapitel 2 beschreibt daher im ersten Teil die Sicht internationaler Experten/-innen aus ihrem Forschungsbereich heraus auf das Thema Ressourceneffizienz und ihre Umsetzung.

Der zweite Teil dieses Kapitels stellt die Vorgehensweise bei der Sammlung von Good-Practice-Beispielen ressourceneffizienter Technologien, Produkte und Strategien auf internationaler Ebene dar. Es werden Erkenntnisse und Schwierigkeiten sowohl bei der Identifikation als auch bei der Auswertung dieser Beispiele beschrieben und schließlich ein Überblick über die Ergebnisse der Beispielsammlung gegeben.

### 2.1 Ressourceneffizienz aus Sicht internationaler Experten/-innen

Innerhalb des Projektes „Ressourceneffizienzatlas“ wurde eine Befragung internationaler Experten/-innen durchgeführt. Ziel der Interviews war es, eine Einschätzung zum allgemeinen Verständnis von Ressourceneffizienz, zu Potenzialen von Schwerpunktfeldern, zu möglichen zukünftigen Entwicklungen, Hemmnissen und Erfolgsfaktoren bei der Umsetzung von Ressourceneffizienz jeweils im internationalen Kontext zu erhalten. Insgesamt wurden 17 Interviewpartner persönlich oder telefonisch mittels halb standardisierter Interviewleitfäden befragt. Eine Liste der befragten Experten/-innen findet sich im Anhang. Die im Folgenden dargelegten Ergebnisse beziehen sich auf folgende vier Interviewteile: „Verständnis und Bedeutung von Ressourceneffizienz“, „Potenzialabschätzungen für Anwendungsfelder“, „zukünftige Entwicklungen und Querschnittsthemen“ sowie „Umsetzung der Ressourceneffizienz“.

#### Verständnis und Bedeutung von Ressourceneffizienz (Interviewteil 1)

Im Kontext der großen globalen Herausforderungen wie demografische Entwicklung, Klimawandel und Ressourcenverknappung wird die Ressourceneffizienz von den befragten internationalen Experten/-innen einheitlich als eine der zentralen, global zu verfolgenden Strategien des wirtschaftlichen Handelns angesehen. Konsens besteht darüber, dass die tendenziell sinkenden primären

Ressourcenvorkommen einem rapide steigenden Bedarf an Ressourcen gegenüberstehen. Die Erhöhung der Ressourceneffizienz als Konzept, um mit einem geologisch limitierten Ressourceneinsatz dieselbe oder eine bessere Leistung bzw. denselben oder besseren Nutzen für die Menschen zu erreichen, erscheint daher naheliegend. Ziel muss hier im Interesse aller die Maximierung einer nachhaltigen Nutzung unserer Güter sein.

Nach Meinung der befragten Experten/-innen existiert bereits seit Jahrzehnten eine Reihe von wissenschaftlichen Veröffentlichungen und Expertisen seitens verschiedener Disziplinen zu dieser Thematik. Diese legen dar, mit welchen Instrumenten, Methoden und Lösungen die Erhöhung der Ressourceneffizienz auf den verschiedenen Ebenen unterstützt werden kann. Auch in der öffentlichen Diskussion ist das Thema Ressourceneffizienz inzwischen auf der Tagesordnung. Die Mehrheit der befragten Experten/-innen bestätigen die grundsätzliche Notwendigkeit eines verantwortungsbewussten Umgangs mit Ressourcen. Meinungsunterschiede gibt es allerdings zu Fragen der Umsetzung und zu einzelnen Schwerpunkten. Hier sind naturgemäß die einzelnen regionalen oder disziplinbezogenen Interessen bestimmend.

So ist die *volkswirtschaftliche* Motivation für Ressourceneffizienz meist offensichtlich. In vielen Ländern geht es um

die Verringerung der Abhängigkeit von Rohstoffimporten - also die Kontrolle von Ressourcen, um deren Verfügbarkeit sicherzustellen. Aktuelle geopolitische Aktivitäten einzelner Länder wie z. B. China, die beispielsweise dazu dienen, strategische Rohstoffvorkommen langfristig in Anspruch zu nehmen, erzeugen große Unsicherheiten. Die verfolgten Maßnahmen unterscheiden sich jedoch stark in Abhängigkeit von den jeweiligen Ressourcen. Während die energiebezogenen Themen wie regenerative Energien oder Energieeffizienz meist auf breite Zustimmung stoßen, ist die Materialeffizienz in einigen Regionen hingegen noch von geringer Bedeutung. Einige Experten/-innen geben jedoch an, dass gerade der Bereich Materialeffizienz ein wichtiges Forschungsfeld darstellt, weil es Potenziale über alle Wertschöpfungsstufen von der Entwicklung, Produktion, Demontage bis zum Recycling umfasst. Hier gälte es vermehrt, langfristige und lebenszyklusübergreifende Alternativen zu erarbeiten. Für einzelne Rohstoffe wie etwa Phosphor und Kupfer oder andere strategisch bedeutsame und seltene Metalle/Erden wird inzwischen beachtlicher Aufwand betrieben, alternative (sekundäre) Quellen vermehrt zu nutzen. In einigen Ländern, gerade in solchen mit geringen eigenen Vorkommen an fossilen Energieträgern, ist allerdings die Sicherung der Energieversorgung mit unmittelbarem Wachstum und Wohlstand verbunden und daher nach wie vor prioritär.

*Betriebswirtschaftlich* begründet sind meist die mit einer Effizienzsteigerung verbundenen ökonomischen Vorteile. Die Relevanz der Ressourceneffizienz ergibt sich dabei aus den Kosten für den Material- bzw. Energieverbrauch. Es wird versucht, die unmittelbaren Kosten zu reduzieren und dabei mittelbar auch die Effizienz zu steigern. Der Preis ist derzeit eine zentrale Steuerungsgröße für viele Unternehmen; nur wenige verfolgen eine langfristige preisunabhängige Orientierung. Hinsichtlich der Entwicklung eines Betriebes hin zu mehr Ressourceneffizienz, beispielsweise mittels alternativer Technologien, benötigen Unternehmen vor allem auch aufwandsreduzierte Unterstützung für richtungssichere Entscheidungen, etwa in Form einer Bewertung der zur Verfügung stehenden Technologien. Einige Unternehmen sehen nachhaltiges Wirtschaften mit der

Prämisse, "Win-Win-Situationen" zu schaffen. Grundsätzlich ist die globale Wirtschaft allerdings noch weit davon entfernt, dass die Preise von Produkten den tatsächlichen Wert der enthaltenen und lebenszyklusweit genutzten natürlichen Ressourcen realistisch widerspiegeln. Diese nicht gewährleistete Kosten-Internalisierung bleibt ein Hauptproblem des nach Ressourceneffizienz ausgerichteten Wirtschaftens.

Aus der *gesellschaftlichen* Perspektive besteht die Forderung von Experten/-innen darin, bei technologischen Entwicklungen menschliche Bedürfnisse und natürliche Rahmenbedingungen stärker in den Mittelpunkt zu rücken. Fragestellungen, die nach den Experten/-innen hier eine Rolle spielen, sind etwa:

- Wie verbessert eine Technologie das Leben der Menschen?
- Ist eine konsequente Verbindung von Nutzen und Bedürfnissen gegeben?
- Wird mit Weitblick auf langfristige Folgen und Leistungsparameter produziert?

Aus diesen Fragestellungen ergeben sich Forderungen an eine ganzheitlich nachhaltige Nutzung der vorhandenen Ressourcen, ohne die Ökosysteme und den menschlichen Lebensraum unnötig zu beanspruchen. Auf internationaler Ebene ist in diesem Zusammenhang vor allem die Verlagerung von Umweltbelastungen in andere Länder und entlang der Wertschöpfungskette zu vermeiden. Vor dem Hintergrund der ganzheitlichen Minimierung negativer Effekte ist insbesondere das Risiko sogenannter „Rebound-Effekte“<sup>1</sup> zu berücksichtigen, die eine unbeabsichtigte und nicht vorhergesehene negative Folge (z. B. hohen Ressourcenverbrauch, Emissionen) einer neuen, an sich effizienten Lösung, darstellen können. Diese Gefahr wächst mit der notwendigen „Eingriffstiefe“ einer neuen Lösung in das bestehende System. So besteht laut einem Experten z. B. bei der Technologie „Digitaler Strom“ zur optimierten Steuerung mehrerer unterschiedlicher Geräte über das bestehende Stromnetz ein hohes Ressourceneinsparpotenzial

<sup>1</sup> Ein Rebound-Effekt liegt vor, wenn Einsparungen, die etwa durch effizientere Technologien entstehen, durch vermehrte Nutzung und/oder Konsum überkompensiert werden (Jenkins et al. 2011; Schettkat 2009)

und weniger Risiken für Rebound-Effekte aufgrund der einfachen Integrierbarkeit in die bestehende Infrastruktur. Umgekehrt gilt es, die Verwirklichung von positiven Rebound-Effekten zu suchen, um effektiv Einsparpotenziale zu erschließen.

In dieser Konstellation ergibt sich laut Meinung der Experten/-innen hier ein verstärkter Handlungsdruck für die *Forschung*. Sie gilt als „Motor“, der neue Lösungen mit Ressourceneffizienzpotenzial erbringen soll. Eine Vielzahl an aktuell weltweit stattfindenden Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten zur Schaffung von neuen Produkten, Dienstleistungen, Technologien oder Konzepten berücksichtigt dabei mittelbar oder unmittelbar auch Anforderungen, die sich aus dem effizienten Umgang mit Ressourcen ableiten lassen. Mittelbar meint in diesem Zusammenhang, dass etwa durch eine neu entwickelte Technologie Einsparpotenziale ermöglicht werden, obwohl dies nicht direkt intendiert war. Mehr und mehr werden aber solche Potenziale bewusster gesucht, umgesetzt und auch aktiv kommuniziert, u.a. da hierdurch aktuell verstärkt Fördergelder zu akquirieren sind. Dies gilt zunehmend auch für Bereiche und Branchen wie die Luft- und Raumfahrttechnologie, in denen solche Aspekte bisher von untergeordneter Wichtigkeit waren. Es ist inzwischen festzustellen, dass eine Vielzahl an Forschungsaktivitäten bereits einen Beitrag zur Ressourceneffizienz leisten und diese als Querschnittsthema zunehmend Berücksichtigung findet. Diese Forschungsaktivitäten sollten jedoch weiter verstärkt werden.

Insgesamt drücken die Experten/-innen ein ähnliches Verständnis und ähnliche Motivationsfaktoren für Ressourceneffizienz aus, wie sie in Deutschland laut Meinung der meisten Experten/-innen zu beobachten sind. Solche Motivationsfaktoren sind z. B. die positiven ökonomischen Effekte, Minderung der Abhängigkeit von begrenzten Ressourcen und die Reduktion von negativen Umweltfolgen. Nicht kongruent sind allerdings die Prioritäten. Diese unterschiedlichen Vorstellungen und Interessen bezüglich der Thematik gilt es laut vieler Experten/-innen auch verstärkt herauszuarbeiten und bei Maßnahmenplanungen entsprechend zu berücksichtigen.

## Potenzialabschätzungen für Anwendungsfelder (Interviewteil 2)

Die befragten Experten/-innen bestätigen die grundsätzlich hohe Bedeutung von Technologien zur Senkung des weltweiten Ressourcenverbrauchs. Uneinigkeit besteht meist nur über die Reichweite und Veränderungskräfte einer rein bzw. vornehmlich technologieorientierten Ausrichtung. Konsens besteht größtenteils über die herausragenden Ressourceneffizienzpotenziale der in Kapitel 3 vorgestellten Technologiefelder. Dies darf allerdings nicht darüber hinwegtäuschen, dass es sich in erster Linie um Werkzeuge handelt, die laut Meinung der befragten Experten/-innen das volle Potenzial nur entfalten können, wenn die Rahmenbedingungen des Einsatzes stimmen und der erzielbare Nutzen einer Anwendung das Maß bleibt.

Die meisten Experten/-innen sehen *zwei unterschiedliche Ansatzpunkte* zur Einsparung von Ressourcen. Erstens sind Potenziale bei der Entwicklung der Technologien selbst möglich. Zweitens liegen Potenziale in der Anwendung der Technologie. So erlaubt die Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) etwa im Bereich der „Green IT“ neue Computergenerationen, die selbst weniger Energie verbrauchen oder weniger Materialeinsatz benötigen. Auf der anderen Seite kann die IKT auch etwa mit der intelligenten Steuerung der Stromspeisung (smart grids) aus unterschiedlichen Energiequellen Effizienzsteigerungen im Bereich der Energieversorgung unterstützen. Die Experten/-innen nennen in diesem Zusammenhang besonders relevante Anwendungsfelder, für die spezielle Lösungen erarbeitet werden sollen. Diese werden im Folgenden erläutert.

Ein solches Anwendungsfeld ist die *Energieversorgung und -nutzung*. Zunehmend werden weltweit alternative Energietechnologien (wie Solar, Wind, Biokraftstoffe) entsprechend der regionalen Standortbedingungen vermehrt eingesetzt. Hierfür ist ein intelligentes Energiemanagement (Energieherstellung und Transport) nötig. Hier sehen die Experten/-innen auch positive Effekte auf Arbeitsmärkte. Solche sind etwa die Realisierung hochleistungsfähiger und hocheffizienter Stromversorgungssysteme oder

Effizienzsprünge im Bereich der Elektrizität. Es gilt, Effizienzsteigerungen sowohl bei der Umwandlung von Primärquellen in Strom als auch beim Transport des erzeugten Stroms zum Endverbraucher zu erreichen. Am Wichtigsten ist laut einigen Experten/-innen die kohlenstoffarme Energiegewinnung. Um eine kohlenstoffarme Zukunft zu erreichen, müssen vorhandene Bedürfnisse an die Verfügbarkeit von Elektrizität angepasst werden. Die Energienutzung ist nach Meinung von Experten/-innen in einigen Sektoren wie Transport, Heizen, Beleuchtung und Industrie in weiten Teilen aktuell noch sehr verschwenderisch. Einen zukünftig größeren Einfluss auf die effizientere Energienutzung werden einzelne technologische Entwicklungen haben. So legt etwa die Green IT ihren Fokus zunehmend auf Energiethemen. Generell werden nach Ansicht einiger Experten im Industriesektor energiesparende Produktionssysteme zunehmend verbreitet. Auch im Bausektor steigt, angetrieben durch die Wirtschaft und ein gestiegenes soziales Bewusstsein, die Bedeutung grüner Technologien, da das Energieeinsparpotenzial als hoch eingeschätzt wird. In einigen Ländern stehen laut den Experten/-innen verschiedene Projekte zur Infrastruktur und im Mobilitätsbereich (z. B. Elektromobilität) kurz vor dem Markteintritt.

Ein weiteres Anwendungsfeld wird im Bereich der *Biotechnologie und Nutzung nachwachsender Rohstoffe* gesehen. Die jeweilige Bedeutung entsprechender technologischer Lösungen wird allerdings in den einzelnen Regionen sehr unterschiedlich eingeschätzt. So gibt es etwa in den USA im Gegensatz zur europäischen Diskussion eine breitere Akzeptanz für Biotechnologie im Lebensmittelbereich. Daher sind damit verbundene Ressourceneffizienzpotenziale dort leichter umsetzbar. Die Wandlung von einer auf Erdölderivaten hin zu einer auf biochemisch hergestellten Derivaten basierenden Industrie ist für die meisten Experten/-innen einheitlich absehbar. In der industriellen Produktion werden sich schrittweise Entwicklungen wie das „bio-processing“ durchsetzen, so wie das heute in Teilbereichen der pharmazeutischen Industrie bereits der Fall ist. Im Bereich der Landwirtschaft wird es verstärkt um die Fragestellung gehen, wie man die langfristige Produktivität der Böden erhalten kann. Zudem gilt es, nachwachsende Rohstoffe

(Holz, Agrarprodukte) unter Berücksichtigung pflanzlicher Abfallprodukte verstärkt und gleichzeitig nachhaltig, etwa in Form einer Kaskadennutzung einzusetzen. Hier wird aufgrund der global begrenzten landwirtschaftlichen Fläche zunehmend eine verbesserte Anlagenproduktivität benötigt, um eine gesicherte Lebensmittelversorgung zu gewährleisten. Es gilt, die Wettbewerbsfähigkeit biobasierter Produkte zu stärken.

Als drittes wichtiges aktuelles Anwendungsfeld wird das *Recycling* gesehen. Hier sind mögliche Recyclingsysteme, das gezielte Recycling von seltenen und besonderen Ressourcen, „Urban mining“ oder auch „Landfill-mining“ und bessere Kreislaufmodelle Themen, die in einigen - gerade rohstoffarmen Ländern - angegangen werden. Recycling ist dabei laut Experten/-innen ein Aspekt, der auch im Bereich Bauen und Wohnen besonders relevant ist. Dabei ist es notwendig zu untersuchen, welche Schlüsselparameter auf der Produktionsseite für den Ressourcenverbrauch besonders ausschlaggebend sind. Dies findet zum Beispiel auf der Materialebene bei Stahl, Holz, Beton bereits statt. Zudem gilt es grundsätzlich, die jeweiligen Korrelationen zwischen Ressourcenverbrauch und Umweltwirkungen zu optimieren.

Über die genannten Anwendungsfelder hinaus gibt es noch ein Reihe weiterer Themenfelder, wie etwa neue, ressourceneffiziente Materialien, die im Zusammenhang mit Ressourceneffizienz in weiten Teilen bereits aktiv beforscht werden bzw. sich sogar bereits in Anwendung befinden.

## Zukünftige Entwicklungen und Querschnittsthemen (Interviewteil 3)

Die im vorherigen Abschnitt genannten Schwerpunktfelder und zugehörigen Themen werden vermutlich auch weiterhin bedeutsam bleiben, in einigen Bereichen werden sich aber neue Kernbereiche herausbilden oder gänzlich neue Aufgaben entstehen. Entsprechende Entwicklungen hängen mit sich ändernden Rahmenbedingungen zusammen. So werden die Megatrends wie Bevölkerungswachstum und Urbanisierung sowie Entwicklungen wie die zunehmende Flexibilität in der Lebensgestaltung starken Einfluss auf Bedürfnisse haben, die wiederum auch durch Technologien befriedigt werden müssen. In näherer Zukunft - also in 10 Jahren und mehr - werden laut den befragten Experten/-innen insbesondere folgende Themen an Bedeutung gewinnen:

- *„Konvergierende“ Technologien*

Als konvergierende Technologien (engl. Converging Technologies; CT) wird die interdisziplinäre Zusammenarbeit im Bereich der Nano-, Bio- und Informationstechnologie sowie der Neurowissenschaften (Abk.: NBIC) bezeichnet. Fortschritte in der Kombination dieser Bereiche werden ethische und soziale Bedenken hervorrufen, jedoch im Bezug auf die Umwelt auch Nutzen ermöglichen.

- *Nahrungsmittel*

Derzeit kann die Nahrungsmittelproduktion den Bevölkerungsanstieg nicht abdecken. Die synthetische Biologie, Bio-Processing und transgene Forschung bieten Lösungen für den zukünftigen Lebensmittel- und Energiebedarf und werden daher zukünftig eine entscheidende Rolle spielen. Demnach müssen zum Beispiel neue Anbausorten und Chemikalien zur Lebensmittelbehandlung entwickelt werden. Darüber hinaus erscheint es laut einzelner Experten/-innen notwendig, gentechnisch veränderte Lebensmittel einzubeziehen. Dies führt allerdings zu einem sozialen Akzeptanzproblem in der Öffentlichkeit, da viele Personen wie z. B. in Japan sehr kritisch gegenüber gentechnisch veränderten Produkten eingestellt sind. Ebenso diskussionsbehaftet bleibt die Nutzung von Ackerland zum Anbau

von Mais für Biokraftstoffe, um fossile Energierohstoffe zu substituieren. Diese Art von Landnutzung wird beispielsweise in den USA sehr wichtig bleiben oder sogar noch an Bedeutung gewinnen.

- *Ressourceneffizienztechnologien zur Abschwächung des Klimawandels*

Die Beachtung des Klimawandels hat international in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Allerdings sind aktuelle Datengrundlage und Verständnis zu den Wechselwirkungen mit Ressourcennutzung nach Meinung von Experten/-innen noch unbefriedigend. Neben Lösungen zur Energiefrage sollten zum Beispiel im Bereich der Wassernutzung Antworten auf wandelnde Versorgungssituationen auch unter Einwirkung spezieller Faktoren wie Extremwetterereignisse, Demografie oder Verunreinigungen infolge verstärkter landwirtschaftlicher Bodennutzung gefunden werden. Nicht nur unter dem Aspekt des Klimawandels wird das Thema der nachhaltigen Landwirtschaft zunehmend wichtiger werden, da speziell Fragen der Flächenkonkurrenz zwischen Energie- und Lebensmittelwirtschaft gelöst werden müssen. Neue Krankheitserreger, die durch den Klimawandel hervorgerufen werden (z. B. durch Insekten übertragene Infektionen) stellen eine zusätzliche Herausforderung dar. Um das Fortschreiten des Klimawandels zu verhindern, sind kohlenstoffarme Lösungen zu bevorzugen.

- *Wassereffizienz*

Wasser wird nach Meinung einzelner Experten/-innen in Zukunft eine Bedeutung haben, die heute Energie hat. Bereits heute existiert eine steigende Angst vor Wasserknappheit, denn es ist anzunehmen, dass der Klimawandel die Anzahl und Schwere von Dürren in bestimmten Regionen erhöht. Der effizientere Umgang mit der Ressource Wasser kann z. B. durch eine modernisierte Infrastruktur, die auch extremen Wetterbedingungen standhält, erreicht werden. Auch verbesserte Bewässerungssysteme sowie eine effizientere Gestaltung der Aufbereitung von Abwasser können hierbei hilfreich sein.

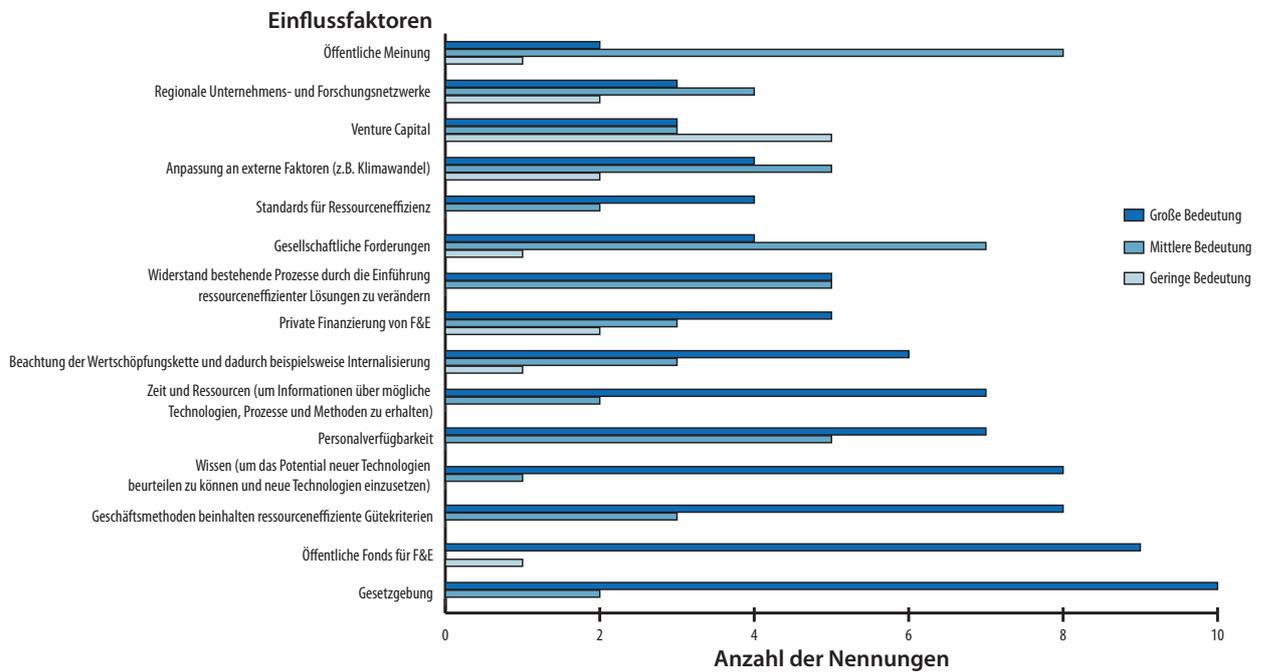


Abbildung 4: Einflussfaktoren bei der Umsetzung von Ressourceneffizienz (Anzahl der Nennungen in den 17 Interviews, eigene Darstellung)

- **Dezentralisierung**

Die Bedürfnisse nach Unabhängigkeit führen zu Dezentralisierung auf unterschiedlichen Ebenen. So wird beispielsweise für Gebäude nach Energieunabhängigkeit gestrebt, um ein „schnurloses“ Haus ohne Versorgungsleitung zu erhalten. Der benötigte Energiebedarf wird z. B. über Solaranlagen direkt vor Ort abgedeckt. Auch im Bereich „Herstellung von Gütern“ zeichnet sich ein Wechsel von „clean production“ hin zu einer dezentralisierten Produktion ab.

- **Soziale Netzwerke**

Dieser Aspekt betrifft die Neugestaltung moderner Lebensführungen. Soziale Netzwerke können z. B. hilfreich sein, Lösungen in der Nähe zu identifizieren und Informationen darüber zu bekommen. Auch ein einfacher Zugang zu „ökologischen“ Lösungen sowie „Do-it-yourself“-Lösungen, Tausch, Gemeinschaftsnutzung etc. werden an Bedeutung gewinnen. Im Allgemeinen wird das soziale Bewusstsein der Bedeutung „grüner“ Technologien weiter ansteigen.

## Umsetzung von Ressourceneffizienz (Interviewteil 4)

Die interviewten Experten/-innen sind sich darüber einig, dass die Ressourceneffizienz ein wichtiges Thema ist, allerdings bei ihrer Umsetzung Hemmnisse und Erfolgsfaktoren zu beachten sind. Grundsätzlich stehen am Anfang von Umsetzungsmaßnahmen Entscheidungen an, wofür eine möglichst solide Informationsgrundlage notwendig ist. Diese Informationen sollten in einer verdichteten Struktur und mit Priorisierungen aufbereitet werden und sorgfältig unter Berücksichtigung von Hemmnissen wie Kosten, Verfügbarkeit von Personal und finanzieller Mittel (z. B. ob Hauseigentümer finanziell in der Lage und auch bereit sind, ihr Haus energetisch optimieren zu lassen) analysiert werden. Es kann gegebenenfalls vorteilhafter sein, die Ausführung der Systemen (automatische Entscheidungen) zu überlassen, da Menschen häufig nicht nach optimaler Effizienz handeln. Beispielsweise wurde früher der Choke bei Automobilen ineffizienter manuell bedient als er heute automatisch gesteuert wird.

Die Experten/-innen betonen, dass die Umsetzung von Ressourceneffizienz von ökonomischen, strukturellen und geopolitischen Rahmenbedingungen abhängig ist.

Abbildung 4 gibt eine Übersicht der aus Sicht der Experten/-innen bestimmenden Einflussfaktoren für die Umsetzung von Ressourceneffizienz. Bei der Befragung der Interviewpartner waren Mehrfachnennungen erlaubt.

Als Einflussfaktoren, denen in vielen Interviews große Bedeutung bei der Umsetzung von Ressourceneffizienz zugemessen wurden, wurden neben der Gesetzgebung öffentliche Fonds für Forschung und Entwicklung, die Berücksichtigung ressourceneffizienter Gütekriterien im Geschäftsprozess sowie die Personalverfügbarkeit genannt. Auch die Beachtung der Wertschöpfungskette und das vorhandene Wissen, um das Potenzial neuer Technologien beurteilen und einsetzen zu können, wurden häufig als Einflussgrößen bei der Umsetzung von Ressourceneffizienz genannt. Einflussfaktoren, denen öfters nur mittlere Bedeutung zugewiesen wurde, sind die öffentliche Meinung sowie Forderungen der Gesellschaft. Auch die Anpassungen an externe Faktoren (z. B. Klimawandel) wird von den Experten/-innen als Einflussfaktor mit mittlerer Bedeutung für die Ressourceneffizienz genannt. Eher geringe Bedeutung für die Umsetzung der Ressourceneffizienz hat nach Meinung mehrerer Experten/-innen Venture Capital.

Im Folgenden werden Aussagen aus den Interviews zu den akteursbezogenen Faktoren der Umsetzung von Ressourceneffizienz in Forschung, Industrie, Politik und Gesellschaft zusammengefasst.

Generell spielt die *Forschung als Wegbereiter* eine zentrale Rolle bei der Umsetzung von Ressourceneffizienz. Hierbei zeichnen sich Herausforderungen ab, die teilweise in der wichtigen und zunehmend benötigten Inter- und Transdisziplinarität begründet sind. Inter- bzw. Transdisziplinarität wird vor allem im Forschungsbereich als zentral angesehen. Hierzu sind aber auch Vertreter/-innen aus Gesellschaft und Wirtschaft in die wissenschaftliche Forschung einzubeziehen. Der Ansatz des Schnittstellen-Managements, der Experten/-innenwissen zusammenbringt, um die Streitfragen, Chancen und Probleme in den Anwendungsfeldern zu lösen, könnte hier einen wichtigen Beitrag leisten.

Für alle Technologieentwicklungen ist nach Meinung der befragten Experten/-innen zunehmend internationale

Kooperation wichtig. Dabei sollte es gelingen, einen Technologietransfer für Ressourceneffizienz zu gewährleisten. Einige Zukunftsthemen, wie das Recycling von Baumaterialien, werden zunehmend eher zu sozialen statt zu ingenieurwissenschaftlichen und damit zu multidisziplinären Herausforderungen, da die Umsetzung vorhandener Potenziale zum Teil nur noch über systemische Anpassungen und Verhaltensänderungen zu erreichen ist.

Anzustreben ist ein einfacher und offener Zugang zu „Green Solutions“ sowie deren stärkere und weitere Verbreitung. Hierfür fehlt es an einschlägigen Experten/-innen mit dem nötigen Übersichtswissen, die in diesem Themenfeld arbeiten und etabliert sind. Ressourceneffizienz-Netzwerke zur Bündelung des Wissens von Experten/-innen gilt es zu schaffen bzw. deren Ausbau und Fortbestand zu sichern.

In der deutschen Forschungslandschaft existieren laut Meinung der befragten Experten/-innen weiterhin Probleme in Bezug auf das Thema Ressourceneffizienz. Eines davon ist beispielsweise, dass qualitative Forschung zunehmend drittmittelfinanziert wird und daher der Einfluss der Industrie steigt. Auf diese Weise ist es sehr schwierig, erforderliche multidisziplinäre Forschung zu betreiben. Förderinstitutionen greifen zudem neue und komplexe Themen wie die Umsetzung von Ressourceneffizienz oftmals nicht oder nur in Teilbereichen auf.

Trotz dieser Schwierigkeiten wird international das Thema Ressourcen zunehmend an den wichtigen internationalen Hochschulen behandelt. Dies ist ein Indiz dafür, dass die Bedeutung von Ressourcen auch im Bereich der Forschung wächst. Gleichzeitig ist dies aber auch ein Hinweis darauf, dass das Thema erst in 10-15 Jahren in der Wirtschaft wirklich ankommen wird.

Im Allgemeinen wird die *Industrie als „Verwirklicher“* bei der Umsetzung von Ressourceneffizienz gesehen. Auch für die Industrie ist die internationale Kooperation ein wesentlicher Erfolgsfaktor bei der Umsetzung von Ressourceneffizienz. Ein Beispiel ist die Nutzung von vorhandenem Recycling-Know-how einschlägiger japanischer Unternehmen. Industrien müssen zunehmend einen globalen Ansatz verfolgen. In Wertschöpfungs-Netzwerken sollte zusammen

mit den globalen Akteuren die Behandlung der Ressourceneffizienz gelingen und dabei eine klare Verbindung zwischen Ressourceneffizienz und Wettbewerbsfähigkeit geschaffen werden.

In vielen Unternehmen (z. B. in der Bauwirtschaft) bestehen Hemmnisse, in Ressourceneffizienzinnovation zu investieren. Die Veränderung von bestehenden Prozessen ist problematisch, auch wenn die Amortisationsdauer der Neuerungen zum Teil sehr kurz ist. Einzig in denjenigen Fällen, in denen die Umsetzung von Ressourceneffizienz nur eines kleinen Ersatzes bedarf (wie z. B. bei Energieinvestitionssubstituten), werden Innovationen umgesetzt.

Das Thema Ressourceneffizienz kann an ökonomischer Bedeutung gewinnen, wenn es mit ökonomischen Größen gemessen wird. So sollten entsprechende Daten in Verbindung mit Kosten bzw. mit dem Shareholder-Value gebracht werden. Ziel sollte es sein, dass Firmen im Bereich der Ressourceneffizienz forschen und sich entsprechend engagieren, weil sie sich davon Vorteile bzw. Gewinne in der Zukunft versprechen.

Dazu sollte das wirtschaftliche Denken nach Meinung von Experten/-innen jedoch verändert werden: Umweltfreundliches Produktdesign und ein auf das Produkt bezogenes Umweltmanagement kann als Vorbild betrachtet und entsprechend umgesetzt werden. Hierfür gilt es, die benötigten Bewertungssysteme zur Verfügung zu stellen und Kommunikationsfähigkeiten auszubauen. Eine intensivere Kommunikation dient auch der Verbreitung des vorhandenen Wissens in großen Unternehmen.

Zu einer weitgehenden Umsetzung bedarf es letztendlich einer Käuferschicht, die entsprechende Lösungen nachfragt. Hier könnten auch neue Geschäfts-, Produktions- und Konsummodelle unterstützend wirken (z. B. Mass Customization). Es gibt bereits viele ressourceneffiziente Technologien, die eingesetzt werden könnten, aber aufgrund fehlender Nachfrage nicht eingesetzt werden. Im Bereich Eco-Innovationen stellt sich darüber hinaus die Frage, wie stark die Industrie den Markt selbst generieren kann oder von Rahmenbedingungen abhängt.

Der *Politik als Rahmengeber* wird in den Interviews für die Umsetzung von Ressourceneffizienz eine wichtige Rolle zugeschrieben. Denn die erfolgreiche Implementierung von effizienten Technologien ist auch eine Frage der Umsetzung geltender Anforderungen, etwa seitens der Behörden. Diese Möglichkeit der Kontrolle und Einflussnahme gilt es verstärkt für die Umsetzung der Ressourceneffizienz zu nutzen. Die Politik ist aufgefordert, die existierenden regionalen und gesetzlichen Anforderungen und deren Umsetzung zu überprüfen. Viele der gesetzlichen Rahmenbedingungen erscheinen für die aktuellen Herausforderungen nicht mehr geeignet. Hier sollte eine Überarbeitung bestehender Umweltgesetze und -verträge mit globaler Perspektive stattfinden.

Dabei sollte auch die sinnvolle Integration verschiedener Themen (z. B. Wasser, Luft, Boden, Chemikalien) geleistet werden, wobei eine harmonisierte Nutzung des Ressourcenbegriffs eine Ausweitung der Märkte für Ressourceneffizienz fördert. Global ist wichtig zu berücksichtigen, dass wenige Länder wie China und die USA zukünftig große Teile der globalen fossilen Ressourcen beanspruchen werden, so dass neue Ressourcenstrategien notwendig sind. In den Bereichen Klima und Energie gibt es schon viele gesetzliche Regelungen wie z. B. den Emissionshandel, aber bei der Ressourceneffizienz fehlt solche Regulierung weitestgehend. Dabei ist das Kyoto-Protokoll ein gutes Beispiel dafür, dass Veränderungen auch in relativ kurzen Zeiträumen auf der Prozessebene umgesetzt werden können. Ähnliche Regelungen sollten möglichst bald auch im Bereich Ressourceneffizienz etabliert werden.

Es ist auch Aufgabe der Politik, geeignete Anreize und Instrumente zur Verfügung zu stellen. Zum Beispiel hat die Politik die wichtige Funktion, die Effizienz regulierter Monopole (z. B. Stromnetze) zu steigern. Zudem macht die Vielfalt der Regulierung radikale Änderungen schwierig. Die Entwicklung von Gesetzgebungen beeinflusst, welche Regeln die Unternehmen in der Zukunft erfüllen müssen. Diese „externen“ Faktoren, die sich aus der Regulierung ergeben, sind besonders für Monopolunternehmen der zentrale Antrieb, Forschung zu betreiben. Außerdem stehen der Politik fiskalische Instrumente (z. B. Steuererleichterungen

für Investitionen im Umweltbereich) zur Förderung ressourceneffizienter Technologien zur Verfügung. Grundsätzlich sind die Rolle und auch die Förderung des Staates im Bereich der Umsetzung der Ressourceneffizienz nicht zu unterschätzen.

Der Politik sollte es gelingen, durch positive Anreize eine umfassende Bewusstseinsbildung zu erreichen. Dazu sollten auch Medien, mit deren Hilfe präzise Strategien, Anreize und Signale erarbeitet werden können, eingesetzt werden. Hierzu fehlt es bislang noch an politischem Willen und der konkreten Umsetzung. Die befragten Experten/-innen bemängeln, dass es für entsprechend angelegte Forschungsvorhaben teilweise nicht einfach sei, an Fördermittel zu kommen, da die über die Fördermittel Entscheidenden oft konservativ orientiert seien.

Schließlich sollte, insbesondere in Entwicklungsländern mit großen Ressourceneffizienz-Potenzialen, ein großangelegter „Effizienzanstieg“ eingeleitet werden. Der langfristige Nutzen der Ressourceneffizienz muss dabei berücksichtigt werden und darf nicht auf Kosten kurzfristiger anderer Prioritätensetzung und fehlender Anreize vernachlässigt werden. Häufig verlangt jedoch das geringe Einkommen der Bevölkerung in diesen Ländern eine andere Schwerpunktsetzung der Politik. Synergien zwischen Ressourceneffizienz und Armutsreduktion sind stärker zu erarbeiten und zu kommunizieren.

Die Rolle der *Gesellschaft als wichtiger Push-Faktor* ist bereits mit der vorweg beschriebenen Transdisziplinarität angedeutet worden. Nach Meinung zahlreicher befragten Expert/-innen gilt es, in vielen gesellschaftlichen Bereichen einen Wechsel von einem rein technologieorientierten Forschungsparadigma zu einer Sichtweise, die auch „weiche“ Anforderungen, etwa aus dem Bereich der Sozialwissenschaften einbezieht, zu schaffen. Hierbei tritt z. B. die Frage auf, wie neue Technologien überhaupt angenommen werden. Die Veränderung menschlichen Verhaltens wird dabei häufig als schwer zu beeinflussende Größe gesehen. Zukünftig sollten verstärkt Lösungsansätze hierfür entwickelt werden. Diesbezüglich gilt es, etwa Antriebsfaktoren für das menschliche Verhalten zu identifizieren. Laut der

befragten Experten/-innen ist es dabei vor allem notwendig, dass das Verständnis gegenüber den „echten Werten“ von Ressourcen stärker in der Gesellschaft verankert wird. Da der Preis für viele Produkte stetig sinkt, vergessen die Menschen ihren „Wert“.

Dies gilt speziell für einige Länder, in denen es bisher nur ein geringes Bewusstsein der Öffentlichkeit für Umweltprobleme gibt. Entsprechend unklar ist es, ob Forderungen der Gesellschaft ein wesentlicher Antriebsfaktor für Ressourceneffizienz sein können. Ressourceneffizienz ist zwar als Thema in das Bewusstsein einer breiten Bevölkerungsschicht vorgedrungen, allerdings fehlt oft die Bereitschaft, den eigenen Lebensstil zu verändern.

Bei der Meinungsbildung in der Öffentlichkeit spielen Meinungsführer und Intermediäre eine zentrale Rolle. Daher ist die Frage von entscheidender Bedeutung, wie man Führungsgruppen dazu bewegt, das Thema Ressourceneffizienz verstärkt aufzugreifen.

## 2.2 Identifikation von Praxisbeispielen für Ressourceneffizienz

Um Praxisbeispiele mit hohem Ressourceneffizienzpotenzial zu identifizieren, erfolgte im Rahmen des Projekts zuerst ein Screening potenziell interessanter Beispiele für Technologien und Produkte (s. *Abbildung 5*). Für den Auswahlprozess diente ein Methodenmix, der sich aus zwei Kernbereichen zusammensetzt: Einem Desk Research sowie der Einbindung von Experten/-innen. Das Desk Research umfasst Recherche, Analyse und Bewertung von Literatur sowie Stellungnahmen von Stakeholdern. Wie in *Kapitel 1.2* beschrieben, wurde als Suchfokus für die Beispiele vorrangig Europa sowie ergänzend Nordamerika und Japan festgelegt. Dabei diente die Innovations- und Technikanalyse (ITA, vgl. BMBF, 2001) als konzeptioneller Ansatz, um innovations-, handlungs- und zukunftsorientierte Fragestellungen aufzugreifen.

Ausgehend von ersten Ergebnissen der Recherche wurden Schwerpunkte für die Befragung der Experten/-innen festgelegt und Personen aus Anwendung, Forschung und Entwicklung nach den entsprechenden Themenfeldern ausgewählt. Diese wurden jeweils in ihren spezifischen Bereichen zu beispielhaften Anwendungen von Ressourceneffizienz befragt. Ergänzend zu den Experten/-innen-Interviews wurden Fragebögen zur Identifikation von ressourceneffizienten Maßnahmen an Forschungseinrichtungen, Unternehmen und Intermediäre in Europa und weiteren ausgewählten Ländern (insbesondere USA und Japan) weltweit verschickt.

Aus den Fragebögen sollten neben der Sammlung von generellen Informationen zu den Beispielen die qualitativen und quantitativen Ressourceneffizienzpotenziale, wirtschaftliche Relevanz (u.a. Marktpotenzial) und die Implementierbarkeit dessen anhand einer Einschätzung von Risiken abgeleitet werden. Die Fragebögen wurden an ca. 700 Adressaten verschickt. Als Reaktion darauf wurden 25 Beispiele eingereicht, von denen wiederum 16 für den Ressourceneffizienzatlas verwertbar waren. Gleichzeitig wurden, um Praxisbeispiele für den Ressourceneffizienzatlas zu sammeln, die aktive Verbreitung von

Flyern auf wissenschaftlichen Konferenzen und anderen Fachveranstaltungen in Deutschland und im europäischen Ausland sowie über die Website [www.wupperinst.org/rea](http://www.wupperinst.org/rea) betrieben.

Um die Zahl der Beispiele weiter zu erhöhen, wurde ein „Call for Posters“ im Rahmen einer internationalen Konferenz im September 2009 mit dem Ziel organisiert, Ressourceneffizienz-Beispiele auszutauschen. Hieraus resultierten vier Beispiele, von denen zwei für den Ressourceneffizienzatlas geeignet waren. Darüber hinaus wurden weitere Beispiele von den Projektpartnern selbst recherchiert und ausgearbeitet, um die angestrebte Vielzahl und Vielfalt im Ressourceneffizienzatlas zu erreichen. Hierfür wurde auf verschiedene Technologie-Plattformen, Hinweise aus den Experten/-inneninterviews und Fachliteratur zurückgegriffen.

### Sammlung von Praxisbeispielen für Ressourceneffizienz

Für den gesamtwirtschaftlichen Ressourcenverbrauch ist sowohl Produktion als auch Konsum ein treibender Faktor. Daher wurde das Untersuchungsfeld im Projekt „Ressourceneffizienzatlas“ nicht nur auf Technologien, sondern auch auf Produkte und systemweite Strategien ausgerichtet. Auf Basis der vorab systematisierten Suchfelder und der Rechercheergebnisse wurden zusätzlich entsprechende Unterkategorien gebildet (s. *Abbildung 6*).

### Auswahl und Beschreibung der Beispiele

Die Ergebnisse des Screenings (ca. 350 Beispiele) wurden ausgewertet, um geeignete Beispiele für die vorliegende Publikation (ca. 20) sowie die Beispielsammlung im Internet (ca. 90-100) auszuwählen. Hierbei wurden die Beispiele anhand der Skala des deutschen Schulnotensystems von eins (= sehr gut) bis sechs (= ungenügend) vom Projektteam eingestuft. Es wurden folgende Kriterien berücksichtigt: Ressourceneinsparpotenzial, Informationsgrundlage, wirtschaftliche Relevanz, Umwelteinfluss, Umsetzbarkeit und Übertragbarkeit. Die Bewertung wurde von allen

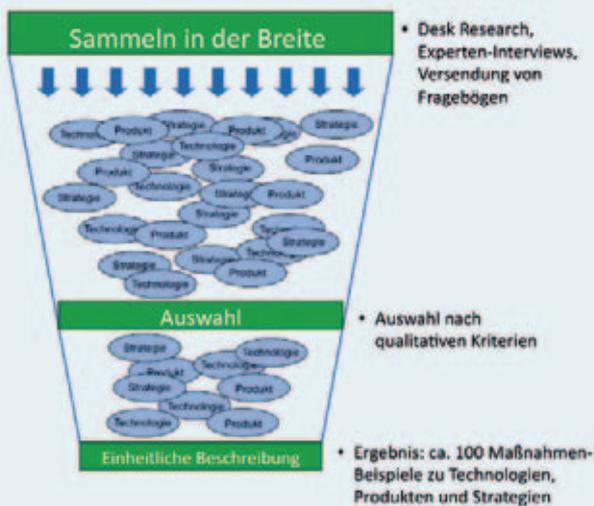


Abbildung 5: Methodik des Auswahl-Prozesses (Eigene Darstellung)

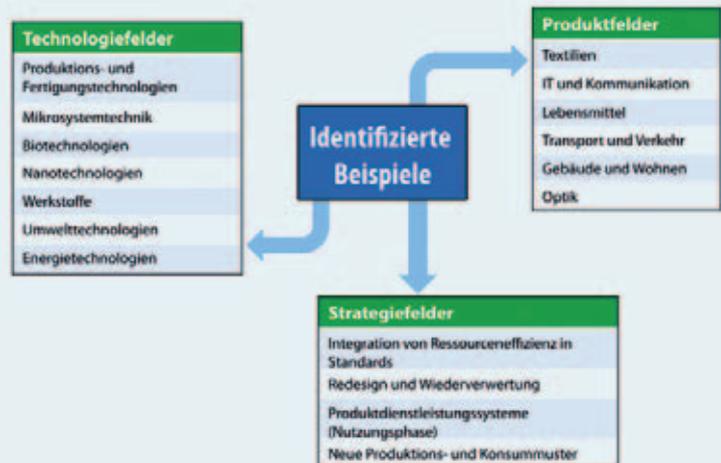


Abbildung 6: Übersicht der aus den Ergebnissen des Screenings abgeleiteten Anwendungsfelder (Eigene Darstellung)

Projektmitgliedern durchgeführt und anschließend abgeglichen, um eine einheitliche Bewertung als Auswahlgrundlage zu erhalten.

Bei der Bewertung der Potenziale zur Ressourceneffizienz ergab sich u.a. die Schwierigkeit, dass nur selten quantifizierbare Informationen zu Nachhaltigkeitseffekten zur Verfügung stehen. Lassen sich beispielsweise technische Grunddaten zu einer Technologie auch in der frühen Entwicklungsphase meist vom Anbieter einholen, gibt es zur Nutzungsphase oder möglichen Rebound-Effekten oft nur Anhaltspunkte oder keine Informationen. Dort wo sich Nachhaltigkeitseffekte nicht quantitativ erfassen ließen, wurden zumindest vom Projektteam absehbare und mögliche Chancen sowie Risiken im Ressourceneffizienzatlas genannt.

Angesichts der Zielsetzung von ca. 90 bis 100 Beispielen, wurden von den fast 350 recherchierten Beispielen nach der Bewertung nur solche Beispiele, die mit eins und zwei benotet wurden, für den Ressourceneffizienzatlas ausgewählt. Diese letztlich 92 ausgewählten Beispiele wurden tiefgreifender recherchiert und in einzelnen Fällen den Anbietern bzw. Entwicklern zur Kommentierung vorgelegt.

Die ausgewählten Beispiele zur Ressourceneffizienz wurden schließlich nach einem einheitlichen Vorgehen beschrieben: Für die identifizierten Technologien, Produkte und Strategien wurde jeweils festgelegt, in welchen der vier Ressourcenbereiche Material, Energie, Wasser

und Fläche Effizienzpotenziale zu erwarten sind. Darauf basierend wurde eine qualitative Bewertung der Ressourceneffizienz durchgeführt und, soweit Daten recherchiert werden konnten, auch eine quantitative Einordnung vorgenommen. Abschließend erfolgte eine Beschreibung der Chancen und Risiken sowie eine Abschätzung der Potenziale (vgl. Kapitel 3 für beispielhafte Beschreibungen).

### Ergebnisse der Beispielauswahl für den Ressourceneffizienzatlas

Es zeigt sich, dass die Mehrheit der 92 ausgewählten Beispiele für den Ressourceneffizienzatlas aus Europa stammt, gefolgt von Beispielen aus Asien und Nordamerika (s. Abbildung 7). Dies entspricht somit dem geplanten Suchfokus bei der Recherche. Besonders häufig sind die Länder Deutschland, Japan und Österreich vertreten. Erst dann folgen die USA, UK, Schweiz, Schweden und die Niederlande (s. Abbildung 8).

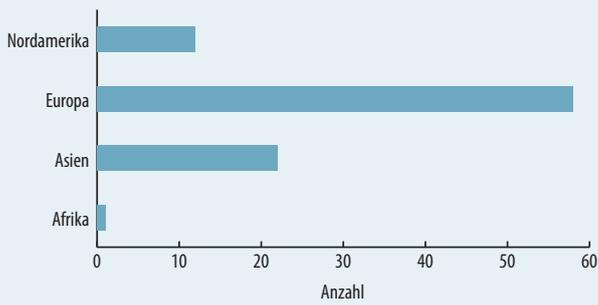
Bei den Beispielen, die Strategien zugeordnet werden, liegt die Mehrheit in den Strategiefeldern "Redesign und Wiederverwertung", und "Neue Produktions- und Konsummuster" (s. Abbildung 9).

Im Bereich der Technologien überwiegen Beispiele für Werkstoffe, Energietechniken sowie Produktions- und Fertigungstechnologien. Dann folgen Beispiele für Umwelttechnik und Biotechnik. Nanotechnik ist mit drei Beispielen vertreten und Mikrosysteme mit einem (s. Abbildung 10).

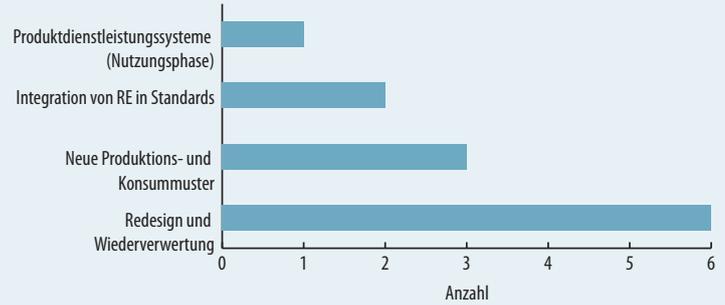
Bei den Produktbeispielen liegt eine deutliche Mehrheit der ausgewählten Beispiele im Produktfeld Gebäude und Wohnen. Mit großem Abstand folgen dann die Bereiche Transport und Verkehr, Lebensmittel und Textilien (s. *Abbildung 11*).

Bei der Beispielrecherche konnten zusammenfassend folgende Erkenntnisse gewonnen werden:

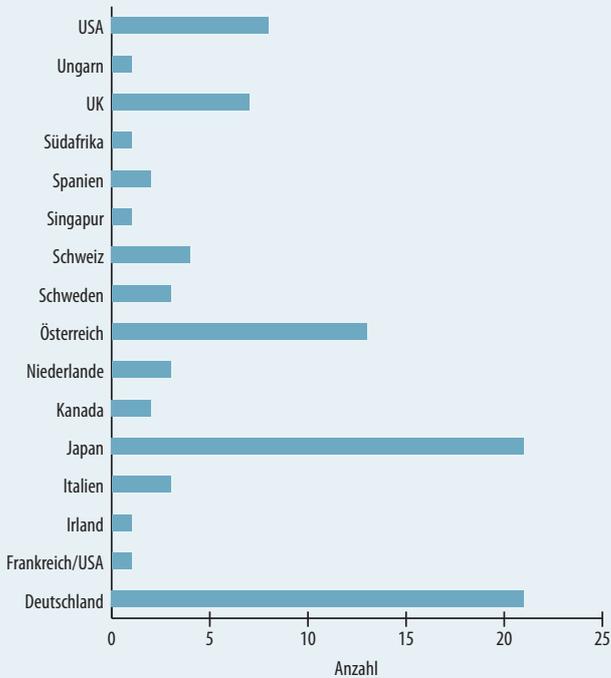
- Die Vielfalt der Beispiele für Ressourceneffizienz ist sehr hoch und variiert in ihrer Ausprägung stark, beispielsweise von "low tech" bis "high tech", von ersten Forschungsideen bis zu etablierten Lösungen oder von spezifischen Teillösungen bis hin zu Systemlösungen. Die Beispiele decken viele Anwendungsbereiche ab, insbesondere auch solche, die mit hohem Ressourcenverbrauch einhergehen (Mobilität oder Bauen und Wohnen). Zum Thema Energieeffizienz lassen sich überproportional viele Beispiele identifizieren.
- Während die Bandbreite der Beispiele insgesamt sehr groß ist, zeigt sich eine geringere Variation bei Betrachtung der Herkunftsregionen. Dies könnte als ein Hinweis auf mögliche Vorreiterländer bzw. Regionen im Bereich Ressourceneffizienz hindeuten. Auf Basis der Anzahl der ausgewählten Beispiele und der Fokussierung des Untersuchungsraumes lassen sich aus den Verteilungen allerdings keine validen Aussagen zur regionalen Innovationskraft ableiten.
- Viele identifizierte Beispiele sind meist nicht sehr umfassend aufbereitet, insbesondere außerhalb Deutschlands bzw. Europas. Eine Ausnahme ist Japan, allerdings mit deutlichem Fokus auf Energie. Die europäischen Technologieplattformen sind nur eine begrenzte Informationsquelle für konkrete Beispielbeschreibungen mit quantifizierten Ressourceneffizienzpotenzialen.
- Die Bewertungen sind häufig nicht, oder nur durch Herstellerangaben quantifiziert. Die Potenziale über die spezifische Anwendung hinaus werden oftmals nur eingeschränkt und wenig differenziert beschrieben. Es werden sehr unterschiedliche Methoden genutzt, um Ressourceneffizienz zu bewerten bzw. zu beschreiben.
- Hemmnisse und Risiken, wie z. B. mögliche Reboundeffekte, werden in der Regel nicht thematisiert. Dies gilt sowohl für Herstellerangaben als auch für Internetseiten mit Beispielsammlungen.
- Die für den Ressourceneffizienzatlas ausgewählten 92 Beispiele liegen in den Schwerpunktbereichen „Technologien“ (hier insbesondere zu Produktion und Fertigung, Energietechnik und Werkstoffe), „Produkte“ (hier insbesondere zu Gebäude und Wohnen) und Strategien (hier insbesondere zu „Redesign und Wiederverwertung“ und „Neue Produktions- und Konsummuster“).
- Einige Beispiele, z. B. aus dem asiatischen Raum, lagen nur in der Landessprache vor, was ihre internationale Verbreitung stark eingrenzt. Sie konnten nur in Ausnahmefällen für den Ressourceneffizienzatlas übersetzt werden.



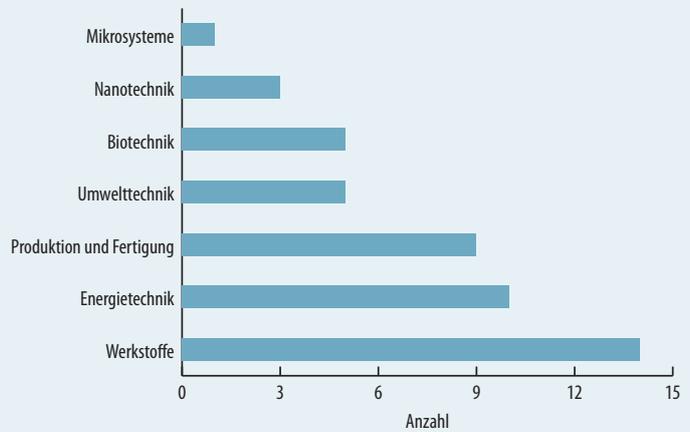
**Abbildung 7:** Verteilung der ausgewählten 92 Ressourceneffizienzbeispiele nach Herkunftskontinenten (Eigene Darstellung)



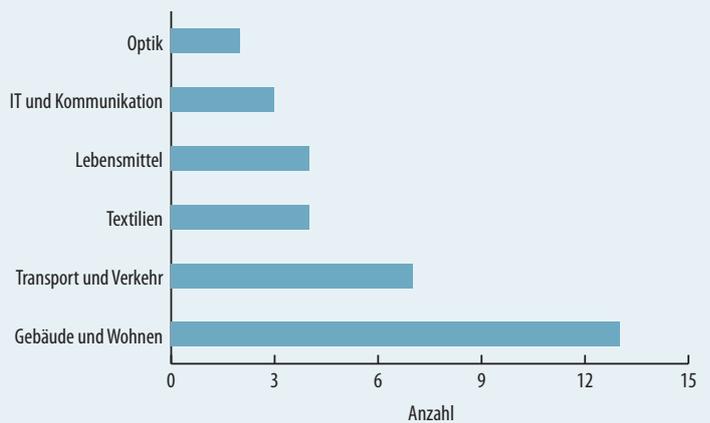
**Abbildung 9:** Verteilung der ausgewählten 12 Strategiebeispiele auf Strategiefelder (Eigene Darstellung)



**Abbildung 8:** Verteilung der ausgewählten 92 Ressourceneffizienzbeispiele nach Herkunftsländern (Eigene Darstellung)



**Abbildung 10:** Verteilung der ausgewählten 47 Technologienbeispiele auf Technologiefelder (Eigene Darstellung)



**Abbildung 11:** Verteilung der ausgewählten 33 Produktbeispiele auf Produktfelder (Eigene Darstellung)

### 3 Ressourceneffizienz in Praxis und Forschung: 21 Beispiele

Ein Ziel des Projektes Ressourceneffizienzatlas war es, identifizierte Beispiele für Ressourceneffizienz einheitlich zu beschreiben und aufzubereiten. Dieses Kapitel zeigt eine Auswahl der beschriebenen Beispiele. Es wurden aus den insgesamt 92 erarbeiteten Beispielen innerhalb der Themenfelder Technologien, Produkte, Strategien 21 Beispiele für die Darstellung an dieser Stelle ausgewählt. Dabei wurde darauf geachtet, dass alle Bereiche und viele Regionen abgedeckt werden<sup>1</sup>. Alle 92 Beispiele lassen sich auf der Internet-Plattform des REA-Projektes ([www.ressourceneffizienzatlas.de](http://www.ressourceneffizienzatlas.de)) einsehen.

<sup>1</sup> Die Informationen sind im Verlauf der Projektbearbeitung zusammengestellt worden. Zwischenzeitlich aufgetretene Veränderungen oder trotz Sorgfalt entstandene Fehler können nicht ausgeschlossen werden.

#### 1 Magenn Air Rotor System

M.A.R.S. ist eine mobile, ortsunabhängige Windkraftanlage, die in großen Höhen (ca. 300 m) und bei Windgeschwindigkeiten von ca. 6 bis ca. 100 km/h Strom erzeugt.  
→mehr dazu auf Seite 26

#### 9 Vertikal Farming

Vertikal Farming soll die Produktion von pflanzlichen und tierischen Erzeugnissen in der Stadt ermöglichen. Statt auf landwirtschaftlichen Flächen oder in konventionellen Gewächshäusern und Zuchtfarmen soll die Produktion in städtischen Hochhäusern stattfinden – mittels hocheffizienter Technologien geht die Landwirtschaft in die Vertikale.  
→mehr dazu auf Seite 42

#### 15 Farbstoffrecycling durch Laserspektroskopie

Das Färben bei der Textilfertigung ist aufgrund des hohen Verbrauchs und der Verschmutzung von Wasser stark Umwelt belastend. In einem neuen Verfahren wird Lasertechnologie genutzt, um eine Wiederverwendung des zurückbleibenden Färbebads zu ermöglichen.  
→mehr dazu auf Seite 54

#### 20 NISP-Networking für Nachhaltigkeit

Großbritannien zeigt mit dem National Industrial Symbioses Programme (NISP), wie sich durch lokale Partnerschaften in der Industrie von dem Know-how des anderen profitieren lässt. Ziel ist, die Umweltauswirkungen zu mindern und die Wettbewerbsfähigkeit zu stärken.  
→mehr dazu auf Seite 64

#### 18 Repa & Service Mobil

Durch mobile Reparatur- und Servicestellen an Orten mit hoher Kundenfrequenz sollen Reparaturdienstleistungen bekannter und attraktiver gemacht werden. Ziel ist es, durch Reparatur alte Güter konkurrenzfähiger gegenüber einfach zugänglichen, billigen und neuen Gütern zu machen. Dadurch sollen Ressourcen geschont und Abfälle vermieden werden.  
→mehr dazu auf Seite 60

#### 19 Chemical Leasing

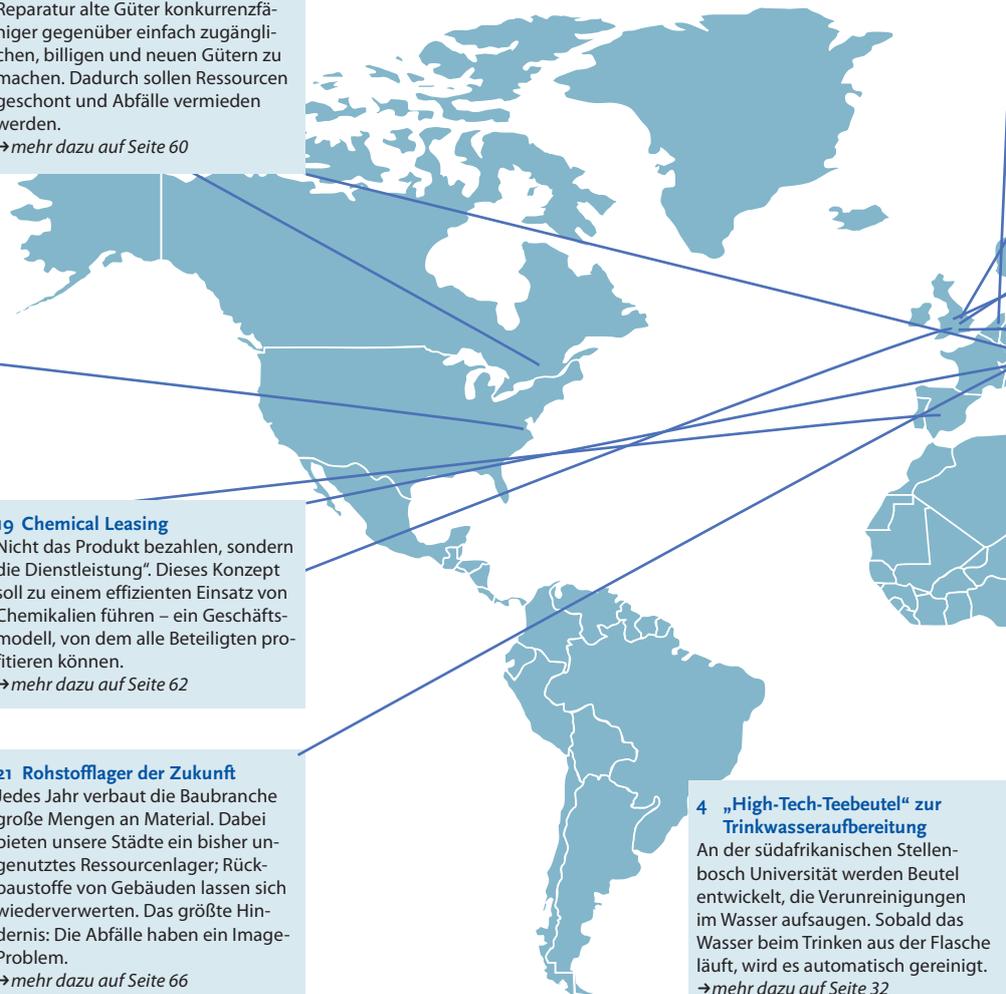
Nicht das Produkt bezahlen, sondern die Dienstleistung“. Dieses Konzept soll zu einem effizienten Einsatz von Chemikalien führen – ein Geschäftsmodell, von dem alle Beteiligten profitieren können.  
→mehr dazu auf Seite 62

#### 21 Rohstofflager der Zukunft

Jedes Jahr verbaut die Baubranche große Mengen an Material. Dabei bieten unsere Städte ein bisher ungenutztes Ressourcenlager; Rückbaustoffe von Gebäuden lassen sich wiederverwerten. Das größte Hindernis: Die Abfälle haben ein Image-Problem.  
→mehr dazu auf Seite 66

#### 4 „High-Tech-Teebeutel“ zur Trinkwasseraufbereitung

An der südafrikanischen Stellenbosch Universität werden Beutel entwickelt, die Verunreinigungen im Wasser aufsaugen. Sobald das Wasser beim Trinken aus der Flasche läuft, wird es automatisch gereinigt.  
→mehr dazu auf Seite 32



## 2 Groasis Wasserboxx

Die Groasis Wasserboxx unterstützt das Wachstum junger Pflanzen unter ariden Bedingungen (z. B. in Wüsten oder auf felsigem Untergrund) ohne Nutzung von Elektrizität und schont das Grundwasser.

→mehr dazu auf Seite 28

## 3 Seewater Greenhouse

Das Seewater Greenhouse kehrt die Funktionsweise üblicher Treibhäuser um. Meerwasser ermöglicht den Anbau von Gemüse und Obst in trockenen Regionen, die üblicherweise landwirtschaftlich nicht nutzbar sind.

→mehr dazu auf Seite 30

## 5 THECLA: Thermoelektrizität in Clathraten

Um Abwärme in nutzbare elektrische Energie umzuwandeln, wird in einem österreichischen Forschungsprojekt die thermoelektrische Leistungsfähigkeit von Materialien mit vielversprechenden thermoelektrischen Eigenschaften optimiert.

→mehr dazu auf Seite 34

## 10 Xeros – Waschen ohne Wasser

Britische Forscher entwickeln eine Waschmaschine, welche nur ein Glas Wasser benötigt. Mit Hilfe wiederverwendbarer Plastikchips sollen die Flecken aus der Kleidung entfernt werden. Das Verfahren spart zudem Energie für das Trocknen der Kleidung.

→mehr dazu auf Seite 44

## 6 Energieeffizienz mit Hightech-Stählen

Durch den Einsatz einer neu entwickelten Bandgießtechnologie kann Stahl mit sehr guten Festigkeits- und Verformungseigenschaften bei verbesserter Energieeffizienz hergestellt werden.

→mehr dazu auf Seite 36

## 7 Grüner Zement

Wissenschaftler am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) haben eine neue Gruppe hydraulischer Bindemittel, „grünen Zement“, entwickelt, bei dessen Herstellung bis zu 50 Prozent der herkömmlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart werden können. Damit könnten pro Jahr ca. eine halbe Milliarde Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart werden.

→mehr dazu auf Seite 38

## 11 Windantriebssystem SkySails

SkySails ist das einzige patentierte Windantriebssystem für Frachtschiffe. Es basiert auf einem großen Zugdrachen, mit dem 8-16 Tonnen Zugkraft realisiert werden können. Mit SkySails können je nach Windverhältnissen Treibstoffeinsparungen von ca. 10-35 Prozent erzielt und Emissionen reduziert werden.

→mehr dazu auf Seite 46

## 8 Küsten-Kraftwerk

In Schottland zeigen Entwickler ein Wellenkraftwerk an der Küste, das via Pumpstationen eine Turbine an Land speist und Strom erzeugt.

→mehr dazu auf Seite 40

## 12 Peepoo

Peepoo ist eine biologisch abbaubare Einweg-Toilette, die sich 2-4 Wochen nach ihrem Gebrauch zu Dünger zersetzt. Sie wird für minimale Kosten produziert, um in dicht besiedelten, urbanen Slums, Flüchtlingslagern oder anderen Notunterkünften (z. B. nach Naturkatastrophen) eingesetzt werden zu können.

→mehr dazu auf Seite 48

## 13 Universal Charging Solution (USC) für Handys

„Ein einheitliches Ladegerät für alle“ ist das Ziel einer Initiative der GSMA (Global System for Mobile Communications Association), einem globalen Netzwerk für Mobilgeräte- und Zubehör. Das Ladegerät soll USB-IF-Standards (USB Implementer's Forum) erfüllen. Erste Modelle wurden bereits 2010 produziert.

→mehr dazu auf Seite 50

## 14 Umweltfreundliche Kartoffelverarbeitung

Ein Fermenter ermöglicht einen geschlossenen Wasserkreislauf. Die Technologie zur Entzuckerung kommt in der Kartoffelverarbeitung zum Einsatz und reduziert den Verlust an Kartoffelmasse, Wasser und Energieverbrauch.

→mehr dazu auf Seite 52

## 17 Toshiba „Faktor-T“ Webseite

Bis Ende 2007 hatten schon 80 Prozent aller Toshiba Produkte eine gesteigerte Öko-Effizienz im Vergleich zu entsprechenden internen Toshiba-Produkt-Benchmarks. Eine Webseite ermöglicht, die Entwicklung der Produkte auf einem Blick zu verfolgen. Ziel ist es, für jedes Toshiba-Produkt einen „Faktor T“ zu berechnen.

→mehr dazu auf Seite 58

## 16 S-Haus – Bauen mit Faktor 10

Innovative Gebäudekonzepte und -technik berücksichtigen nicht nur den Energieaufwand, sondern auch den lebenszyklusweiten Ressourcenaufwand. Statt mit ressourcenschweren Materialien wird bei diesem Haus mit Stroh gebaut.

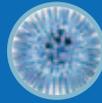
→mehr dazu auf Seite 56



## Technologien



Produktion &amp; Fertigung



Mikrosysteme



Biotechnik



Nanotechnik



Werkstoffe



Umwelttechnik



Energietechnik

## Die weltweit erste Windkraftanlage für große Höhen

# Magenn Air Rotor System (M.A.R.S.)

**M.A.R.S. ist eine mobile, weitgehend ortsunabhängige Windkraftanlage, die in großen Höhen (ca. 300 Meter) und bei Windgeschwindigkeiten von ca. 6 bis 100 km/h Strom erzeugt.**



„M.A.R.S. Windturbinen (Quelle: © Chris Radisch)

Wie ein Luftballon schwebt die Windenergieanlage M.A.R.S. in einer Höhe von etwa 300 Metern. Die Anlage funktioniert nach dem Prinzip eines Widerstandsläufers: Die mit Helium gefüllte Außenhülle rotiert vom Wind in Bewegung gesetzt ähnlich wie ein Mühlrad horizontal um die eigene Achse. Dabei treibt die Außenhülle den mit der Horizontalachse verbundenen Generator an, der erzeugte Strom wird über ein Stromkabel zum Boden geführt. Befestigt wird die Anlage durch zwei Halteseile, die von den Enden der Horizontalachse zum Boden führen.

Im Vergleich zu typischen Windkraftanlagen zeichnet sich M.A.R.S. dadurch aus, dass durch den Einsatz in größerer Höhe mehr Gebiete für seine Nutzung in Frage kommen, die Technik niedrigere Kosten verursacht und eine

höhere Windausbeute erbringt. M.A.R.S. erzeugt weniger Lärm und ist wegen seiner drei-dimensionalen Form leichter für Fledermäuse und Vögel wahrzunehmen und zu umgehen. Die ersten Windanlagen mit einer Leistung von 100 Kilowatt sollen im Jahr 2011 auf den Markt kommen.

### Ressourceneffizienz

Durch die mobile Einsatzmöglichkeit der Anlage und die einfache Installation lässt sich M.A.R.S. flexibel in der Nähe des Verbrauchers installieren. Somit können Elektrizitätsverluste durch lange Übertragungswege minimiert werden. M.A.R.S. kann auch mit einem Diesel-Generator kombiniert werden. Nach Herstellerangaben liegen dann die Stromgestehungskosten mit umgerechnet 0,15 Euro/Kilowattstunde weit unter denjenigen eines alleinstehenden Diesel-Generators (0,37 Euro/Kilowattstunde bis 0,74 Euro/Kilowattstunde). Bedingt durch die Bauweise hat M.A.R.S. nur einen geringen Flächenbedarf. Die guten Energieerträge aufgrund der großen Höhen sowie die vergleichsweise ressourcenschonende Bauweise lassen einen niedrigen Ressourceneinsatz pro erzeugter Kilowattstunde erwarten. Allerdings stehen detaillierte Ökobilanzen bzw. Ressourceneffizienz-Analysen bislang aus.

## Effizienz-Bereiche

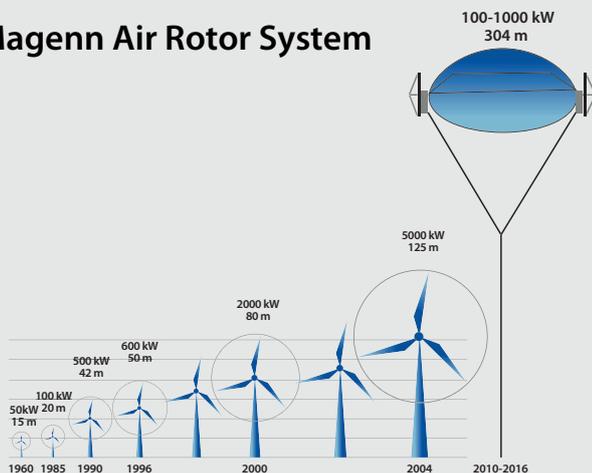


## Region und Land

Nordamerika  
Kanada



## Magenn Air Rotor System



M.A.R.S. System und Windräder im Vergleich (ubb in Anlehnung an Magenn)

### Hemmnisse und Risiken

Da die Anlage in größeren Höhen mit höheren Windgeschwindigkeiten arbeitet, kann sie konstanter und zuverlässiger Strom produzieren als andere Windkraftanlagen. Jedoch besteht noch immer das Problem der Periodizität (z. B. aufgrund von Jahreszeiten) der Luftströmungen in dieser Höhe (Jetstreams). Daher ist für eine konstante Energielieferung eine Batterie oder ein Zusammenschluss mit anderen M.A.R.S.-Anlagen erforderlich.

Weiterhin bestehen aufgrund des Einsatzes in großen Höhen Risiken für den Flugverkehr und auch für die Sicherheit der M.A.R.S. Anlage selbst. M.A.R.S. Anlagen dürfen daher nicht in der Nähe von Flughäfen aufgestellt werden. Sie werden mit NOTAM (Notice to Airmen) ausgerüstet, welches die Piloten über Veränderungen im Flugraum informiert. Weiterhin werden die Anlagen wie auch herkömmliche Großanlagen mit eigenen Warnleuchten ausgestattet. Im Notfall können die Anlagen das Helium auch eigenständig entleeren (z. B. bei Abtrennung der Anlage). Diese Maßnahmen wurden für Kanada vereinbart, in anderen Ländern müssen die Gesetzeslagen noch geklärt werden.

Darüber hinaus bietet der Hersteller nur ein Jahr Garantie. Dabei fallen für die Wartung drei bis sieben Prozent der Gesamtkosten pro Jahr an. Des Weiteren entweichen etwa

sechs Prozent der Gesamtmenge des Heliums pro Jahr, weshalb der Betreiber alle vier bis sechs Monate Helium auffüllen muss. Hierfür fallen zusätzliche Ausgaben an.

Ein weiterer Aspekt ist die Speicherung der Energie: Nicht überall findet der erzeugte Strom unmittelbar Abnehmer. Daher ist der Erfolg von M.A.R.S. stark von der weiteren Entwicklung leistungsfähiger Stromspeicher abhängig.

### Potenziale

M.A.R.S. könnte eine gute Alternative zur Stromerzeugung in Entwicklungsländern oder wenig besiedelten Gebieten sein. Als weitere Einsatzgebiete kommen z. B. Ölplattformen, Minen, Inseln oder landwirtschaftliche Betriebe in Frage.

Auch die Studie „Global Assessment of High-Altitude Wind Power“ von Archer und Caldeira aus dem Jahr 2009 zeigt, dass Windkraftanlagen für großen Höhen ein hohes Potential haben. Mit Jetstreams ließe sich demnach theoretisch das Hundertfache des globalen Energiebedarfs decken.

### Weiterführende Informationen

- Archer, Caldeira (2009): Global Assessment of High-Altitude Wind Power.

Magenn Power, Inc.  
105 Schneider Road (Wind Mill Center)  
Kanata, Ontario, Kanada  
K2K 1Y3  
[www.magenn.com](http://www.magenn.com)

## Technologien



Produktion & Fertigung



Mikrosysteme



Biotechnik



Nanotechnik



Werkstoffe



Umwelttechnik



Energietechnik

## Intelligenter Wasserinkubator zur Pflanzenkultivierung

# Groasis Wasserboxx

**Groasis Wasserboxx von AquaPro unterstützt das Wachstum junger Pflanzen unter widrigen Bedingungen (z. B. in Wüsten oder auf Felsen) mit stark reduziertem Wasserverbrauch und ohne Stromverbrauch.**



Das neue Pflanzverfahren ermöglicht eine höhere Wachstumsrate bei geringerem Wasserverbrauch (Quelle: © AquaPro)

Die Groasis Wasserboxx ist ein Wasser sammelnder Pflanzenbehälter aus Kunststoff in der Größe eines Motorradreifens. In diesen werden zwei kleine Pflanzen oder Samen gepflanzt. Es bedarf lediglich einer Bewässerung am Anfang des Pflanzprozesses. Danach wird Regenwasser und Kondenswasser durch die Wasserboxx gesammelt und kontrolliert an die Pflanzen (u.a. die Bäume) weitergegeben. Durch dieses Verfahren ergeben sich folgende Vorteile: Eine Verdunstung des Wassers wird vermieden, die Temperatur und Feuchtigkeit des Bodens sind für das Wurzelwachstum förderlicher und es ist keine wiederholte künstliche Bewässerung oder Aufbereitung der Erde notwendig. Außerdem bleibt das Wasser in der Box nach Herstellerangaben weitgehend sauber und frei von Bakterien

oder Algen. Ein weiterer Effekt der Wasserboxx ist, dass die Wachstumsrate der Biomasse in der direkten Umgebung in moderaten Klimagebieten um 15 bis 30 Prozent besser als bei konventionellen Pflanzverfahren ist und sich konkurrierendes Unkrautwachstum in der Nähe reduziert.

Sobald die Wurzeln ausreichende Bodentiefe und -feuchtigkeit erreicht haben (nach ca. einem Jahr), verstärkt sich das Wachstum und die Box kann entfernt werden. Haben sich z. B. beide Bäume entwickelt, wird der schwächere abgeschnitten. Der zurückgebliebene Baum kann weiterwachsen und die freigewordene Groasis Wasserboxx lässt sich wiederverwenden. Vier Jahre Testphase haben laut Herstellerangaben gezeigt, dass die Erfolgsrate des Pflanzverfahrens beinahe 90 Prozent beträgt.

Das Popular Science Magazin hat die Groasis Wasserboxx zu einer der Top Ten Global Inventions 2010 benannt.

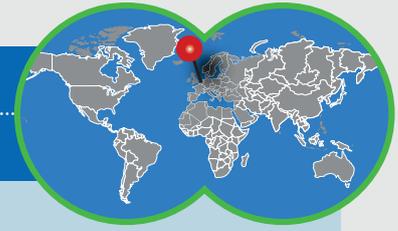
## Effizienz-Bereiche

 Material	 Energie
 Wasser	 Fläche

## Region und Land

Europa

Niederlande



### Ressourceneffizienz

Die Groasis Wasserboxx ermöglicht das Wachstum von jungen Pflanzen mit stark reduziertem Wasserverbrauch. Es bedarf nur einer Bewässerung von insgesamt ca. 18 Litern in einen Zeitraum von ein bis zwei Jahren. Dadurch werden gegenüber konventionellen Pflanz- und Bewässerungsmethoden, die pro Pflanze durchaus drei Liter Wasser pro Tag nutzen, deutliche Wassermengen eingespart. Hinzu kommt gegebenenfalls die Einsparung des Elektrizitätsbedarfs für das Betreiben künstlicher Bewässerungsanlagen (z. B. für die Pumpe).

### Hemmnisse und Risiken

Ein Kritikpunkt an der Groasis Wasserboxx ist, dass sie für das Pflanzen von Bäumen nur fünf bis zehn Mal wiederverwendet werden kann. Um die tatsächlichen Einsparungen von Energie und Ressourcen im Vergleich zu einem traditionellen Pflanz- bzw. Bewässerungsverfahren zu beurteilen, müssen vertiefte Umweltbewertungen der Groasis Wasserboxx erfolgen. Weiterhin eignet sich das Verfahren nur für junge Pflanzen, die erst noch ihr Wurzelwerk entwickeln müssen. Ein limitierender Faktor für die Groasis Wasserboxx ist, dass eine Experten/-inneneinschätzung zu den spezifischen Pflanzencharakteristika notwendig ist, um zu beurteilen, ob die Pflanze auch nach Entfernung der Wasserboxx erfolgreich weiter wachsen kann.

### Potenziale

Die Groasis Wasserboxx kann einen Beitrag zur Problemlösung in Bezug auf Grundwasserrückgang, Abholzung, Erosion, Desertifikation, Nahrungsmangel und Wasserreinhaltung leisten.

Da diese Methode relativ günstig im Vergleich zum traditionellen Pflanzverfahren ist, bietet sie zudem viele wirtschaftliche Vorteile, die zu regionalem Wirtschaftswachstum führen und weitere positive Nebeneffekte mit sich bringen können. Für die Wasserboxx sind vielfältige Anwendungsmöglichkeiten denkbar: Seien es die Kultivierung von Früchte tragenden Bäumen in der marokkanischen Sahara oder die Anpflanzung von Baumalleen in Barcelona, die Feinstaub absorbieren.

#### Weiterführende Informationen

- [www.sonnenseite.de](http://www.sonnenseite.de) (Stichwort: Groasis)
- [www.presseportal.de](http://www.presseportal.de) (Stichwort: Aquapro Holland)
- [www.canna.ch](http://www.canna.ch) (Stichwort: Bewässerung)
- [www.popsci.com](http://www.popsci.com) (Stichwort: Groasis)

AquaPro BV  
Fransweg 9  
4651PV Steenbergen, Niederlande  
[www.groasis.com](http://www.groasis.com)

## Technologien



Produktion &amp; Fertigung



Mikrosysteme



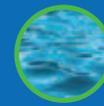
Biotechnik



Nanotechnik



Werkstoffe



Umwelttechnik



Energietechnik

## Das Gewächshaus der Zukunft – der natürliche Wasserkreislauf als Vorbild

# Seawater Greenhouse

**Beim Seawater-Greenhouse wird die Funktionsweise üblicher Treibhäuser umgekehrt. Meerwasser ermöglicht die Kühlung des Gewächshauses und somit den Anbau von Gemüse und Obst in trockenen Regionen, die üblicherweise landwirtschaftlich nicht nutzbar sind. Das benötigte Wasser wird über eine integrierte Meerwasserentsalzungsanlage gewonnen.**

Das Seawater Greenhouse (Meerwassergewächshaus) ist ein Gewächshaus, dessen Wasserbedarf über eine solare Meerwasserentsalzungsanlage gedeckt wird. Damit ist es vor allem für dürre, wasserarme Regionen geeignet. Im Meerwassergewächshaus wird der natürliche Wasserkreislauf im Kleinformat nachgebildet. Dieses Prinzip ermöglicht neben der Klimatisierung des Gewächshauses mit Meerwasser auch dessen Aufbereitung zu Süßwasser, welches zur Bewässerung der Pflanzen verwendet wird. Außerhalb des Gewächshauses können zudem Plantagen mit Früchten, wie zum Beispiel Orangen oder Zitronen, bewässert werden. Zusätzlich lassen sich nach Angaben der Entwickler die im Meerwasser befindlichen Mineralien zur Düngung der Nutzpflanzen sowie zur Herstellung von Salzkristallen nutzen.

Das Prinzip des Seawater Greenhouse wurde von Charlie Paton in England entwickelt. An dem Verfahren wird seit 1991 vom britischen Unternehmen Seawater Greenhouse Ltd. geforscht. Ende der 1990er Jahre erreichte es die Marktreife. Eine erste Pilotanlage wurde 1992 auf der kanarischen Insel Teneriffa errichtet. Positive Ergebnisse bestätigten die Entwicklungsfähigkeit und das Potenzial für andere Regionen. Es folgten weitere Forschungsanlagen. Das weltweit erste kommerzielle Seawater Greenhouse wurde 2009 in Südaustralien eröffnet.

### Ressourceneffizienz

Die solare Entsalzung des Meerwassers stellt eine umweltfreundliche und energiesparende Alternative zu konventionellen Meerwasserentsalzungsanlagen dar. Das hergestellte Süßwasser ist rein und destilliert und bedarf keiner weiteren chemischen Behandlung. Durch die Eigenproduktion des benötigten Süßwassers werden die Grundwasserreserven geschont. Der Bedarf an Pflanzenschutzmitteln kann durch den biozidalen Effekt des Meerwassers reduziert oder im Idealfall sogar ganz vermieden werden. Zur Prozessdurchführung wird ausschließlich Strom aus Sonnen- oder Windenergie eingesetzt. Das Salz, welches im Prozess gewonnen wird, lässt sich als Speisesalz verkaufen – soweit dies wirtschaftlich ist. Andere gewonnene Mineralien werden zur Düngung verwendet.

### Hemmnisse und Risiken

Die Umweltrisiken der Meerwasserentsalzung sind bisher nicht eindeutig geklärt. Die Rückführung des entzogenen Salzes als Sole in das Meer kann negative Folgen für die ohnehin empfindlich gestörten Küstenregionen haben. Die Umweltorganisation WWF warnt in diesem Zusammenhang vor der Zerstörung von Küstenregionen. Befürworter der Entsalzung halten dem entgegen, die durch die Rückführung bedingte erhöhte Salzkonzentration von 6,5 bis 7

## Effizienz-Bereiche



Material



Energie



Wasser



Fläche

## Region und Land

Europa

Großbritannien



Möglicher Aufbau des Seawater Greenhouse (Quelle: © Seawater Greenhouse Ltd.)

Prozent sei bereits innerhalb weniger Meter von der Einleitungsstelle im Meer entfernt messtechnisch nicht mehr nachweisbar.

Besonders Entwicklungsländer, in denen vorwiegend Wassermangel herrscht, könnten in die Abhängigkeit der Entsalzungsindustrie geraten, da das Investitionsvolumen der solaren Meerwasserentsalzungsanlagen für ärmere Länder oft bedeutend ist. Zudem besteht das Risiko, dass durch den Einsatz der Meerwasserentsalzung andere umweltschonende Maßnahmen, etwa in Form eines besseren Wassermanagements, aufgeschoben werden.

### Potenziale

In Zusammenarbeit des Herstellers Seawater Greenhouse Ltd. mit einem Architekten-Team entstand 2008 das Konzept für das Sahara Forest Project. Das Projekt ist eine Weiterentwicklung des „Seawater Greenhouse“-Prinzips und sieht vor, in Wüsten großflächige Gewächshäuser im Verbund mit Solaranlagen zur Lebensmittelproduktion zu nutzen. Solarturmkraftwerke – Dampfkraftwerke, die

durch eine solare „Brennkammer“ auf einem Turm befeuert werden – sollen die Energie für die Pumpen der Gewächshäuser liefern sowie mit ihrer Abwärme zusätzlich den Verdampfungsprozess des Meerwassers unterstützen.

#### Weiterführende Informationen

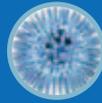
- Brendel (2003): Solare Meerwasserentsalzungsanlagen mit mehrstufiger Verdunstung.

Seawater Greenhouse Limited  
2a Greenwood Road  
London E8 1AB, UK  
info@seawatergreenhouse.com  
www.seawatergreenhouse.com

## Technologien



Produktion &amp; Fertigung



Mikrosysteme



Biotechnik



Nanotechnik



Werkstoffe



Umwelttechnik



Energietechnik

## Sauberes Trinkwasser mit Hilfe von Nanofasern

# „High-Tech-Teebeutel“ zur Trinkwasseraufbereitung

**An der südafrikanischen Stellenbosch Universität werden Beutel entwickelt, die Verunreinigungen im Wasser aufsaugen und entfernen. Das ähnlich wie ein herkömmlicher Teebeutel aufgebaute Präparat wird in einem Aufsatz auf einen Flaschenhals gesteckt. Sobald das Wasser beim Trinken aus der Flasche läuft, wird es automatisch gereinigt.**



High-Tech-Beutel in Flaschenaufsatz zur Reinigung von Wasser  
(Quelle: Stellenbosch University)

Die innovativen Beutel sind mit herkömmlichen Teebeuteln in ihrer Form und Größe vergleichbar. Auch das Material ist sehr ähnlich, jedoch befinden sich sehr dünne Fasern innerhalb der Beutel, deren Größe im Nanobereich liegt und die Verunreinigungen filtern können. Außerdem enthalten die Beutel Aktivkohle, die Bakterien unschädlich macht. Die Beutel werden in einem Aufsatz fixiert, welcher anschließend auf der Flasche anzubringen ist. Der Flaschenaufsatz kann dabei je nach Flaschenform sehr unterschiedlich aussehen. Pro Beutel lässt sich ein Liter mit Bakterien oder Schadstoffen verschmutztes Wasser so reinigen, dass er

ohne Gesundheitsrisiken getrunken werden kann. Nach Gebrauch kann der Beutel problemlos mit dem Restmüll entsorgt werden. Die Nano-Fasern zerfallen nach ein paar Tagen und haben keine negativen Auswirkungen auf die Umwelt.

Ein großer Vorteil der Technologie besteht in der einfachen Anwendung. Die Reinigung des Wassers kann unabhängig von Energieversorgung an dem Ort erfolgen, wo es benötigt wird. Dadurch wird die Gefahr gebannt, dass bereits gereinigtes Wasser zum Beispiel auf Transportwegen erneut verunreinigt wird. Zudem sind die Kosten mit weniger als einem halben US-Cent pro Beutel sehr gering. Die Reinigungsbeutel sind derzeit noch in der Entwicklungsphase und für die Umsetzung in eine Massenproduktion müssen noch weitere Untersuchungen unternommen werden. Tests zeigen jedoch vielversprechende Ergebnisse.

### Ressourceneffizienz

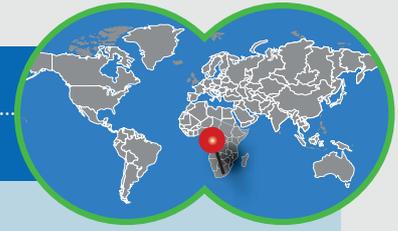
Mit den Reinigungsbeuteln lassen sich deutliche Einspar-effekte im Vergleich zu einer herkömmlichen, zentralen Wasserreinigung erzielen, da diese in der Regel in mehreren aufwändigen Stufen erfolgt. So wird bei der zentralen Wasseraufbereitung Wasser grundsätzlich zunächst mechanisch von den gröbereren, ungelösten und sedimentierbaren Abwasserbestandteilen gereinigt. Anschließend erfolgt

## Effizienz-Bereiche

 Material	 Energie
 Wasser	 Fläche

## Region und Land

Afrika  
Südafrika



eine biologische Reinigung zum Abbau von gelösten, organischen Verbindungen und schließlich in der dritten Reinigungsstufe eine meist chemische Beseitigung von speziellen anorganischen und nicht abbaubaren organischen Substanzen. All diese Reinigungsvorgänge benötigen Energie und/oder eine Zugabe von chemischen Zusätzen wie z. B. Chlor, das bei Verwendung der Reinigungsbeutel eingespart werden kann. Ist es möglich, durch den Einsatz der Beutel die zentrale Wasserreinigung zu ersetzen, kann zudem der Materialaufwand für den Aufbau einer kommunalen Wasserversorgungsinfrastruktur eingespart werden.

Die dezentrale Wasserreinigung in vor allem ländlichen Gebieten erfolgt bislang vorwiegend durch Abkochen des Trinkwassers. Über die Hälfte der Weltbevölkerung verwendet hierzu Brennstoffe wie Holz oder Kerosin für ihre meist ineffizienten Feuerstellen. Diese Rohstoffe, wie auch die aus der Verbrennung resultierenden Emissionen, können durch die „High-Tech-Beutel“ ebenso vermieden werden wie der Aufwand für den Transport von Frisch- und Abwasser.

### Hemmnisse und Risiken

Der Preis der Beutel kann eine verstärkte Nutzung verhindern. Selbst die aus der Perspektive wohlhabender Industrieländer sehr geringen anvisierten Preise sind für viele Menschen in Entwicklungsländern für eine dauerhafte Verwendung zu hoch. Zudem ist ungeklärt, ob tatsächlich alle denkbaren Verunreinigungen von Wasser wie z. B. spezielle Chemikalien gereinigt werden. Letztendlich hilft der Beutel sicherlich denjenigen Menschen, die nicht täglich auf sauberes Wasser zurückgreifen können. Das noch größere Problem in vielen Entwicklungsländern, dass überhaupt kein Wasser vorhanden ist, können die Reinigungsbeutel jedoch nicht lösen.

### Potenziale

Die Reinigungsbeutel eignen sich aufgrund der einfachen Anwendung vor allem für den Einsatz in Regionen, die schwer erreichbar sind und in denen eine Trinkwasserinfrastruktur fehlt. Etwa drei Milliarden Menschen leiden unter einer unzureichenden Versorgung mit sauberem Trinkwasser, was in Entwicklungsländern nach wie vor die Hauptursache für viele Krankheiten und Todesfälle darstellt. Daher könnten die Beutel positive Auswirkungen auf die Gesundheit vieler Menschen haben. Weitere Einsatzmöglichkeiten der Beutel bestehen sowohl im Bereich Freizeit (z. B. beim Wandern oder Camping) als auch in Krisengebieten zur schnellen Hilfe für beispielsweise Erdbeben- oder Flutopfern.

#### Weiterführende Informationen

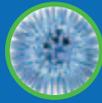
- [thehopeproject.co.za](http://thehopeproject.co.za)
- [www.southafrica.info](http://www.southafrica.info) (Stichwort: Teabag)
- [eartheasy.com](http://eartheasy.com) (Stichwort: Teabag)

Stellenbosch University  
Private Bag X1 Matieland  
7602 Stellenbosch, Südafrika  
[www.sun.ac.za](http://www.sun.ac.za)

## Technologien



Produktion &amp; Fertigung



Mikrosysteme



Biotechnik



Nanotechnik



Werkstoffe



Umwelttechnik

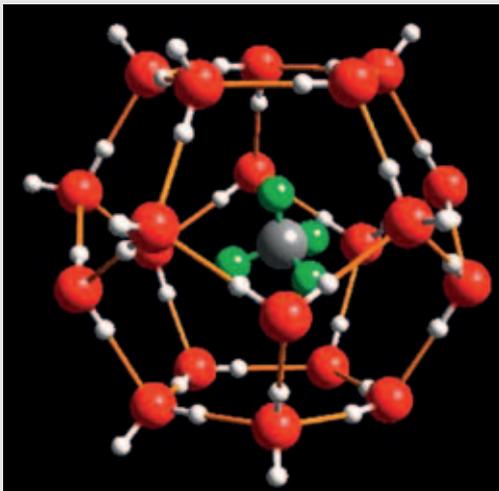


Energietechnik

## Upcycling von Energie durch thermoelektrische Materialien

## THECLA: Thermoelektrizität in Clathraten

Um Abwärme in nutzbare elektrische Energie umzuwandeln, wird in einem österreichischen Forschungsprojekt die thermoelektrische Leistungsfähigkeit von Materialien mit vielversprechenden thermoelektrischen Eigenschaften optimiert.



Gitterstruktur von Clathraten am Beispiel eines Methanmoleküls im Wasserkäfig (Quelle: Universität Göttingen)

Wärmerückgewinnung ist eine der zentralen Strategien zur Steigerung der Gesamtenergieeffizienz eines Systems, beispielsweise durch die Rückgewinnung von Wärme aus Luft (z. B. Passivhäuser) oder Abwasser (z. B. in industriellen Prozessen).

Eine Möglichkeit zur Wärmerückgewinnung ist die Thermoelektrizität. Darunter versteht man die Umsetzung von Wärme in Elektrizität und umgekehrt. Thermoelektrische Materialien können bei ausreichendem

Temperaturunterschied (Wärmegradienten) zwischen zwei Räumen oder Gegenständen die auftretenden Thermodiffusionsströme in elektrische Energie umwandeln (Seebeckeffekt). Das umgekehrte Prinzip liegt beim sogenannten Peltiereffekt vor. Hier bewirkt ein äußerer Stromfluss eine Änderung des Wärmetransportes. Somit können thermoelektrische Materialien ebenfalls zur aktiven Kühlung oder Erwärmung verwendet werden.

Obwohl beide Phänomene seit langem bekannt sind, werden sie erst in jüngster Zeit für eine wachsende Anzahl von Anwendungen in Betracht gezogen. Von besonderem Interesse ist dabei, dass die thermoelektrische Energieumwandlung im Gegensatz zu den meisten anderen Energieumwandlungsprinzipien keine bewegten mechanischen Teile benötigt. Damit verbunden ist eine erschütterungs- und schwingungsfreie Funktion sowie die Geräuschlosigkeit der Anwendung. Ein weiterer Vorteil der Thermoelektrizität liegt in dem meist geringen Aufwand zur Integration in bestehende Lösungen. Anwendungsfelder für thermoelektrische Materialien werden speziell im Bereich der Hochtemperatur-Abfallwärmenutzung und der Kraft-Wärme-Kopplung gesehen.

Im Zentrum des Forschungsprojekts THECLA steht die Materialfamilie der Clathrate. Dies sind Einschlussverbindungen zweier Stoffe, von denen ein Gastmolekül in ein aus

## Effizienz-Bereiche

 Material	 Energie
 Wasser	 Fläche

## Region und Land

Europa  
Österreich



dem Wirtsmolekül bestehenden Gitter eingelagert ist (vgl. Abbildung). Durch die käfigartige Kristallstruktur entsprechen Clathrate dem „phonon-glass electron-crystal“ (PGEC) Konzept in beinahe idealer Weise, bei dem Wärme sehr schlecht geleitet wird, während sich elektrische Ladung praktisch ungestört bewegt.

Ziel des Projektes THECLA ist die Optimierung der thermoelektrischen Leistungsfähigkeit von Clathraten durch die gezielte Dotierung bzw. Substitution mit anderen Elementen. Zusätzlich werden im Rahmen des Projekts verschiedene Methoden der Mikro- und Nano-Strukturierung untersucht, um die thermoelektrische Leistungsfähigkeit weiter zu steigern und damit die Wärmerückgewinnung zu verbessern.

### Ressourceneffizienz

Genaue Angaben zu Ressourceneffizienzsteigerungen durch thermoelektrische Generatoren können bisher nicht gemacht werden. Herkömmliche Generatoren dieser Art weisen einen Wirkungsgrad von drei bis acht Prozent auf. Bislang liegen keine Aussagen vor, inwieweit dieser Wert gesteigert werden kann. Trotz des vergleichbar geringen Wirkungsgrades tragen thermoelektrische Generatoren zur Energieeinsparung eines Systems bei, da sie meist in Anwendungen zum Tragen kommen, bei denen die Wärme bisher gänzlich ungenutzt bleibt.

### Hemmnisse und Risiken

In vielen Fällen ist der Wirkungsgrad in der praktischen Anwendung noch zu gering, als dass sich die Verwendung wirtschaftlich lohnen würde. Es bleibt zudem

sicherzustellen, dass die höhere Energieeffizienz nicht mit dem vermehrten Einsatz von etwa seltenen Rohstoffen wie bestimmten Metallen konterkariert wird und so die Materialeffizienz des Systems verschlechtert wird.

### Potenziale

Neue Anwendungsfelder für die Thermoelektrik liegen vor allem in der Automobilindustrie und in Kraftwerken. So arbeiten die großen Automobilhersteller wie BMW, Mercedes oder Toyota derzeit an Konzepten, die Motorabwärme zur Stromerzeugung über thermoelektrische Generatoren nutzbar zu machen. Ein weiteres Potenzial ist in der Peltierkühlung zu sehen, also der Kühlung durch Anlegen eines Stroms an thermoelektrische Materialien.

#### Weiterführende Informationen

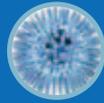
- [www.fabrikderzukunft.at](http://www.fabrikderzukunft.at) (Stichwort: THECLA)
- [www.cpfs.mpg.de](http://www.cpfs.mpg.de) (Stichwort: Thermoelektrika)
- [peggy.uni-mki.gwdg.de](http://peggy.uni-mki.gwdg.de) (Stichwort: Gas Hydrates)

TU Wien – Festkörperphysik  
Karlsplatz 13  
1040 Wien, Österreich  
[www.tuwien.ac.at](http://www.tuwien.ac.at)

## Technologien



Produktion & Fertigung



Mikrosysteme



Biotechnik



Nanotechnik



Werkstoffe



Umwelttechnik



Energietechnik

### Neuartige Bandgießtechnologie ermöglicht Herstellung von hochmanganhaltigen Stählen

## Energieeffizienz mit Hightech-Stählen

**Durch den Einsatz einer neu entwickelten Bandgießtechnologie kann ein Stahl mit sehr guten Festigkeits- und Verformungseigenschaften bei verbesserter Energieeffizienz hergestellt werden. Neue Legierungen auf Stahlbasis wecken vor allem das Interesse der Automobilbranche im Karosseriebau.**



Aufwickeln des gegossenen Stahlbandes (Quelle: Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH)

Beim Bandgießen handelt es sich um ein weltweit einzigartiges Gießkonzept, welches das Gießen von neuartigen, hochmanganhaltigen Stählen ermöglicht. Die Vorteile der Bandgießtechnologie sind Energie- und Kohlendioxid-Einsparungen im Vergleich zum konventionellen Stranggussverfahren.

Allgemein wird bei der Herstellung von Stahlblech der flüssige Stahl kontinuierlich vergossen und anschließend im warmen Zustand auf das erforderliche Endmaß gewalzt.

Im konventionellen Stranggießprozess wird der Stahl zu einem Strang mit einer Dicke von 200 bis 250 Millimeter gegossen. Zwischen Gießen und Walzen findet in der Regel eine Wiedererwärmung des abgekühlten und zu Brammen getrennten Strangs statt.

Die Bandgießtechnologie ermöglicht durch ein grundlegend geändertes Gießkonzept, den Stahl in Dicken von 8 bis 15 Millimeter zu gießen. Dabei wird der Stahl anstatt vertikal in eine Kokille (wieder verwendbare Form zum Gießen von Metallen) auf ein horizontal laufendes Stahlband gegossen. Durch die geringe Gießdicke lassen sich in der Prozessroute (Gießen, Erwärmen, Walzen) bis zu 75 Prozent Energie einsparen.

Aufgrund der horizontalen Gießrichtung und der konsequent horizontalen Prozessführung ohne Biegeoperation bei hohen Temperaturen sowie der Vermeidung der Relativbewegungen zwischen Strang und Kokille ist das Bandgießen für die Erzeugung moderner Hochleistungswerkstoffe geeignet.

Die innovativen Stahlgüten, welche erstmalig im Industriemaßstab bei der Salzgitter Flachstahl GmbH realisiert werden, bieten neben den Vorteilen im Herstellungsprozess auch Verbesserungen in der Nutzungsphase. Werden sie in Leichtbauanwendungen wie z. B. in Automobilkarosserien eingesetzt, profitieren die Insassen im Fall eines Crashes von einem drei- bis vierfach höheren plastischen

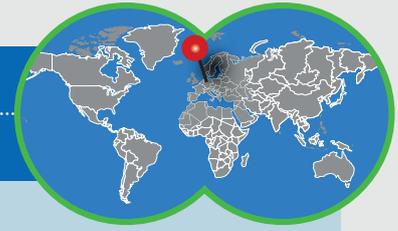
## Effizienz-Bereiche

 Material	 Energie
 Wasser	 Fläche

## Region und Land

Europa

Deutschland



Dehnungsvermögen als bei konventionellen Stählen. Durch das niedrigere Fahrzeuggewicht ist es möglich, die Kohlendioxid-Emissionen zu senken und gleichzeitig die Sicherheit zu erhöhen.

### Ressourceneffizienz

Im Vergleich zur klassischen Herstellroute von Flachstahl (Stranggießanlage, Warmwalzen) werden bei der Kombination aus Bandgießtechnik und Steckelwalzen laut den Angaben des Herstellers bereits 2,1 Gigajoule pro Tonne warmgewalzter Stahl eingespart, bei der Kombination aus Bandgießtechnik und Inlinewalzen sogar bis zu 2,7 Gigajoule pro Tonne Stahl. Darüber hinaus kommt das Kühlwasser beim Bandgießprozess nicht in direkten Kontakt mit dem Produkt, sodass das Wasser nicht verunreinigt wird und daher im geschlossenen Kreislauf gefahren wird. Außerdem wird zum Bau einer BCT®-Anlage (Belt Casting Technology) nur ein Sechstel des Materials einer konventionellen Stranggießanlage benötigt, was Einsparungen in Material und Energie im Herstellungsprozess für die Anlagenbauteile ermöglicht. Da durch die höheren Festigkeiten im Vergleich zu herkömmlichem Stahl weniger Material eingesetzt werden muss, werden Ressourcen auch in der Anwendung gespart. So kann beim Einsatz von im Bandgießverfahren hergestellten Stählen in Fahrzeugen beispielsweise der Verbrauch an stahlbedingten abiotischen Ressourcen von 6,7 Tonnen (konventionelles Stranggießen) auf etwa 5,5 Tonnen pro Fahrzeug reduziert werden.

### Hemmnisse und Risiken

Die Bandgießanlage wird weltweit zum ersten Mal bei der Salzgitter Flachstahl GmbH in Peine großtechnisch aufgebaut. Es existieren zwar Erkenntnisse von einer Laboranlage in Clausthal, aus dem notwendigen Upscaling und längeren Betriebszeiten können sich jedoch Risiken in der großtechnischen Umsetzung ergeben.

Um das volle Potenzial z. B. im automobilen Leichtbau in Marktvolumen umsetzen zu können, dürfen die Kosten für

den neuen Stahl nicht die Vorteile überwiegen. Zu einer späteren Serienfertigung sind bislang keine Kostenabschätzungen veröffentlicht.

### Potenziale

Der Produktionsbeginn ist für Ende 2012 geplant. Dann werden laut Herstellerangaben zukünftig jährlich 25.000 Tonnen des hochmanganhaltigen Hochleistungsstahls hergestellt. Sollten diese 25.000 Tonnen in PKW eingesetzt werden, könnten ca. 160.000 Fahrzeuge damit ausgerüstet werden. Durch die Gewichtsersparnis aufgrund der höheren Festigkeit des Stahls ist gemäß Berechnungen des Herstellers eine Verbrauchsreduktion der Fahrzeuge von bis zu 0,2 Liter auf 100 Kilometer möglich. Aus diesem Szenario des Herstellers würden sich somit in der Summe ca. 8 Mio. Liter Treibstoffersparnis pro Jahr ergeben. Dies würde jährlich eine Einsparung von materialseitig ca. 190.000 Tonnen und treibstoffseitig ca. 9.000 Tonnen abiotische Ressourcen bedeuten.

Zudem bietet diese Technologie auch weltweites Marktpotenzial für die Herstellung konventioneller Stahlgüten.

#### Weiterführende Informationen

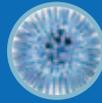
- [www.nachhaltige-innovationen.de](http://www.nachhaltige-innovationen.de) (Stichwort: 282)
- Meyer (2004): Energieeffizienz mit Hightech-Stählen. BINE Informationsdienst Projektinfo 13/04.

Salzgitter Flachstahl GmbH,  
Eisenhüttenstr.99  
38239 Salzgitter  
[www.salzgitter-flachstahl.de](http://www.salzgitter-flachstahl.de)

## Technologien



Produktion &amp; Fertigung



Mikrosysteme



Biotechnik



Nanotechnik



Werkstoffe



Umwelttechnik



Energietechnik

## Neuer Zement hinterlässt kleinere ökologische Fußabdrücke

### Grüner Zement

**Wissenschaftler am Institut für Technische Chemie (ITC) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) haben ein neues hydraulisches Bindemittel, den „grünen Zement“, entwickelt, bei dessen Herstellung bis zu 50 Prozent der herkömmlichen Kohlendioxid-Emissionen eingespart werden können. Dies entspricht einer möglichen Einsparung von 500 Mio. Tonnen Kohlendioxid pro Jahr.**



Zementwürfel (Quelle: Celitement GmbH)

Hydraulische Bindemittel wie Zement bilden eine stoffliche Grundlage für Baustoffe wie Beton und Mörtel. Der Zement hält die anderen Bestandteile des Betons zusammen und ist somit für die gesamte Bau- und Baustoffindustrie unentbehrlich. Mit einer weltweiten Zementproduktion von mehr als 2,8 Mrd. Tonnen im Jahr 2008 ist die Zementindustrie einer der weltweit wichtigsten Wirtschaftszweige überhaupt. Gleichzeitig ist sie für fünf Prozent der globalen Kohlendioxidemissionen verantwortlich. Die konventionelle Produktion setzt pro Tonne Zement eine Tonne Kohlendioxid frei. Damit emittiert die Zementherstellung pro Jahr mehr als zwei Mrd. Tonnen des Treibhausgases Kohlendioxid – das ist drei bis viermal so viel wie der gesamte Flugverkehr.

Eine neue Gruppe hydraulischer Bindemittel, mit dem Markennamen Celitement, verspricht eine deutliche Verbesserung der Energie- und Umweltbilanzen in der Zementherstellung. Celitement ist ein mit Portlandzement vergleichbares zementäres Bindemittel, welches auf bisher unbekanntem, hydraulisch aktiven Calcium-Hydrosilikaten basiert. Durch ihre Verwendung bei der Herstellung von Zement wird deutlich weniger Kalk benötigt, außerdem ist beim Herstellungsverfahren eine Brenntemperatur von lediglich 300°C erforderlich. Üblicherweise erfolgt die Herstellung von Zement bei Temperaturen von ca. 1450°C.

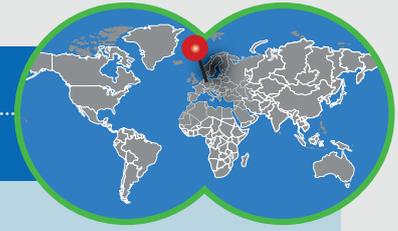
## Effizienz-Bereiche

 Material	 Energie
 Wasser	 Fläche

## Region und Land

Europa

Deutschland



### Ressourceneffizienz

Im gesamten Herstellungsprozess von Celitement lassen sich im Vergleich zur Produktion von herkömmlichem Portlandzement bis zu 50 Prozent der benötigten Energie einsparen und die Hälfte der üblichen Kohlendioxidemissionen vermeiden. Die Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz der Zementherstellung ließe sich somit deutlich verbessern.

### Hemmnisse und Risiken

Bis zur Marktreife des neuen Baustoffs könnte noch einige Zeit vergehen. Da ein eventuelles Versagen des Materials am Bau schwerwiegende Konsequenzen für Mensch und Umwelt mit sich ziehen könnte, sind unabhängig vom hohen Ressourceneffizienzpotenzial von Celitement vor der Markteinführung genaue Prüfungen der physischen und chemikalischen Eigenschaften des Materials erforderlich. Erst dann wird sich zeigen, ob Celitement auch langfristig mit herkömmlichem Zement konkurrieren kann.

### Potenziale

Um den neuen Zement auch bis zur Marktreife zu entwickeln, wurde vom KIT und dessen Wissenschaftlern gemeinsam mit dem Industriepartner Schwenk aus der Zementindustrie das Unternehmen Celitement GmbH gegründet. Mit dem Bau einer Pilotanlage auf dem KIT-Campus können erste Tests starten, die für die langfristige industrielle Implementierung notwendig sind. In 2011 soll

die Pilotanlage dann täglich 100 Kilogramm Celitement liefern. Im Jahr 2014 soll der neue Zement erstmals auf den Markt kommen.

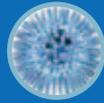
Die Vorteile von Celitement sind vielseitig. Nach Angaben der Celitement GmbH besitzt der Zement neben der verbesserten Ökobilanz optimale Materialeigenschaften und ist zudem kompatibel mit herkömmlichen Zementen. Von weiterem Vorteil ist die bekannte Verfahrenstechnik, da aus der Herstellung von Zement oder Porenbeton die Prozessschritte zur Herstellung von Celitement bereits bekannt und bewährt sind.

#### Weiterführende Informationen

Celitement GmbH  
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1  
76344 Eggenstein-Leopoldshafen  
info@celitement.de  
www.celitement.de

**Technologien**

Produktion &amp; Fertigung



Mikrosysteme



Biotechnik



Nanotechnik



Werkstoffe



Umwelttechnik

**Energietechnik****Die Kraft der Wellen zur Energiegewinnung nutzen****Küsten-Kraftwerk**

**In Schottland bauen Entwickler ein Wellenkraftwerk an der Küste, das via Pumpstationen eine Turbine an Land speist. Eine riesige Klappe nutzt die Kraft der Ozeane zur Umwandlung in elektrischen Strom. Dabei sollen dem schwingenden Kraftwerk Oyster auch Sturmfluten nichts anhaben können.**



Oyster Wave Energy Converter (Quelle: Aquamarine Power)

Das Wellenkraftwerk mit dem Namen Oyster nutzt die potenzielle Energie der Wellen zur Stromerzeugung. Das Kraftwerk hat die Form einer riesigen Klappe, die küstennah im Flachwasser, in einer Tiefe von etwa zehn Metern, am Meeresboden verankert ist. Senkrecht ausgerichtet ragt die Klappe knapp aus der Meeresoberfläche heraus. Durch den Wellengang wird sie nach vorne heruntergedrückt, um dann nach hinten zurückzuschwingen. Die Wellenenergie wird dadurch auf zwei Pumpkolben übertragen, die Wasser durch eine unterirdische Leitung in ein an Land stehendes Maschinenhaus mit hydro-elektrischer Turbine pumpen. Somit erfolgt die eigentliche Stromerzeugung über

konventionelle Technik an Land. Neu ist die Übertragung der Wellenenergie auf die Pumpkolben durch die Klappe im Meer.

Der erste Prototyp von Oyster ging im November 2009 ans Netz. Angeschlossen an den Generator an Land liefert er eine installierte elektrische Leistung von 315 kW. Derzeit befindet sich der zweite Prototyp in Entwicklung; Hier werden drei Oyster-Pumpstationen gekoppelt; sie sollen einen Generator mit einer Leistung von 2,5 MW antreiben. Der Bau der neuen Anlagen soll im Jahr 2011 in Schottland beginnen. Das Design der neuen Anlagen wird bereits für eine Massenproduktion ausgelegt. Langfristig sollen Großkraftwerke durch den Verbund mehrerer Oyster-Stationen mit einer Gesamtleistung von 20 bis 100 MW entstehen, abhängig von der Beschaffenheit des Küstengebietes.

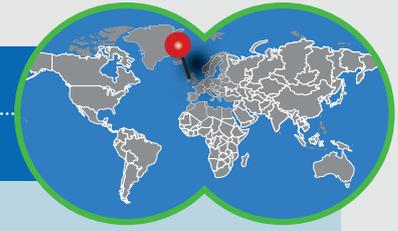
## Effizienz-Bereiche

 Material	 Energie
 Wasser	 Fläche

## Region und Land

Europa

Großbritannien



### Ressourceneffizienz

Das Wellenkraftwerk nutzt die regenerative Energie der Meereswellen und stößt während der Nutzungsphase kein Kohlendioxid aus. Die Anlage ist so konzipiert, dass sich auch die Energie von solchen Wellen nutzen lässt, die deutlich höher als die Abmessungen der Oyster-Stationen sind, sodass sie sich auch bei rauer See betreiben lässt. Nach Angaben der Entwickler liefert bereits der erste Prototyp rund 6.000 Betriebsstunden im Jahr. Neben der Stromerzeugung lässt sich die Kraftwerk-Technologie außerdem zur Meerwasserentsalzung nutzen, indem die Oyster-Stationen eine Anlage zur Umkehrosmose antreiben.

### Hemmnisse und Risiken

Mit der hydro-elektrischen Turbine bedienen sich die Wellenkraftwerke konventioneller Technik, die bereits ausreichend erprobt ist. Probleme könnte, wie von Offshore-Windenergieanlagen bekannt, die Korrosion durch das salzige Meerwasser bereiten. Bisher wurden viele Versuchsanlagen zur Nutzung der Wellenenergie durch Sturmfluten zerstört. Die Oyster-Kraftwerke sollen aufgrund ihrer einfachen Konstruktion aber robuster sein: Zum einen befinden sich Turbine und Generator an Land, zum anderen bieten die Pumpstationen mit den schwingenden Klappen eine geringe Angriffsfläche; sie können komplett überspült werden. Die Auswirkungen auf die Flora und Fauna der Küsten wurden noch nicht untersucht. Rein wirtschaftlich betrachtet könnte es an einzelnen Küstengebieten zu Nutzungskonflikten mit der Tourismusbranche kommen.

### Potenziale

Küstengebiete, die sich besonders für die Nutzung von Wellenenergie eignen, liegen zwischen dem 30° und 70° Längengrad auf der Nord- und Südhalbkugel. In Europa haben England, Portugal, Spanien und Norwegen besonders geeignete Küstengebiete. Auch die Küstengebiete Nord- und Südamerikas entlang des pazifischen und atlantischen Ozeans bieten gute Voraussetzungen. Gemäß den Schätzungen von „Carbon Trust“ im Jahr 2006 könnte Meeresenergie bis zu 20 Prozent des Strombedarfs von Großbritannien decken. Der World Energy Council geht von einer möglichen elektrischen Energie von bis zu 2.000 TWh aus, wenn das Potenzial von Wellenkraftwerken wie Oyster weltweit genutzt würde. Dies entspricht etwas mehr als der dreifachen Menge des deutschen Stromverbrauchs im Jahr 2010.

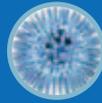
#### Weiterführende Informationen

Aquamarine Power  
10 Saint Andrew Square  
Edinburgh EH2 2AF, UK  
info@aquamarinepower.com  
www.aquamarinepower.com

## Technologien



Produktion &amp; Fertigung



Mikrosysteme



Biotechnik



Nanotechnik



Werkstoffe



Umwelttechnik



Energietechnik

## Urbane Landwirtschaft – wo die Kartoffeln in den Himmel wachsen

# Vertical Farming

**Vertical Farming soll die Produktion von pflanzlichen und tierischen Erzeugnissen in der Stadt ermöglichen. Statt auf dem Acker oder in konventionellen Gewächshäusern und Zuchtfarmen soll die Produktion in städtischen Hochhäusern stattfinden – mittels hocheffizienter Technologien geht die Landwirtschaft in die Vertikale.**



Farmscraper mit effizienter Flächennutzung  
(Quelle: verticalfarm.com, Blake Kurasek)

Um Lebensmittel flächen- und ressourceneffizienter zu produzieren, wurde das Konzept der vertikalen Landwirtschaft entwickelt. Sie soll die Massenproduktion pflanzlicher und tierischer Erzeugnisse direkt in der Stadt ermöglichen. In sogenannten Farmscrapers, mehrstöckigen Gebäudekomplexen, findet die urbane Landwirtschaft eine neue Ausrichtung. Auf mehreren Ebenen kann ganzjährig die Produktion von Gemüse, Früchten, Pilzen und Algen, sogar Fleisch und Fisch, basierend auf dem Modell der Kreislaufwirtschaft stattfinden. Möglich wird dies durch modernste Technologien, die bereits heute Anwendung finden: Bewässerungs- und Nährstoffüberwachungssysteme, Messapparaturen, welche Aussagen über den Reifezustand einer Pflanze liefern, oder Systeme, die den Ausbruch von Pflanzenkrankheiten überwachen. Die technischen Elemente existieren bereits, nur ihre Anwendung in Farmscrapers muss noch angepasst werden.

Die Idee des Vertical Farming wurde 1999 von Dr. Dickson Despommier von der Columbia University in New York zusammen mit seinen Studenten entwickelt. Sie entstand während eines akademischen Projekts, bei dem ursprünglich die Versorgung von 50.000 Bewohnern Manhattans mit Nutzpflanzen auf Dachgärten untersucht wurde. Als sich das Vorhaben aber als unzureichend erwies, entstand die Idee, Kulturen in vertikaler Anordnung anzubauen. Bis heute arbeiten Wissenschaftler daran, die Idee weiter zu entwickeln.

### Ressourceneffizienz

Vertical Farming könnte dazu beitragen, den steigenden Bedarf an Nahrungsmitteln zu decken. Laut Dr. Dickson Despommier könnten mit dem Anbau in einem 30-stöckigen Hochhaus bis zu 50.000 Menschen versorgt werden – diese Zahl scheint jedoch sehr hoch gegriffen zu sein, will man nicht Hochhäuser mit enormer Grundfläche bauen. Geplant ist, die Farmscrapers mitten in der Stadt zu errichten. So wird in direkter Nähe zum Verbraucher produziert, was eine bedarfsgerechte Produktion erleichtert und lange Transportwege sowie aufwändige Kühlung bis in den Verkauf überflüssig macht. Ziel des Vertical Farming ist aber nicht nur die ressourcenschonende Produktion an sich. Land, welches noch heute für die Landwirtschaft benötigt wird, könnte renaturiert oder einer anderweitigen Nutzung zugeführt werden.

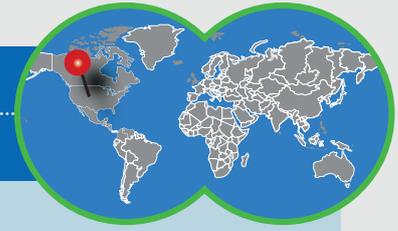
## Effizienz-Bereiche

 Material	 Energie
 Wasser	 Fläche

## Region und Land

Nordamerika

USA



## Hemmnisse und Risiken

Detaillierte Analysen zur Durchführbarkeit und Ressourceneffizienz der vertikalen Landwirtschaft stehen noch aus. Die wirtschaftliche und ökologische Bewertung im Gegensatz zum herkömmlichen Acker- und Gartenbau ist daher zur Zeit nicht valide möglich. Ein erheblicher finanzieller Mehraufwand, zum Beispiel für die Stadtfläche an sich, ist aber zu erwarten. Hinzu kommt der Bau des Hochhauses selbst, der in finanzieller und ökologischer Hinsicht großen Aufwand erfordert. Zu erwarten ist auch ein erheblicher Mehraufwand gegenüber konventionellen Gewächshäusern für die künstliche Beleuchtung und anderen operative Arbeiten wie die Bewässerung in großen Höhen. Dadurch könnten die Vorteile relativiert werden. Ein weiteres Hemmnis ist die Akzeptanz der Bevölkerung. Das Projekt Deltapark, welches ursprünglich 2010 in den Niederlanden fertiggestellt werden sollte, scheiterte bereits an der Ablehnung der Öffentlichkeit.

Des Weiteren besteht die Gefahr, dass einfachere Maßnahmen im Rahmen einer nachhaltigen Landwirtschaft im ländlichen Raum aufgeschoben werden. Für eine zukunftsfähige Versorgung aller Menschen ist neben dem umweltverträglicheren Anbau von Lebensmitteln aber auch der verantwortungsvolle Konsum der Bevölkerung von sehr großer Bedeutung.

## Potenziale

Prognosen der UNO lassen bis zum Jahr 2050 ein Bevölkerungswachstum auf 9,2 Mrd. Menschen erwarten. Dann werden voraussichtlich bis zu 80 Prozent der Weltbevölkerung in Städten leben, die mit Nahrungsmitteln versorgt werden müssen.

Als Nachfolger des Deltaparks gilt das Projekt Greenport in Shanghai. Für die Expo 2010 wurde auf einer Insel vor der 14-Millionen-Metropole Shanghai auf einer Fläche von



Nahrungsmittelproduktion in der Stadt  
(Quelle: verticalfarm.com, Blake Kurasek)

etwa 24 Quadratkilometern ein Agropark mit Gewächshäusern, Ställen und angeschlossenen Verarbeitungsbetrieben konzipiert. Die dort möglichst nachhaltig und umweltgerecht produzierten Lebensmittel sollen Shanghai unabhängiger von Importen machen.

### Weiterführende Informationen

Environmental Health Science of Columbia University  
60 Haven Ave. Room 100  
New York, NY 10032, USA  
[www.verticalfarm.com](http://www.verticalfarm.com)

## Produkte



Textilien



IT &amp; Kommunikation



Lebensmittel



Transport &amp; Verkehr



Gebäude &amp; Wohnen



Optik

## Die Waschmaschine der Zukunft wäscht mit Plastik Kügelchen statt mit Wasser

# Xeros – Waschen ohne Wasser

**Britische Forscher entwickeln eine Waschmaschine, die nur einen Becher Wasser benötigt. Mit Hilfe wiederverwendbarer Plastik Kügelchen sollen die Flecken aus der Kleidung gesaugt werden. Außerdem spart das Verfahren Energie für das Trocknen der Kleidung.**



Nylonkügelchen (Quelle: © Xeros Ltd.)

Das britische Unternehmen Xeros entwickelt eine Waschmaschine, die zur Reinigung kaum Wasser benötigt: Pro Waschgang ist nach Angaben der Entwickler ein Becher Wasser erforderlich. Konventionelle Maschinen verbrauchen dagegen durchschnittlich mehr als 40 Liter Wasser. Das Erhitzen dieser Wassermenge auf 30, 60 oder 90 Grad sowie das Trocknen der Kleidung im Trockner verbrauchen zudem viel Energie. Die Xeros-Waschmaschine zielt darauf ab, den Wasser- und Energiebedarf erheblich zu senken. Statt Wassermassen dienen mehrfach verwendbare Plastik Kügelchen zur Reinigung der Textilien: Die Kleidung wird mit tausenden kleinen, 3 mm großen Nylonkügelchen, einer Tasse Wasser und Waschmittel geschleudert. Dank einer natürlichen Eigenschaft des Materials werden

Schmutzpartikel von der Oberfläche der Nylonkügelchen angesogen – Nylon reagiert auf den Feuchtegehalt der Umgebung mit reversibler Wasseraufnahme. Dabei wird das Wasser in die amorphen Bereiche des Polyamids eingelagert. Liegt ein Feuchtegehalt von 100 Prozent vor, werden die Dreckpartikel in die Nylonkugeln aufgesogen. Nach dem Waschgang können die Kügelchen wie das Waschwasser einer normalen Maschine wieder abfließen. Durch diese spezielle Technik wird der Gebrauch eines Trockners überflüssig. Nach bis zu 100 Wäschen müssen die Nylonperlen allerdings ausgetauscht und recycelt werden.

Die Idee der auf Plastik basierenden Reinigung kommt von Stephen Burkinshaw, Professor für Textilchemie an der University of Leeds. 2007 hat er die Firma Xeros Ltd. gegründet, die den von der Design-Fakultät seiner Universität entwickelten Waschprozess testet. Xeros ist auch der Markenname für das patentierte Reinigungssystem. Bisher befindet es sich in der Entwicklungsphase.

### Ressourceneffizienz

Nach Angaben der Entwickler lässt sich mit der Waschmaschine von Xeros gegenüber konventionellen Waschmaschinen bis zu 90 Prozent Wasser einsparen. Weil das Erhitzen der Wassermenge und das Trocknen der Kleidung im Trockner entfällt, soll die Maschine nur zwei Prozent der Wassermenge sowie einen Bruchteil der Energie einer herkömmlichen Waschmaschine verbrauchen. Gleichzeitig

## Effizienz-Bereiche

 Material	 Energie
 Wasser	 Fläche

## Region und Land

Europa  
Großbritannien



reduziert sich der Carbon Footprint im Vergleich zur konventionellen Reinigung und Trocknung im Trockner um bis zu 40 Prozent. Die Angabe beinhaltet auch die Aufbereitung der Xeros-spezifischen Plastikkügelchen. Im Vergleich zu dem Lufttrocknen dürfte das energetische Einsparpotenzial der Xeros Waschmaschine jedoch deutlich geringer ausfallen.

### Hemmnisse und Risiken

Hohe Anschaffungskosten könnten Käufer zumindest bei der Nutzung in Privathaushalten abschrecken, weil hier die laufenden Kosten für das Waschen ohnehin nicht hoch ausfallen. Die Umweltauswirkungen durch Herstellung und Reinigung der Kügelchen gegenüber dem herkömmlichen Waschen lassen sich noch nicht quantifizieren, da bisher keine genauen Angaben zur Menge des Verbrauchs an Plastikgranulat vorliegen.

### Potenziale

Bisherige Einschätzungen des Herstellers ergeben ein Einsparpotenzial der direkten Betriebskosten von rund 30 Prozent im Vergleich zu einer herkömmlichen in Privathaushalten eingesetzten Waschmaschine. Zuverlässigere Daten lassen sich allerdings erst erheben, wenn das Verfahren bis zur Marktreife entwickelt und in realen Bedingungen getestet worden ist. Außerdem könnte die Xeros-Maschine dazu beitragen, den Wasser- und Energieverbrauch zu senken. Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes werden

täglich pro Einwohner etwa 17 Liter Trinkwasser allein für das Waschen verbraucht. Das ist die dreifache Menge dessen, was für Nahrungszubereitung und Getränke verbraucht wird. Neben dem Einsatz in privaten Haushalten könnte die Technologie im Bereich der kommerziellen Reinigung eine Alternative zu chemischen Reinigungsmitteln darstellen. Viele der dort eingesetzten Lösungen sind gesundheitsschädlich und wurden bereits in einigen US-Bundesstaaten verboten. Diese Mittel könnten durch das neue Verfahren ersetzt werden.

#### Weiterführende Informationen

Xeros Ltd, Unit 14, Evolution  
Advanced Manufacturing Park  
Whittle Way, Catcliffe  
Rotherham, South Yorkshire S60 5B, UK  
info@xerosltd.com  
www.xerosltd.com

## Produkte



Textilien



IT &amp; Kommunikation



Lebensmittel



Transport &amp; Verkehr



Gebäude &amp; Wohnen



Optik

## Automatisiertes Zugdrachensystem für die Schifffahrt

# Windantriebssystem SkySails

**SkySails ist das einzige patentierte Windantriebssystem für Frachtschiffe. Es basiert auf einem großen Zugdrachen mit dem sich je nach Windverhältnissen Treibstoffeinsparungen von ca. 10 bis 35 Prozent erzielen lassen, was wiederum niedrigere Emissionen zur Folge hat.**

Angesichts der steigenden Rohölpreise und der gesetzlichen Emissionsvorgaben (Schwefelemissionsregelung, Kohlendioxidvorgaben in Entwicklung) steigen die Betriebskosten der Schifffahrt ständig. Der Einsatz von SkySails ist daher eine lukrative Maßnahme für die Schifffahrt. Das SkySails-System wurde erstmals 2001 in Hamburg vorgestellt. Es besteht aus drei einfachen Komponenten: Einem Zugdrachen mit Seil, einem Start- und Landesystem und einem Steuerungssystem für den automatischen Antrieb. Mit dem System lassen sich nach Angabe des Herstellers zwischen 8 bis 6 Tonnen Zugkraft realisieren. Dabei entsprechen acht Tonnen effektive Zugkraft abhängig von den Schiffseigenschaften wie Propellerwirkungsgrad und Widerstand einer Maschinenleistung zwischen 600 bis 1.000 kW.

Für den Einsatz des Systems entstehen keine zusätzlichen Personalkosten. SkySails kann parallel zur Entlastung der Hauptmaschine laufen. Das System beansprucht nicht viel Lagerplatz (ein 160 Quadratmeter großes SkySail nimmt zusammengefaltet die Größe einer Telefonzelle ein) und hat ein geringes Gewicht, da es aus Textil besteht. Im Vergleich zu normalen Segeln erzielen SkySails das 5–25-fache an Vortriebskraft, wodurch eine effektive Entlastung des Schiffsmotors möglich wird.

Die finanzielle Amortisationszeit von SkySails liegt zwischen drei und fünf Jahren, da die Investitionskosten niedrig sind. SkySails berechnet die Kosten/Nutzen („Skyprofit“) für jede Reederei und jedes Schiff individuell.

SkySails hat zahlreiche Auszeichnungen bekommen, darunter den Sustainable Shipping Award (2009) und den Clean Innovation Award (2009).

### Ressourceneffizienz

SkySails lässt sich auf nahezu allen Schiffstypen einsetzen. Mit einem Ausstoß von 813 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr ist der Schiffsverkehr für fast drei Prozent der globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen (ca. 30 Mrd. Tonnen in 2005) verantwortlich – Tendenz steigend. Bei einer weltweiten Nutzung von SkySails könnten im Jahr durchschnittlich 150 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart werden, was ca. 15 Prozent der gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen von Deutschland entspricht. SkySails hat in mehreren Studien eine Ersparnis von 10 bis 35 Prozent pro Schiff ermittelt, bei optimalen Bedingungen können bis zu 50 Prozent Einsparungen erreicht werden. Allerdings müssen die genauen Treibstoffersparnisse individuell beurteilt werden, abhängig von Parametern wie der Schiffsgröße, dem Wellengang und der Windgeschwindigkeit.

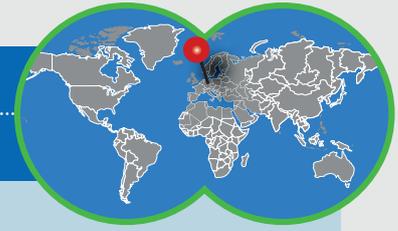
## Effizienz-Bereiche



## Region und Land

Europa

Deutschland



SkySails Systemkomponenten und die Nutzung von Wind in großen Höhen  
(© SkySails)

## Hemmnisse und Risiken

Da das SkySails System windabhängig ist, variieren die Treibstoffeinsparungen. Risiken bestehen hinsichtlich der Sicherheit. SkySails hat verschiedene Maßnahmen zur Steigerung der Sicherheit entwickelt, unter anderen die Möglichkeit, den Drachen im Notfall abzuwerfen. Die Flughöhe des SkySails bewegt sich unter 800 Meter und ist damit außerhalb des kontrollierten Luftraumes. Zudem kann SkySails bei Windstärken unter 16 km/h nicht gestartet werden, eine Landung ist allerdings auch bei diesen Windverhältnissen möglich.

Ein weiteres mögliches Hemmnis besteht darin, dass SkySails aufgrund der Dimensionierung und des Gewichts bislang nur bei Frachtschiffen, Fischtrawlern und Superyachten eingesetzt wird. Erste Planungen bestehen aber bereits für den Einsatz bei Sportyachten.

## Potenziale

Die Potenziale dieser Technologie liegen in der kontinuierlichen Weiterentwicklung der Zugkraft, um noch größere Einsparungen zu erreichen. Aktuell wird eine Technologie für ein System mit 32 Tonnen Zugkraft entwickelt, geplant sind sogar bis zu 130 Tonnen. Durch die Anwendungsmöglichkeiten über Frachtschiffe hinaus können weitere Märkte erschlossen werden.

Weitere positive Effekte bestehen in der Reduzierung der Schwefelemissionen durch den geringeren Treibstoffverbrauch. Würde dies stattdessen durch die Installation eines Katalysators realisiert, würde laut Herstellerangaben nicht nur der Treibstoffverbrauch um ca. drei Prozent steigen, sondern auch zusätzliche Ressourcen für die Filter sowie Entsorgungskosten der gefilterten Substanzen anfallen.

### Weiterführende Informationen

SkySails GmbH & Co. KG  
Veritaskai 3  
21079 Hamburg  
[www.skysails.info](http://www.skysails.info)

## Produkte



Textilien



IT &amp; Kommunikation



Lebensmittel



Transport &amp; Verkehr



Gebäude &amp; Wohnen



Optik

## Selbst desinfizierende, biologisch abbaubare Einweg-Toilette

### Peepoo Bag

**Die Peepoo ist eine selbst desinfizierende, biologisch abbaubare Einweg-Toilette in Form einer Tüte, die etwa zwei bis vier Wochen nach der Benutzung als Dünger benutzt werden kann. Sie wird für den Einsatz in dicht besiedelten, urbanen Slums, Flüchtlingslagern oder Notunterkünften (z. B. nach Naturkatastrophen) produziert, mit dem Ziel ein Maximum an Hygiene bei minimalen Kosten zu bieten.**



Peepoo in Benutzung in Kibera (Nairobi, Kenia) (Quelle: Peepoo-people/Camilla Wirseen)

Laut UNICEF Deutschland haben 2,6 Mrd. Menschen weltweit keinen Zugang zu hygienischen Sanitäreinrichtungen. Häufig werden einfache Plastiktüten, auch „fliegende Toiletten“ genannt, als Toilette benutzt und im Anschluss ohne Bedenken weggeworfen. Da solche Tüten sehr dünn sind und somit leicht reißen, kann der Inhalt in das Grundwasser sickern und zur Verunreinigung des Trinkwassers führen. Verunreinigtes Trinkwasser verursacht – neben

vielen anderen Problemen – ein Viertel der Kindertodesfälle. Durch die Benutzung von Peepoo wird kein Trink- oder Grundwasser kontaminiert. Peepoo kann somit einen Beitrag für eine nachhaltige Entwicklung und die Erreichung der UN-Millenniumsziele leisten.

Peepoo ist eine dünne, längliche Tüte, die aus abbaubarem Bio-Plastik gefüllt mit Urea besteht. Urea ist ein Harnstoff, der ungiftig und hygienisch unbedenklich ist. Es ist ein natürliches Stickstoffdüngemittel, das eingesetzt wird, um die Desinfektion der Fäkalien und den enzymatischen Prozess zu starten, wodurch die Fäkalien in Ammoniak und Karbonat zerfallen. Nach zwei bis vier Wochen sind alle gefährlichen Bakterien und Organismen inaktiv und nach dem kompletten Zerfall der Tüte bleiben nur Wasser, Kohlendioxid und Biomasse übrig. Im Vergleich dazu bleiben diese potenziellen Krankheitserreger bei unbehandelten Fäkalien mindestens zwei bis drei Jahre aktiv. So entsteht ein nährstoffreiches Nebenprodukt ohne Krankheitserreger, das sich als Düngemittel (z. B. beim Ackerbau) einsetzen lässt.

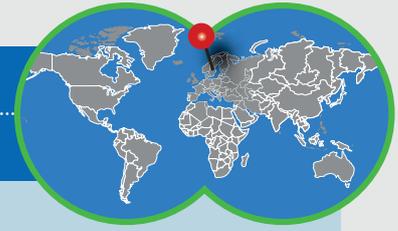
Die Peepoo sollte nur ein Mal benutzt werden, danach kann sie bis zu 24 Stunden ohne Geruchsausdünstung aufbewahrt werden. Die unbenutzte Tüte wiegt weniger als zehn Gramm, hat eine Größe von 14x38cm und zwei Schichten, wovon die Innere breiter ist. Die Kosten

## Effizienz-Bereiche

 Material	 Energie
 Wasser	 Fläche

## Region und Land

Europa  
Schweden



für Konsumenten liegen zwischen zwei und drei Cent pro Stück, was nach Herstellerangaben ca. zehn Euro pro Person im Jahr entspricht. Die Produktion der Toiletten in großem Maßstab soll im Jahr 2012 starten; geplant ist die Produktion von 500.000 Tüten pro Tag.

### Ressourceneffizienz

Die Nutzung der Peepoo Toilette erfordert kein Wasser und trägt daher zur Wassereinsparung bei. Darüber hinaus wird kostengünstig wertvoller Stickstoffdünger produziert. Die organischen Bestandteile sorgen auch für bessere Eigenschaften der Erde, zum Beispiel für eine bessere Struktur und eine erhöhte Speicherfähigkeit für Wasser.

### Hemmnisse und Risiken

Möglichweise können sich die neuen Toiletten gegen normale Plastiktüten nicht durchsetzen, da sich der Vorteil ohne das entsprechende Hintergrundwissen nicht direkt erschließt. Jedoch zeigen nach Herstellerangaben Tests in Kibera, einem Slum in Nairobi (Kenia) Erfolge: Hier wurden Kunden ausreichend über die Anwendung der Peepoo Toilette informiert. Dennoch müssen die ökonomischen Voraussetzungen zum Kauf oder der Bereitstellung der Einweg-Toilette sichergestellt werden.

Ferner könnte es ein Akzeptanzproblem bei den potenziellen Nutzern des Stickstoffdüngers geben, da dieser aus menschlichen Fäkalien entstanden ist. Deshalb bedarf es einer transparenten Kommunikation zu den Vor- und Nachteilen der Peepoos.

Außerdem besteht das Risiko, dass durch die Peepoos notwendige Investitionen für die mittel- und langfristige Verbesserung der (Ab-)Wasser- bzw. Toiletteninfrastruktur zurückgehalten werden.

### Potenziale

Peepoo bietet die Möglichkeit, ein gesamtes Sanitärsystem aufzubauen. Die Peepoos würden dann entweder zentral gesammelt (evtl. mit Pfandsystem) oder in urbanen Kleingärten als Dünger genutzt. Dieses System wurde von den

Peepoo Herstellern nach eigenen Angaben bereits erfolgreich im Rahmen des Pilot-Projektes in Kibera getestet. Dort ist ein Pfandsystem eingeführt worden. Vertrieben werden die Peepoos von lokalen Unternehmen. Somit werden neue Geschäftsmöglichkeiten nicht nur durch den Vertrieb und die Sammlung der Peepoos, sondern auch durch die Möglichkeit Dünger lokal zu produzieren, geschaffen. Die Düngung könnte die Ernteerträge erhöhen und somit positive wirtschaftliche Auswirkungen haben.

Darüber hinaus ist ein Rückgang der Gesundheitskosten denkbar. Alleine in Nepal, wo nur ein Fünftel der Bevölkerung Zugang zu sanitären Einrichtungen hat, werden solche Einsparungen auf etwa 115 Mio. Euro jährlich geschätzt.

Schließlich haben Peepoos ein großes Potenzial für den Einsatz in Katastrophensituationen und -gebieten oder auch in Flüchtlingslagern.

#### Weiterführende Informationen

- [www.fairplanet.net](http://www.fairplanet.net) (Stichwort: Peepoo)
- WHO / UNICEF (2010): Progress on Sanitation and Drinking-water: 2010 Update.

Peepoople AB  
Alsnögatan 3  
SE-116 41 Stockholm, Schweden  
[www.peepoople.com](http://www.peepoople.com)

## Produkte



Textilien



IT &amp; Kommunikation



Lebensmittel



Transport &amp; Verkehr



Gebäude &amp; Wohnen



Optik

## Einheitliches USB Ladegerät für Handys – ab 2012 weltweit verfügbar

# Universal Charging Solution für Handys

**Ein einheitliches Ladegerät für alle. Dies ist das Ziel einer Initiative der GSMA (Global System for Mobile Communications Association), einem globalen Netzwerk für Mobilgeräte- und Zubehör. Das Ladegerät soll USB-IF-Standards (USB Implementer's Forum) erfüllen. Erste Modelle wurden bereits 2010 produziert.**

Ziel der Initiative ist es, den Stand-by Energiebedarf von Handy-Ladegeräten und den zunehmenden Abfall durch alte Ladegeräte zu reduzieren. Die Vereinheitlichung der Ladegeräte ist zudem mit einer deutlichen Verbesserung des Bedienungskomforts für die Kunden verbunden.

Das Universal Charging Solution (UCS) genannte Konzept soll mindestens die aktuellen gesetzlichen Vorgaben zur Energieeffizienz einhalten. Es soll alte, weniger effiziente Ladegeräte ersetzen und gleichzeitig die Gesamtmenge der Ladegeräte pro Haushalt reduzieren: Nach Angaben des Umweltbundesamtes gibt es in Deutschland bisher etwa 2,5 Mobiltelefone pro Haushalt mit jeweils zugehörigen Ladegeräten, was bei ca. 40 Mio. Haushalten etwa 100 Mio. Ladegeräte ergibt.

Das Ladekabel soll einen USB-Standard-A- und einen USB-Micro-B-Anschluss haben und vom eigentlichen Stecker abgetrennt werden können, um dem Anwender mehr Flexibilität zu bieten. Bisher haben bereits erste Anbieter wie Motorola, Sony-Ericsson und Nokia eUCS-Ladegeräte entwickelt.

### Ressourceneffizienz

Schätzungen gehen davon aus, dass sich mit den neuen Ladegeräten bis zu 50 Prozent der Energie im Stand-by-Betrieb einsparen lassen. Darüber hinaus könnte die Menge der Ladegeräte um bis zu 51.000 Tonnen pro Jahr reduziert werden, was mit einer jährlichen Einsparung von ca. 1,44

Mio. Tonnen Treibhausgasen pro Jahr verbunden wäre. Durch das neue Konzept wird die Beigabe eines Ladegeräts zusammen mit jedem neuen Mobiltelefon überflüssig, da es unabhängig vom Modell weiterverwendet werden kann. Dadurch ließe sich auch die Verpackung von Mobiltelefonen verkleinern, was zu einer Abfallverminderung und weiteren Energie- und Treibhausgaseinsparungen während des Transports führt.

### Hemmnisse und Risiken

In der Umstellungsphase kann es zu erheblich mehr Abfall von alten Ladegeräten kommen, welche umweltgerecht recycelt werden sollten, um die enthaltenen, zum Teil nicht erneuerbaren und seltenen Rohstoffe wieder zu gewinnen. Dementsprechend sind neue bzw. verbesserte Recyclingkonzepte erforderlich. Zudem müssen Kunden aktiv über Recyclingmöglichkeiten informiert werden.

Durch UCS lässt sich nur eine erhöhte Effizienz und Ressourcenschonung erreichen, wenn viele Handyproduzenten an der Initiative teilnehmen werden. Zur Zeit haben sich schon 27 Herstellerfirmen zur UCS Initiative bekannt, darunter auch die größten Hersteller (u.a. Nokia, Sony Ericsson, Motorola, Samsung, HTC, LG). Jedoch nimmt Apple, der fünftgrößte Handyhersteller der Welt (mit einem Umsatzwachstum von 87,2 Prozent seit 2009), an dieser Initiative bisher nicht teil.

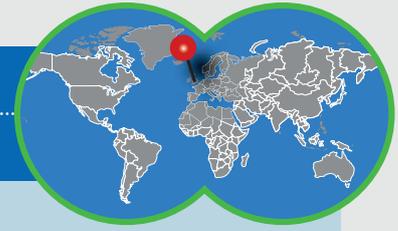
## Effizienz-Bereiche

 Material	 Energie
 Wasser	 Fläche

## Region und Land

Europa

Großbritannien



Ein universelles Ladegerät (UCS)  
(Quelle: © GSM Association 1999 – 2009)

Es sollten wirksame Anreize für den Kauf eines Mobiltelefons ohne Ladegerät geschaffen werden, etwa durch einen niedrigeren Kaufpreis. Wenn UCS-Ladegeräte nicht zusammen mit dem Handy verkauft werden, muss gewährleistet sein, dass überall dort, wo auch Handys verkauft werden, UCS-Ladegeräte verfügbar sind.

Auf die Handyhersteller kommen anfangs höhere Kosten durch UCS zu, etwa für die gemeinsame Entwicklung des UCS, aber auch für die Information der Kunden, Mitarbeiter und Händler. Darüber hinaus werden Umstellungen in der Produktionskette stattfinden müssen, z. B. im Einkauf, in der Produktion oder für neues Verpackungsdesign.

### Potenziale

Nokia hat im Januar 2009 einen Test in Italien, Frankreich, Großbritannien und Spanien mit dem Modell N79 durchgeführt, bei dem es Kunden angeboten hat, das Mobiltelefon ohne Ladegerät zu kaufen. Die Resonanz war sehr groß. Auch Kundenbefragungen zeigen eine große Akzeptanz des Konzepts. UCS Ladegeräte sollen ab 2012 weltweit verfügbar sein.

Das Konzept könnte auch auf andere Branchen bzw. Marktsegmente wie z. B. bei Computerladegeräten oder Digitalkameras übertragen werden. Auch hier sind Ressourceneinsparungen und Umweltentlastungseffekte zu erwarten.

### Weiterführende Informationen

- [www.gsmworld.com/our-work/mobile\\_planet/universal\\_charging\\_solution.htm](http://www.gsmworld.com/our-work/mobile_planet/universal_charging_solution.htm)
- GSMA (2009): Universal Charging Solution Explained.
- GSM Association (2010): Universal Charging Solution. Whitepaper Consumer Awareness Initiatives 1.0
- Nokia (2010): Nokia sustainability report 2009.
- [www.recyclemycellphone.org](http://www.recyclemycellphone.org)
- [www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de](http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de) (Stichwort „Ausstattung privater Haushalte mit langlebigen Gebrauchsgütern“)
- [www.gartner.com/it/page.jsp?id=1543014](http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1543014)
- [www.usb.org/about](http://www.usb.org/about)

GSMA: London Office  
Seventh Floor  
5 New Street Square  
New Fetter Lane  
London EC4A 3BF, UK  
[www.gsmworld.com](http://www.gsmworld.com)

## Produkte



Textilien



IT &amp; Kommunikation



Lebensmittel



Transport &amp; Verkehr



Gebäude &amp; Wohnen



Optik

## Neue Methode zum Blanchieren von Kartoffeln spart Energie und Abwasser

# Umweltfreundliche Kartoffelverarbeitung

**Einen wesentlichen Prozess in der Kartoffelverarbeitung stellt das Blanchieren dar. Durch einen geschlossenen Verarbeitungskreislauf kann dabei der Verlust an Frisch- und Abwasser, an Energie sowie an wertvollen Inhaltsstoffen der Kartoffel reduziert werden.**



Fermenter (Quelle: Aviko Holding)

Beim Blanchieren wird das Lebensmittel für kurze Zeit (meist 10 bis 30 Sekunden) in kochendes Wasser eingetaucht. Dieses Verfahren wird vor allem bei Gemüse und Pilzen angewandt. Zum Beispiel werden vor dem Tiefgefrieren verschiedener Kartoffelprodukte auch die Kartoffeln vorab blanchiert. Dies dient dazu, unerwünschte Produktveränderungen wie den Abbau von wertvollen Inhaltsstoffen oder eine enzymatische Bräunung und damit

große Mengen an Ausschuss zu verhindern, indem Enzyme deaktiviert werden. Bei diesem Vorgang wird zudem der natürliche Anteil an Zucker in den Kartoffeln gesenkt. Allerdings werden dabei auch wichtige Aminosäuren und Mineralien aus den Kartoffeln heraus gewaschen. Studien haben jedoch gezeigt, dass der Verlust dieser wertvollen Inhaltsstoffe durch die Einstellung einer definierten Konzentration von Aminosäuren und Mineralien im heißen Prozesswasser des Blanchiervorganges verhindert werden kann.

Um nach dem Blanchieren den gelösten Zucker aus dem gebrauchten Prozesswasser zu beseitigen, setzt das niederländische Unternehmen Aviko einen Fermenter ein. Dadurch kann das heiße Wasser, nun mit einer geringeren Konzentration an Zucker, für einen weiteren Blanchiervorgang wiederverwendet werden. Die wiederholte unterschiedliche Zuckerkonzentration in Kartoffel und Wasser führt zu einem erneuten Auswaschen von Zucker aus den Kartoffeln bei steter Konzentration der gewünschten wertvollen Inhaltsstoffe. Diese, auch als „Closed-Loop Blanching (CLB)“ bezeichnete Technologie erlaubt es, den größten Teil des Prozesswassers zu recyceln und die Energienachfrage in der Kartoffelverarbeitung zu einem großen Teil zu reduzieren, da das recycelte Wasser deutlich weniger Wärmezufuhr benötigt, um die benötigte Prozesstemperatur zu erreichen. Aviko besitzt das Patent auf diese Technologie.

## Effizienz-Bereiche

 Material	 Energie
 Wasser	 Fläche

## Region und Land

Europa  
Niederlande



### Ressourceneffizienz

Nach Angaben von Aviko soll dieses Verfahren im Vergleich zu einem herkömmlichen Prozess zu einer Einsparung von 240 Litern Frischwasser pro bearbeiteter Tonne Kartoffeln und folglich auch zu einer Reduktion von Abwasser führen. Außerdem werden 94 Megajoule pro Tonne Kartoffeln an Energie eingespart. Dies entspricht einer CO<sub>2</sub>-Vermeidung von etwa sechs Kilogramm und einer Vermeidung von Stickoxiden von etwa 3,6 Kilogramm pro Tonne bearbeiteter Kartoffel. Zusätzlich wird durch dieses Verfahren ein um 3,6 Prozent geringerer Rohmaterialeinsatz an Kartoffeln möglich und eine geringere Menge an Reststoffen produziert. Dieser Prozess ist somit profitabler als herkömmliche.

### Hemmnisse und Risiken

Das Verfahren ist bislang erst im Labormaßstab getestet. Technische Probleme bei der Umsetzung in die Serienproduktion sind nicht vorhersehbar. Risiken könnten allerdings gesetzliche Auflagen in der Lebensmittelbranche darstellen. Beispielsweise muss das recycelte Wasser den gesetzlichen Anforderungen weiterhin genügen und die gleiche Prozess- und Qualitätssicherheit gewährleisten wie beim herkömmlichen Blanchieren.

### Potenziale

Dieses Verfahren kann auf andere Unternehmen in der Kartoffelindustrie oder in der Lebensmittelproduktion, die ebenfalls blanchieren, übertragen werden. Damit ergibt sich ein riesiges Potenzial durch das CLB, da laut FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nation) im Jahr

2008 die Weltproduktion allein an Kartoffeln etwa 311 Mio. Tonnen betrug.

Potenziale bestehen weiterhin in der Möglichkeit, zusätzliche Nährstoffe einzuführen bzw. unerwünschte Elemente zu entnehmen. Nach verschiedenen Testdurchläufen in einer Pilotanlage in den Niederlanden zwischen 2005 und 2007 sollte die Technologie Ende 2010 erstmals unter Betriebsbedingungen getestet werden. Weitere umfassendere Tests sollen das Potenzial der Technologie aufzeigen.

#### Weiterführende Informationen

- Somsen et al. (2007): Selective withdrawal of reducing sugars during blanching, United States Patent Application Publication.
- [www.cosun.nl](http://www.cosun.nl)

Aviko B.V  
Dr. A. Ariënsstraat 28-29  
7221 CD Steendere, Niederlande  
[www.aviko.com](http://www.aviko.com)

## Produkte



Textilien



IT &amp; Kommunikation



Lebensmittel



Transport &amp; Verkehr



Gebäude &amp; Wohnen



Optik

## Wiederverwendung des Färbebad für Textilien mit Hilfe der Lasertechnologie

# Farbstoffrecycling durch Laserspektroskopie

**Innerhalb der Textilfertigung ist das Färben aufgrund des hohen Verbrauchs und der Verschmutzung von Wasser ein stark umweltbelastender Prozessschritt. In einem neuen Verfahren wird Lasertechnologie genutzt, um eine Wiederverwendung des zurückbleibenden Färbebad zu ermöglichen.**



© Salixcaprea - Fotolia.com

Der Färbeprozess ist eine der größten technischen Herausforderungen in der Textilindustrie. Aufgrund definierter Vorgaben müssen identische Farben in gleicher Qualität zur Verfügung gestellt werden. Um dies zu erreichen, werden bei jedem Färbvorgang die einzelnen Farbstoffe und Chemikalien für das Färbebad neu angemischt. Die Rückstände lassen sich bislang nicht wiederaufbereiten. Grund hierfür ist u.a. das Fehlen verlässlicher Methoden zur qualitativen Bestimmung der in den Rückständen vorhandenen Restmengen an Färbemittel. So entstehen große Mengen an mit Chemikalien und Farbstoffen verunreinigten Wassers, welches aufwendig gereinigt werden muss.

Mit Hilfe eines Laserspektroskops können die im benutzten Färbebad enthaltenen Rückstände qualitativ und quantitativ bestimmt werden. Die ermittelten Stoffdaten werden von einem Softwaresystem verarbeitet, welches das benötigte Mengenverhältnis von Farbstoffen, Chemikalien und Wasser berechnet. Auf Basis der Ergebnisse kann das gewünschte ursprüngliche Verhältnis im benutzten Färbebad wiederhergestellt werden. Somit können Rückstände ohne negativen Effekt auf die Farbwiedergabe oder Produktqualität vollständig wiederverwertet werden.

Das Verfahren wurde während eines EU-LIFE Projekts an der Polytechnic University of Catalonia in Spanien entwickelt und mit vielversprechenden Ergebnissen an verschiedenen Färbesystemen und Stoffen wie z. B. an Baumwollfasern mit direkten Farbstoffen und Polyester mit verteilten Farbstoffen getestet. Seit Ende des Projekts wird die Technologie exportiert und findet derzeit auch in Tuchfabriken in Brasilien und Peru Anwendung.

## Effizienz-Bereiche

 Material	 Energie
 Wasser	 Fläche

## Region und Land

Europa

Spanien



### Ressourceneffizienz

Durch diese erstmalig eingesetzte Technologie kann im Vergleich zur herkömmlichen Methode bis zu 72 Prozent Wasser und mehr als 90 Prozent des Farbstoffs eingespart werden. Ein Färbebad kann bis zu 24-mal wiederverwendet werden, ohne qualitative Einbußen der Farbe hinzunehmen. Somit können in einem Färbebad nicht nur die üblichen 100, sondern bis zu 2500 Kilogramm Textilmaterial gefärbt werden. Dies führt zu einer Vermeidung von 18 Kubikmeter chemisch belastetem Abwasser, sieben Kilogramm nicht biologisch abbaubarem Abwasserschlamm und etwa 18 Kilogramm weniger Tensiden pro Färbebad. Da das Färbebad in dem neuen Prozess nicht wieder erhitzt werden muss, werden darüber hinaus 20 bis 25 Prozent des Energieverbrauchs reduziert.

### Hemmnisse und Risiken

Die Investitionskosten für ein Laserspektroskop sind hoch, sie liegen derzeit bei 80.000 bis 100.000 Euro. Es wird davon ausgegangen, dass die Kosten in naher Zukunft auf etwa 15.000 Euro sinken werden und die Amortisationszeit dann etwa zwei bis drei Jahre betragen wird. Trotzdem muss sich zeigen, ob die Unternehmen diese Technologie nutzen werden, da die meisten Textilbetriebe in Entwicklungsländern liegen, wo neben den hohen Kosten auch technische und organisatorische Schwierigkeiten auftreten können.

### Potenziale

Die Laserspektroskopie ist in der Analytik breit einsetzbar. Prinzipiell könnte die Technologie in jeglichen mit Wasser und Abwasser verbundenen Prozessen verwendet werden. Großes Anwendungspotenzial wird v.a. in der Lebensmittelindustrie, insbesondere bei Molkereiprodukten, aber auch in der Holz-, Farben-, Lack- und Chemieindustrie gesehen.

#### Weiterführende Informationen

- Europäische Kommission (LIFE) (2008): "Breathing LIFE into greener businesses: Demonstrating innovative approaches to improving the environmental performance of European businesses".

Polytechnic University of Catalonia  
Plaça Eusebi Güell  
08034 Barcelona, Spanien  
[www.upc.edu](http://www.upc.edu)

## Produkte



Textilien



IT &amp; Kommunikation



Lebensmittel



Transport &amp; Verkehr



Gebäude &amp; Wohnen



Optik

## Stroh statt Beton – Ressourceneffizientes Bauen und Wohnen

### S-House – Bauen mit Faktor 10

**Innovative Gebäudekonzepte und -technik berücksichtigen nicht nur den Energieaufwand, sondern auch den lebenszyklusweiten Ressourcenaufwand. Statt mit ressourcenschweren Materialien wird mit Stroh gebaut.**



Demonstrationsgebäude  
(Quelle: GrAT – Gruppe Angepasste Technologie)

Der Baubereich ist der Wirtschaftssektor mit den größten Massenflüssen und einem sehr hohen Energie- und Ressourcenverbrauch für die Herstellung und den Transport von Bauprodukten und Konstruktionen. Entlang des Gebäudelebenszyklus haben sich insbesondere die Rohstoffgewinnung/Baustoffherstellung und die Nutzungsphase als besonders ressourcenintensive Phasen herausgestellt. Von zentraler Bedeutung für Neubau und Sanierung ist die Planungsphase, in der über eine strategische Materialwahl auf die Materialintensität aller übrigen Lebenszyklusphasen eingewirkt werden kann. Doch während energieeffizientes Bauen bereits Einzug in die Praxis gefunden hat, bleiben Aspekte der Ressourcenschonung oft noch unbeachtet.

Die Reduzierung des lebenszyklusweiten Rohstoffverbrauchs um den Faktor 10 im Vergleich zu herkömmlichen Gebäuden hat die österreichische Gruppe Angepasste Technologie (GrAT) mit dem Bau des Demonstrationsgebäudes S-HOUSE realisiert. Im Rahmen der Programmlinie „Haus der Zukunft“ wurde ein integriertes Gesamtkonzept entwickelt, das alle Aspekte des nachhaltigen Bauens verbindet. Der Strohballenbau, das Grundkonzept für das S-House, ist darüber hinaus auch wirtschaftlich interessant. Das Demonstrationsgebäude zeigt die Vereinbarkeit von traditionellen Baustoffen mit innovativen Konstruktionen zu normalen Passivhaus-Kosten. In der Rückbauphase können diese Baustoffe leicht getrennt werden und somit weiter- bzw. wiederverwendet werden. Das Gebäudekonzept des S-House und die eingesetzten Komponenten entsprechen dabei den gegenwärtigen Bedürfnissen der Nutzer, ohne künftigen Generationen Entsorgungsprobleme zu hinterlassen oder eine Nachnutzung aufzuzwingen.

## Effizienz-Bereiche

 Material	 Energie
 Wasser	 Fläche

## Region und Land

Europa

Österreich



### Ressourceneffizienz

Durch die Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen und die Minimierung fossiler und mineralischer Materialien verringert sich der Ressourcenverbrauch beträchtlich. Die Herstellung der Strohwand verursacht einen deutlich geringeren ökologischen Fußabdruck als der vergleichbare konventionelle Wandaufbau, welcher mehr als zehn Mal soviel natürliche Flächen verbraucht. Auch der niedrige Energieverbrauch des S-House ist bemerkenswert. Durch die optimale Dämmung und die eingesetzten Passivhaustechnologien wird ein jährlicher Energieverbrauch von 6 kWh/m<sup>2</sup> erreicht. Dieser liegt deutlich unter dem im Passivhaus geforderten Standard (15 kWh/m<sup>2</sup>).

### Hemmnisse und Risiken

Bauteile und Maßnahmen für ein ressourceneffizienteres Wirtschaften in der Baubranche werden bereits in großem Umfang eingesetzt. Doch bei der Kombination verschiedener Ansätze besteht noch Entwicklungs- und Forschungsbedarf, um effiziente Gesamtlösungen mit geringerem Kostenaufwand zu realisieren. Hierfür müssen die vorhandenen Datenbanken zu Rohstoffen den Erfordernissen der Baubranche angepasst werden. Die je nach Gebäudetyp unterschiedlichen Anforderungen setzen koordinierte Informationsflüsse und Kommunikationsprozesse zwischen den beteiligten Akteuren wie Architekten, Handwerkern und Ingenieuren voraus. Bisher werden meist nur Einzellösungen statt Fertigmodule eingesetzt, was zu höheren Kosten führt. Darüber hinaus können

hohe Anfangsinvestitionen entstehen und baurechtliche Beschränkungen die Umsetzung erschweren. Die Wärmedämmwirkung und das Brandverhalten des Baustoffes Stroh wurden bereits in umfangreichen Vorstudien geprüft. Jedoch sind Vorurteile bezüglich unzureichender bauphysikalischer Eigenschaften verbreitet.

### Potenziale

Höhere Anforderungen für Alt- und Neubauten auf Bundes- und EU-Ebene wie etwa die Energieeinsparverordnung sowie umfassende Fördermöglichkeiten lassen einen Anstieg bei Sanierungen und Neubauten erwarten. Die Reduktion des Energieverbrauchs auf ein Zehntel im Vergleich zum heutigen Stand der Technik und die Verwendung nachwachsender Rohstoffe lassen bei gleichzeitig steigenden Energie- und Rohstoffpreisen eine Verbreitung nachhaltiger Bautechnologien auf Basis nachwachsender Rohstoffe erwarten.

#### Weiterführende Informationen

GrAT-Gruppe Angepasste Technologie  
Wiedner Hauptstraße 8-10  
1040 Wien, Österreich  
contact@grat.at  
www.grat.at

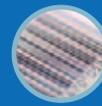
## Strategien



Redesign und Wiederverwertung



Produktdienstleistungssysteme (Nutzungsphase)



Neue Produktions- und Konsummuster



Integration von RE in Standards

## „Faktor T“ dokumentiert die Öko-Effizienz einzelner Produkte von Toshiba

### Toshiba „Faktor T“ Website

**Eine Webseite ermöglicht es, die Entwicklung der Toshiba Produktleistung zu verfolgen. Ziel ist es, bis Ende 2010 für jedes Toshiba Produkt einen „Faktor T“ zu berechnen. Bis Ende 2007 wurde bereits für 80 Prozent aller Toshiba Produkte eine im Vergleich zum internen Toshiba-Standard verbesserte Öko-Effizienz umgesetzt.**

Mit dem Begriff „Faktor T“ bezeichnet Toshiba das Verhältnis zwischen der Öko-Effizienz eines verbesserten Produktes und der Öko-Effizienz eines betriebsinternen, festgelegten Vergleichproduktes (Benchmark). Das „T“ steht dabei für Toshiba. „Faktor T“ beinhaltet den verbesserten Qualitätswert eines Produktes multipliziert mit der Reduktion des Umwelteinflusses des Produktes. Für die Berechnung der verbesserten Qualität wird die sogenannte Quality Function Deployment (QFD) Technik benutzt, bei der anhand von Kundenbefragungen die Funktionalität und Leistung des Produktes beurteilt werden kann. Für die Berechnung der Reduktion des Umwelteinflusses des Produktes wird die LIME (Life-cycle Impact assessment Method based on Endpoint modelling) Methode angewendet – die meistgenutzte Berechnungsmethode für den Umwelteinfluss eines Produktes in Japan. An deren Ende steht der Indikator „Faktor T“.

„Faktor T“ soll die Mitarbeiter von Toshiba motivieren, mehr umweltschonende Produkte zu erfinden bzw. die bestehenden Produktstandards zu verbessern. Gleichzeitig soll eine Transparenz innerhalb der Produkte geschaffen werden. Die Produkte werden hierzu in drei Kategorien unterschieden: Produkte mit bedeutender Umweltleistungsverbesserung (17 Produkte aufgelistet bis März 2011), Produkte mit bedeutender Umweltleistungs- und Wertschöpfungsverbesserung (19 Produkte) und Produkte mit bedeutender Wertschöpfungsverbesserung (15 Produkte).

Zur besseren Übersichtlichkeit werden diese auch farblich getrennt gekennzeichnet.

#### Ressourceneffizienz

Auf der „Faktor T“-Webseite finden sich bisher Produkte bis zu einem Faktor 14,2. Diesen Wert erreichte eine LED-Lampe, die eine deutlich höhere Lebensdauer und einen deutlich niedrigeren Energieverbrauch im Vergleich zu konventionellen Lampen hat (20.000 Stunden). Weiterhin lässt sie sich sehr schnell ein- und ausschalten. Die LED-Lampe gehört zu den Produkten mit bedeutender Umweltleistungsverbesserung.

Ein weiteres Beispiel ist ein LCD-Fernsehbildschirm mit einem Faktor von 6,6, bei dem der Stromverbrauch pro Jahr durch die Optimierung der Videosignale und die bessere Kontrolle der Hintergrundbeleuchtung um 76 Prozent reduziert werden konnte. Auch wurde durch die Anwendung von Leichtmetallen das Gewicht um rund 70 Prozent reduziert.

#### Hemmnisse und Risiken

Es besteht zum einen das Risiko, dass durch die Industrie selbst berechnete Werte manipuliert werden, solange selbst definierte Standards ohne externe Überprüfungen zum Einsatz kommen. So könnte bei „Faktor T“ zum Beispiel ein neues Produkt im Vergleich mit einem Benchmark-Produkt mit niedrigerer Öko-Effizienz zwar besser abschneiden, im Vergleich zum direkten Vorgänger jedoch

## Effizienz-Bereiche

 Material	 Energie
 Wasser	 Fläche

## Region und Land

Asien

Japan



Value factor	<b>1.49</b>
Environmental Impact Reduction Factor	<b>9.56</b>

Eine LED Lampe von Toshiba mit "Faktor-T" Wert von 14,2  
(© 1995-2011 TOSHIBA CORPORATION, ALL Rights Reserved)

schlechter. Zum anderen bestehen keine Vergleiche mit Produkten anderer Firmen, was die Transparenz deutlich erhöhen würde und Kunden als Entscheidungshilfe dienen könnte.

Da die Berechnungsgrundlagen und -werte nicht transparent vorliegen, lassen sich Ressourceneinsparungen auch nur bedingt quantifizieren. Die oben genannte Gewichtsreduzierung führt z. B. nicht automatisch zu einer Steigerung der Ressourceneffizienz: Nicht zuletzt kann es durch den Einsatz von Ressourcen mit einem größeren ökologischen Rucksack sogar zu unbeabsichtigten Rebound-Effekten kommen.

### Potenziale

Toshiba setzt sich dafür ein, dass solche Berechnungen zum Industrie-Standard werden. Hierzu wurde das Japan Eco-Efficiency Forum gegründet. Im Jahr 2004 wurde eine allgemeine Anleitung zu der Berechnung von „Faktor X“ herausgegeben, an die sich bisher neben Toshiba noch Hitachi Ltd., Fujitsu Limited, Panasonic Corporation, Sanyo Electric Co., Ltd., Sharp Corporation, NEC Corporation und Mitsubishi Electric Corporation noch weitere sieben Unternehmen orientieren. Das langfristige Ziel ist, den Kunden und Akteuren der Branche die Umweltleistung und -standards

der auf dem Markt befindlichen Produkte transparent darzustellen. Hierzu könnte ein unabhängiges Produktregister entwickelt werden. Ein solches Produktregister würde z. B. auch ermöglichen, die Umweltwirkungen von Neukauf mit der Reparatur des alten Produktes zu vergleichen und somit umweltschonendere Kaufentscheidungen zu treffen.

#### Weiterführende Informationen

- Toshiba Group (2009): Advancing Together with Factor T, Toshiba's Pursuit of Eco-efficiency.
- [www.jemai.or.jp/JEMAI\\_DYNAMIC/data/current/detailobj-4942-attachment.pdf](http://www.jemai.or.jp/JEMAI_DYNAMIC/data/current/detailobj-4942-attachment.pdf)
- [www.toshiba.co.jp/env/en/products/ecp/factor.htm](http://www.toshiba.co.jp/env/en/products/ecp/factor.htm)

Corporate Environment Management Division  
Toshiba Corporation  
1-1 Shibaura 1-chome, Minato-ku  
Tokyo 105-8001, Japan  
[www.toshiba.co.jp/env/en](http://www.toshiba.co.jp/env/en)

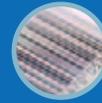
## Strategien



Redesign und Wiederverwertung



Produktdienstleistungssysteme (Nutzungsphase)



Neue Produktions- und Konsummuster



Integration von RE in Standards

## Mobile Instandhaltung und Reparatur für Konsumgüter

### Repa & Service Mobil

**Durch mobile Reparatur- und Servicestellen an Orten mit hoher Nachfrage sollen Reparaturdienstleistungen bekannter und attraktiver gemacht werden. Ziel ist es, durch Reparatur die Weiternutzung konkurrenzfähiger gegenüber dem Neukauf von Gütern zu machen und so Abfall zu vermeiden und Ressourcen zu schonen.**



Reparaturen im Repa&Service Mobil  
(Quelle: ARGE Reparatur- u. Servicezentren GmbH/arge.at)

Durch den stetig wachsenden globalen Wettbewerb, Online-Handel und somit auch immer kürzeren Entwicklungszeiträumen der Produkte, wird der Zugang zu neuen, billigen Konsumgütern einfacher und attraktiver. Diese Entwicklung führt zu einem insgesamt nicht-nachhaltigen Konsumverhalten. Durch Reparatur- und Instandhaltungsdienstleistungen ist es möglich, die Lebensdauer der Produkte zu verlängern und somit Neukauf zu verhindern, Abfall zu reduzieren und zur Ressourcenschonung beizutragen. Solche Dienstleistungen sind jedoch oftmals deutlich schwerer zugänglich als neue Güter, hinzu kommt eine geringe Sensibilisierung für nachhaltige Konsumstile. Mit dem Konzept Repa & Service Mobil soll die Reparatur und Instandhaltung von Gütern für Konsumenten besser

zugänglich gemacht werden. Durch Vorarbeiten im Projekt „RepaMobil“ wurden im Jahr 2006 die Notwendigkeit und das Interesse der Kunden an solchen Maßnahmen bestätigt. Hierbei wurden die Chancen und Risiken einer Reparaturdienstleistungsstelle an vier großen Betriebsstandorten untersucht. Eine Machbarkeitsstudie zeigt, dass mobile und stationäre Reparaturdienstleistungsstellen besser abschneiden als virtuelle Plattformen.

Aus diesem Grund soll in Wien in einer 19-monatigen Pilotpraxis eine mobile Reparatur- und Servicestelle mit Einbindung relevanter Stakeholdergruppen (Reparaturbetriebe, Konsumenten, größere Betriebsstandorte usw.) aufgebaut und ein transferfähiges Konzept für ihre Umsetzung entwickelt werden. Zusätzlich evaluiert das Pilotprojekt die nachhaltigkeitsbezogenen Effekte sowie Ressourcenschonung, Arbeitsplatzeffekte und Wirtschaftlichkeit.

#### Ressourceneffizienz

Allein deutsche Haushalte produzieren 754.000 Tonnen Elektroschrott im Jahr mit steigender Tendenz. Der größte Anteil davon landet in Müllverbrennungsanlagen oder in Deponien. Außerdem landen laut der Umweltbundesamt Studie „Export von Elektroaltgeräten“ von 2010 rund 150.000 Tonnen Elektroschrott jährlich illegal im Ausland. Hier werden die in den Geräten enthaltenen giftigen Stoffe nicht umweltgerecht und gesundheitlich unbedenklich entsorgt. Die genauen Einsparpotenziale an Material,

## Effizienz-Bereiche

 Material	 Energie
 Wasser	 Fläche

## Region und Land

Europa  
Österreich



Energie und Wasser durch dieses Projekt sind noch nicht bekannt und müssten am Ende der Pilotphase auf Abfallreduzierung und Ressourcenschonung untersucht und quantifiziert werden.

### Hemmnisse und Risiken

Von großer Bedeutung ist die Information und Aufklärung der Kunden/-innen über diese Form von Dienstleistungen sowie die Zusammenarbeit mit relevanten Akteuren, die an geeigneten Orten dem Repa & Service Mobil einen Standort anbieten könnten (z. B. in großen Einkaufszentren). Hierzu sind Workshops mit relevanten Stakeholdern geplant, aber vor allem Öffentlichkeitsarbeit durch z. B. Newsletter, Webseite, Infoveranstaltungen und Medienarbeit.

Weiterhin besteht das Risiko, dass Reparaturen von alten Geräten die Verbreitung von effizienteren Geräten verzögern. Dieses Risiko besteht insbesondere für solche Geräte, die hohe Ressourcenverbräuche in der Nutzungsphase haben, wie beispielsweise Kühlschränke. Deshalb sollte, neben der Reparaturfreundlichkeit der Geräte und des positiven wirtschaftlichen Kosten-Nutzen-Verhältnisses, auch die lebenszyklusweite Ressourceneffizienz einer Lebensdauer-Verlängerung gesichert werden. Vor diesem Hintergrund wurde in Österreich im Jahr 2007 ein Nachhaltigkeitsiegel für reparaturfreundliche und langlebige Produkte eingeführt. Es dient als Hilfe für Kunden bei Kaufentscheidungen und soll gleichzeitig auch die Wirtschaftlichkeit der Reparatur für Kunden fördern. Im Jahr 2008 erhielt das Nachhaltigkeitsiegel eine Auszeichnung mit dem österreichischen Umweltpreis „Daphne“.

### Potenziale

Reparaturdienstleistungen können einerseits zu einer Nutzungsdauerverlängerung und somit zu einer besseren Nutzung der in den Konsumgütern enthaltenen Ressourcen beitragen. Hierdurch können Ressourcenverbräuche für neue Produkte reduziert werden. Zudem könnten auch neue Geschäftsfelder eröffnet werden und neue Arbeitsplätze entstehen. Das österreichische Nachhaltigkeitsiegel für reparaturfreundliche und langlebige Produkte könnte Leitbild für Entwicklungen auf europäischer oder globaler Ebene sein.

#### Weiterführende Informationen

- [www.fabrikderzukunft.at](http://www.fabrikderzukunft.at) (Stichwort: Repa)
- Neitsch et. al. (2010): Umsetzungskonzept zur Implementierung des Gebotes der „Wiederverwendung“ gemäß ARL2008 in Österreich.
- Umweltbundesamt (2010): Export von Elektrogeräten. Fakten und Maßnahmen.
- [www.repanet.at](http://www.repanet.at)
- Gesellschaft für umfassende Analysen (2004): Reparieren im Dienste der Nachhaltigkeit.
- [www.rusz.at](http://www.rusz.at)

Arge Abfallvermeidung Ressourcenschonung und nachhaltige Entwicklung GmbH  
Dreihackengasse 1  
8020 Graz, Österreich  
[www.arge.at](http://www.arge.at)

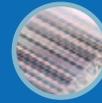
## Strategien



Redesign und Wiederverwertung



Produktdienstleistungssysteme (Nutzungsphase)



Neue Produktions- und Konsummuster



Integration von RE in Standards

## Neues Geschäftsmodell soll Verbrauch von Chemikalien senken

# Chemical Leasing

**Nicht das Produkt bezahlen, sondern die Dienstleistung. Dieses Konzept soll zu einem effizienten Einsatz von Chemikalien führen – ein Geschäftsmodell, von dem alle Beteiligten profitieren können.**

Das Konzept „Chemical Leasing“ soll dazu führen, dass der Verbrauch von Chemikalien durch effizienteren Einsatz zurückgeht. Der Kunde zahlt dabei für die Dienstleistung, beispielsweise pro Quadratmeter gereinigter Fläche, und nicht für die Menge der verwendeten Chemikalien. Neben den Chemikalien selbst verkauft der Hersteller sein Know-how für die richtige und effiziente Anwendung. Je nach Leasing-Modell kann der Hersteller auch die Verantwortung für die Chemikaliensicherheit (Arbeitsschutz, Umweltschutz) übernehmen. Im Gegensatz zum klassischen Geschäftsmodell hängt der Umsatz nicht direkt mit der Menge an verkauften Chemikalien zusammen. Vielmehr ist ein effizienter Einsatz der Chemikalien ganz im Sinne des Dienstleistungsunternehmens, denn dadurch sinken die Produktionskosten und somit auch die Gesamtkosten. Hiervon kann wiederum auch der Kunde profitieren.

Die United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) initiiert in Zusammenarbeit mit dem Österreichischen Lebensministerium Pilotprojekte, in denen das neue Konzept in verschiedenen Bereichen Anwendung findet. So zum Beispiel bei der Metallbearbeitung, wo Chemikalien zum Reinigen, Beizen, Gießen und Kühlen zum Einsatz kommen. Weitere Bereiche sind die chemische Synthese (Anwendung: Katalyse), die Nahrungsmittelindustrie (Anwendung: Extraktion, Wasseraufbereitung) sowie der Handel (Anwendung: Kühlen von Gütern). Neben Österreich

werden auch Projekte in Schwellenländern wie Mexiko, Ägypten und Kolumbien durchgeführt.

### Ressourceneffizienz

Eine Untersuchung des Österreichischen Lebensministeriums aus dem Jahr 2002 zeigt, dass sich für Österreich bei vollständiger Umsetzung des Modells in allen geeigneten Bereichen jährlich 53.000 Tonnen Chemikalien samt der mit ihnen verbundenen Emissionen und Abfälle einsparen lassen. Dies entspricht etwa einem Drittel der jährlich in Österreich eingesetzten Gesamtmenge an Chemikalien. Nach einer im Auftrag des Institute for Prospective Technological Studies von verschiedenen Universitäten sowie dem Öko-Institut durchgeführten Marktanalyse für „Chemical Product Services in the European Union“ (CPS) sind fünf bis 30 Prozent Chemikalienreduktion bei Anwendung von CPS möglich; je nach Art und Anwendung der Chemikalie.

### Hemmnisse und Risiken

Damit sich das Geschäftsmodell umsetzen lässt, müssen alle Beteiligten (Dienstleister und Abnehmer) in das neue Konzept einwilligen, was ein Hindernis darstellen kann. Probleme bereitet außerdem die Abrechnung der Dienstleistung. Es lässt sich je nach Anwendung zum Beispiel nach Fläche oder Stückzahlen abrechnen. Für den Hersteller besteht ein mögliches Risiko darin, dass der Kunde das Know-how der Firma erwerben könnte, um

## Effizienz-Bereiche

 Material	 Energie
 Wasser	 Fläche

## Region und Land

Europa  
Österreich



Förderband beim Pulverbeschichtungsprozess  
(Quelle: Copyright by UNIDO)

später Chemikalien von Billig-Anbietern zu erwerben. Eine grundsätzliche Kritik ist der innerhalb des Konzepts mögliche Einsatz gesundheits- und umweltschädlicher Chemikalien. Um dies zu vermeiden, arbeitet eine internationale Arbeitsgruppe zum Chemikalienleasing (International Working Group on Chemical Leasing) an Möglichkeiten zur Zertifizierung der angewendeten Verfahren, um so qualitative Kriterien zu entwickeln.

### Potenziale

Die CPS-Studie des Institute for Prospective Technological Studies beziffert den möglichen Umsatzwert für CPS auf 77 Mrd. Euro, was etwa 14 Prozent der europäischen Chemikalienumsätze entspricht. Nach Auskunft der Industrievertreter wird der Studie zufolge CPS primär durch den Markt beeinflusst, aber in einigen Fällen auch stark durch Umweltgesetzgebung. Eine der genannten Maßnahmen zur Förderung von CPS ist daher auch die Erweiterung von Gesetzen, die die Industrie mehr in die Verantwortung für die Sicherheit ihrer Produkte bringen (z. B. REACH). Dass das Geschäftsmodell funktioniert, zeigt die deutsche Safechem Europe GmbH, eine Tochtergesellschaft von The Dow

Chemical Company, die am österreichischen Pilotversuch beteiligt ist. Safechem führt industrielle Reinigungen mit Lösungsmitteln in einem geschlossenen Kreislauf durch. Das Geschäftsmodell lässt auch in vielfältigen anderen Bereichen hohe Potenziale erwarten, so z. B. bei dem Konzept des Cloud Computing oder für Produktionsmaschinen.

#### Weiterführende Informationen

- [www.chemicalleasing.com](http://www.chemicalleasing.com)

UNIDO Headquarters  
Vienna International Centre  
P.O. Box 300  
1400 Wien, Österreich  
[unido@unido.org](mailto:unido@unido.org)  
[www.unido.org](http://www.unido.org)

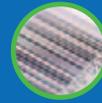
## Strategien



Redesign und Wiederverwertung



Produktdienstleistungssysteme (Nutzungsphase)



Neue Produktions- und Konsummuster



Integration von RE in Standards

## Erfolgreiches Konzept für lokale Partnerschaften zur Steigerung der Ressourceneffizienz in Unternehmen

# NISP-Networking für Nachhaltigkeit

**Großbritannien zeigt mit dem National Industrial Symbioses Programme (NISP), wie sich durch lokale Partnerschaften in der Industrie gegenseitig von dem Know-how des anderen profitieren lässt – mit dem Ziel die Umweltauswirkungen zu mindern.**



© Andrei Merkulov - Fotolia.com

Initiator des zusammen mit der University of Surrey entwickelte NISP ist das britische Unternehmen International Synergies Ltd. (ISL). Das Unternehmen wurde gegründet, um ökologische Lösungen für die Industrie zu entwickeln und anzuwenden. NISP hilft Unternehmen aus allen Geschäftsfeldern ihre Ressourceneffizienz zu steigern sowie den Treibhausgas-Ausstoß zu mindern. Durch lokale Partnerschaften findet eine Vernetzung der Unternehmen statt. Das Ziel sind nachhaltigere und ressourcenschonendere Muster in der Produktion. Für die Unternehmen ist die Mitgliedschaft dabei kostenlos. Das Programm unterstützt teilnehmende Unternehmen mit Strategien zur nachhaltigen Ausrichtung und hilft außerdem, die dafür notwendigen

Partner zu finden. Als Ansatz dient insbesondere die Kreislaufwirtschaft, häufig geht es um die sinnvolle Verwertung von Abfallprodukten. Aber auch andere Lösungen werden angestrebt, etwa neue Ideen zur Minderung des Rohstoffeinsatzes. Zwölf regionale Büros sorgen dafür, dass Netzwerke direkt vor Ort aufgebaut und lokale Partnerschaften geknüpft werden können. In der Region „West Midlands“ wurde beispielsweise eine Kooperation zwischen einem Schuhhersteller und einer international agierenden Organisation angestoßen, die Textilabfälle für künstlerische Zwecke - etwa für den Kunstunterricht - an Kinder- und Jugendliche weitergibt. So konnten bisher 225 Tonnen Abfall vermieden werden. Auf der Homepage von NISP werden besonders erfolgreiche Projekte für jede Region als Good-Practice-Beispiele veröffentlicht, wobei die genauen ökonomischen und ökologischen Einsparungen beziffert werden. Bisher sind rund 10.000 Unternehmen aus den unterschiedlichsten Branchen in das Programm eingebunden, darunter überwiegend klein- und mittelständische Unternehmen, aber auch „Branchenriesen“ wie „Shell UK“ oder „Lafarge Cement“.

## Effizienz-Bereiche

 Material	 Energie
 Wasser	 Fläche

## Region und Land

Europa

Großbritannien



### Ressourceneffizienz

Seit dem Start des Programms im Jahr 2005 wurde der Ausstoß von Treibhausgasen bei den in NISP eingebundenen Unternehmen um 5,2 Mio. Tonnen Kohlendioxid-Äquivalente gemindert. Gleichzeitig wurden rund 3,8 Mio. Tonnen Unternehmensabfälle in den Stoffkreislauf zurückgeführt und so eine Deponierung vermieden. Außerdem gelang es, Abwässer der NISP-Unternehmen um etwa 9,4 Mio. Tonnen zu reduzieren.

### Hemmnisse und Risiken

Grundsätzlich hat NISP als strategischer Ansatz betrachtet kaum Risiken. Bei der Bewertung der ökologischen Einspareffekte auf der konkreten Umsetzungsebene besteht allerdings die Gefahr von Reboundeffekten, die etwa durch längere Transportdistanzen oder die Wahl ungünstiger Abfallverwertungsoptionen entstehen könnten. Hier sollte eine möglichst standardisierte, ganzheitliche Bewertung erfolgen. Da es zudem neben der ökologischen Motivation auch um ökonomische Aspekte geht, besteht das Risiko, dass nicht immer die bestmögliche Lösung für die Umwelt getroffen wird. Bei einigen Unternehmen könnte zudem das Risiko, sensible Daten preiszugeben, einer fruchtbaren Partnerschaft entgegenstehen.

### Potenziale

Die Mitgliederzahlen des NISP-Programms steigen enorm. Inzwischen nehmen rund 10.000 Unternehmen am Netzwerk teil. Die Zahlen sprechen für sich: Im Programm teilnehmende Unternehmen konnten einen zusätzlichen Umsatz von bisher 178 Mio. Euro erzielen. Durch effiziente Rohstoffnutzung und Synergien wurden außerdem Kosten in Höhe von rund 154 Mio. Euro gespart. Dabei ging die Effizienzsteigerung nicht auf Kosten der Arbeitsplätze – im Gegenteil: Insgesamt wurden 800 neue Jobs geschaffen und über 1.200 Arbeitsplätze langfristig gesichert.

#### Weiterführende Informationen

- [www.international-synergies.com](http://www.international-synergies.com)

44 Imperial Court,  
Kings Norton Business Centre,  
Pershore Road South,  
Birmingham, B30 3ES, UK  
[info@nisp.org.uk](mailto:info@nisp.org.uk)  
[www.nisp.org.uk](http://www.nisp.org.uk)

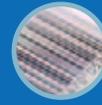
## Strategien



Redesign und Wiederverwertung



Produktdienstleistungssysteme (Nutzungsphase)



Neue Produktions- und Konsummuster



Integration von RE in Standards

## Die Initiative „Kies für Generationen“ zeigt, wie sich Baustoffe im Kreislauf führen lassen

# Rohstofflager der Zukunft

**Jedes Jahr verbaut die Baubranche große Mengen an Material. Dabei bieten unsere Städte ein bisher ungenutztes riesiges Ressourcenlager; Rückbaustoffe von Gebäuden lassen sich wiederverwerten. Das größte Hindernis: Die Abfälle haben ein Image-Problem.**



Öffentliches Gebäude aus Recyclingbeton  
(Quelle: AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft)

Etwa 50 Mio. Tonnen mineralische Baustoffe werden in der Schweiz pro Jahr verbaut. Damit ist die Bauwirtschaft eine der Branchen mit dem höchsten Materialverbrauch. Gleichzeitig fallen durch Sanierung und Abriss des Gebäudebestands große Mengen an Rückbaustoffen an. Diese können jedoch wieder aufbereitet werden und lassen sich dann zum Beispiel in der Betonproduktion einsetzen. Und

das in einwandfreier Qualität, wie aus einer Studie des „Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft“ (AWEL) des Kantons Zürich aus dem Jahr 2003 hervorgeht. Derzeit hat im Kreislauf geführter Beton noch etwas schlechtere Eigenschaften als aus Primärkies hergestellter. Wird dies in der Planungsphase des Rohbaus jedoch berücksichtigt, lassen sich auch für statisch anspruchsvolle Stellen recycelte Betone nutzen. Hierzu ist allerdings ein Umdenken in der Baubranche erforderlich. Daher hat das AWEL das Schweizer Informationsbündnis „Kies für Generationen“ initiiert. Ziel des Bündnisses ist es, Wissen über die Nutzung von Rückbaustoffen zu vermitteln und den Informationsaustausch zwischen Wissenschaft und Praxis zu fördern.

### Ressourceneffizienz

Die Wiederverwendung von Rückbaustoffen schont in erster Linie die Kiesressourcen und mindert die Inanspruchnahme von Land durch den Kiesabbau. Des Weiteren entfällt die Deponierung des Abbruchmaterials. Die Verwendung von Rückbaustoffen im Vergleich zu Primärrohstoffen hat auf den Herstellungsprozess von Beton und den dafür benötigten Zement nur einen geringen Einfluss. Was die Umweltbelastung durch die Verbrennung fossiler Rohstoffe im Prozess betrifft, ist wiederum die Wahl der Zementart (Zementgehalt und -art) sowie die Transportdistanz entscheidend, wie eine Ökobilanz der Schweizer Holcim AG in Zusammenarbeit mit dem Institut für Bau und Umwelt (IBU) und der Hochschule für Technik Rapperswill darstellt.

## Effizienz-Bereiche

 Material	 Energie
 Wasser	 Fläche

## Region und Land

Europa

Schweiz



Bauschutt als Rohstoff  
(Quelle: Kies für Generationen, Foto: Juliette Chrétien, Zürich)

## Hemmnisse und Risiken

Bisher werden häufig ausgediente Kiesgruben genutzt, um den beim Bau anfallenden Bodenaushub zu entsorgen. Eine vermehrte Nutzung von Rückbaustoffen und die damit verbundene Verringerung des Kiesabbaus könnte dazu führen, dass Bodenaushub über weitere Distanzen zur nächstliegenden Kiesgrube transportiert werden muss. Dies würde die Ökobilanz erheblich verschlechtern. Ebenfalls vermieden werden sollten große Distanzen beim Transport der Rückbaustoffe zu den entsprechenden Aufbereitungsstellen. In der Ökobilanz der Holcim AG wird daher vom Einsatz von Rückbaustoffen abgeraten, wenn die Transportdistanz um mehr als 30 km über der von Primärkies liegt.

## Potenziale

In der Schweiz werden derzeit bereits 80 Prozent der anfallenden Rückbaustoffe wiederverwertet. Allerdings werden die Materialien meist zu minderwertigen Baustoffen aufbereitet, um dann im Tiefbau eingesetzt zu werden. Die restlichen 20 Prozent landen auf der Deponie. Derzeit verlagert sich aber der Bedarf an Baustoffen aufgrund der energetischen Sanierungsmaßnahmen mehr und mehr vom Tiefbau zum Hochbau: Im Rahmen des Ressourcenmodells

der Stadt Zürich wurde ermittelt, dass der Input von Baustoffen im städtischen Gebäudepark für den Hochbau bei 780.000 Tonnen, für den Tiefbau bei nur 104.000 Tonnen liegt. Somit kann sich in Zukunft eine gesteigerte Nachfrage für qualitativ hochwertige Recycling-Materialien für den Einsatz im Hochbau ergeben.

### Weiterführende Informationen

- [www.kiesfuergenerationen.ch](http://www.kiesfuergenerationen.ch)
- TEC21 (2010): Recycling-Beton.

AWEL Kanton Zürich  
Abteilung Abfallwirtschaft und Betriebe  
Weinbergstrasse 34  
8090 Zürich, Schweiz  
[www.awel.zh.ch](http://www.awel.zh.ch)

## 4 Ansatzpunkte zur Steigerung der Ressourceneffizienz

Die Projektergebnisse zeigen, dass es bereits eine Vielzahl von innovativen Technologien und Produkten für die Steigerung der Ressourceneffizienz gibt. Deren Bekanntheit und eine entsprechende weitreichende Umsetzung steht jedoch vielfach noch aus. Dies zeigt sich sowohl anhand der geführten Interviews, als auch an der Vielfalt der

identifizierten Praxisbeispiele. In diesem Kapitel werden auf Basis einer Querauswertung der Projektergebnisse die Stärken und Schwächen technologischer Lösungen dargestellt (Kap. 4.1) sowie strategische Ansatzpunkte für Ressourceneffizienz (Kap. 4.2) beschrieben.

### 4.1 Stärken und Schwächen der Technologie- und Produktentwicklung

Vor dem Hintergrund der Entwicklung technischer Lösungen zur Steigerung der Ressourceneffizienz stehen folgende Fragen im Mittelpunkt der Betrachtung:

- Welche Motivation gibt es bisher für die Entwicklung ressourceneffizienter Technologien und Produkte?
- Was steht ihr entgegen?
- Welche möglichen Risiken bestehen?

Um diese Fragen zu beantworten, wurde eine SWOT-Analyse (Analyse der Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken) von technischen Lösungen zur Steigerung der Ressourceneffizienz aus Entwicklungsperspektive erstellt. Mit Hilfe der SWOT-Analyse werden die Erfahrungen aus dem Projekt vor dem Hintergrund der forcierten Entwicklung ressourceneffizienter Technologien und Produkte zusammenfassend dargestellt. Es geht dabei insbesondere darum, welche Vor- und Nachteile eine Fokussierung auf Ressourceneffizienz bei der Entwicklung von technischen Lösungen bietet. Hierzu werden die Stärken und Schwächen der Technologie- bzw. Produktentwicklung (interne Perspektive, Tabelle 2) sowie Chancen und Risiken bezogen auf die Rahmenbedingungen der Entwicklungen (externe Perspektive, Tabelle 3) aufgezeigt. Die Bewertung erfolgt auf Basis einer Querauswertung der Ergebnisse der Experten/-innenbefragung und der Beispielsammlung; sie schließt aber auch die Beobachtungen aus dem Forschungsprozess selbst ein, um eine möglichst breit angelegte Analyse zu gewährleisten.

Aus der *internen Perspektive* auf die Technologie- bzw. Produktentwicklung für Ressourceneffizienz zeigt sich, dass sich Unternehmen bereits heute durch Berücksichtigung der Ressourceneffizienz bei der Technologieentwicklung vor steigenden Ressourcenpreisen und möglichen Lieferengpässen absichern können. Profitieren können Unternehmen auch von dem positiven Image, mit dem sich neue Käufergruppen erschließen lassen. Auf den Produktionsprozess bezogen kann eine Berücksichtigung der Ressourceneffizienz zu Kosteneinsparungen führen, wenn sie etwa Material-, Energieeinsparung oder Abfallvermeidung zur Folge hat. Dies ist jedoch nicht immer der Fall: So kann die Substitution eines Materials beispielsweise zu geringerem Materialeinsatz – etwa aufgrund von höherer Steifigkeit gegenüber dem ersetzten Material – führen, während aber die Gesamtkosten für den Herstellungsprozess infolge höherer Materialkosten steigen können.

Größte Hürde bei der Entwicklung ressourceneffizienter Technologien sind die notwendigen Investitionen, die in erster Linie vom Hersteller für die Entwicklung getätigt werden müssen. In vielen Fällen kommt hinzu, dass auch der Herstellungsprozess teurer wird: So etwa bei Hybrid-Autos, die teurer als vergleichbare Fahrzeuge sind und deren Herstellung mehr Ressourcen erfordert. Der Aufpreis wird an den Kunden weitergegeben, zumal er von geringeren Betriebskosten in der Anwendung (z. B. in Form eines gesenkten Treibstoffbedarfs) profitiert. Bei der Umsetzung

<b>Stärken der Entwicklung technischer Lösungen für Ressourceneffizienz</b> <i>Welche Stärken zeigt die Entwicklung ressourceneffizienter Technologien und Produkte?</i>	<b>Schwächen der Entwicklung technischer Lösungen für Ressourceneffizienz</b> <i>Welche Schwächen zeigt die Entwicklung ressourceneffizienter Technologien und Produkte?</i>
<p><b>Zukunftsorientierte Entwicklung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Berücksichtigung zunehmender Ressourcenverknappung und Vermeidung möglicher Lieferengpässe</li> <li>Entwicklung innovativer Produkte und Stärkung des Wirtschaftsstandorts</li> </ul> <p><b>Erschließung neuer Märkte</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ansprechen von umweltbewussten Anwendern durch neue Marketing-Möglichkeiten</li> <li>Differenzierung im Markt</li> </ul> <p><b>Ökonomische Anreize</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Verfahrensoptimierung und Vermeidung von Kosten für Abfall</li> <li>Einsparung von Material- und Energiekosten</li> <li>Nutzung bestehender Fördermechanismen</li> </ul> <p><b>Verbesserte Kommunikation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Interne Kommunikation und Mitarbeitermotivation</li> <li>Verbesserte Außendarstellung</li> </ul>	<p><b>Fehlende Kooperation und Initiativen für Ressourceneffizienz</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Fokussierung ökologischer Initiativen auf Energiethemen und Klimaschutz</li> <li>Unzureichende Netzwerkbildung für Ressourceneffizienz</li> </ul> <p><b>Fehlende Investitionsmittel für Ressourceneffizienz</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Investitionskosten für Technologie- bzw. Produktentwicklung oftmals ein Hindernis</li> <li>Vermeidung externer Kosten bei der Produktion derzeit oft nicht einzelbetrieblich wirtschaftlich</li> </ul> <p><b>Fehlende Kompetenzen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bewertung und Umsetzung von Ressourceneffizienz in der Praxis</li> <li>Nachhaltigkeitsbewertungen, insbesondere hinsichtlich Humantoxizität, sozialen Aspekten, oder langfristige Verfügbarkeit von Rohstoffen (z. B. seltene Metalle)</li> <li>Umstrukturierungsprozesse innerhalb des Unternehmens und in der Wertschöpfungskette notwendig</li> <li>Fachkräftemangel</li> </ul>

**Tabelle 2:** Stärken und Schwächen der Entwicklung technischer Lösungen zur Steigerung der Ressourceneffizienz (interne Perspektive)

derartiger Innovationen ist auch beim Anwender eine große Hemmschwelle aufgrund der hohen Investitionskosten vorhanden.

Eine Schwäche der alleinigen Fokussierung auf Ressourceneffizienz offenbart sich, wenn eine technische Lösung gänzlich nachhaltig ausgerichtet werden soll. Hierzu fehlen oft wichtige Kompetenzen; beispielsweise zur Bewertung mit erweiterten Indikatorsystemen in der Entwicklungsphase um etwa spezifische Umweltauswirkungen wie Bodenversauerung, Humantoxizität sowie soziale Kriterien zu berücksichtigen. Im Rahmen einer Potenzialbetrachtung sollte ebenfalls der zukünftige Bedarf kritischer Rohstoffe (wie z. B. seltener Erden) berücksichtigt werden. So ist beispielsweise nicht ausgeschlossen, dass ein ressourcenoptimierter Herstellungsprozess einen vermehrten Bedarf seltener Erden zur Folge haben könnte. Der Einsatz seltener Erden stellt angesichts der absehbaren Verknappung auf dem Weltmarkt jedoch ein Risiko dar und kann der Verbreitung der Technologie entgegenstehen. Global betrachtet kann die Verknappung kritischer Rohstoffe auch zu gesellschaftlichen oder politischen Konflikten führen.

Eine Grundvoraussetzung für die Entwicklung ressourceneffizienter Lösungen ist, dass entsprechende Kompetenzen in Forschungseinrichtungen und Unternehmen

vorhanden sind. Dies ist eine Herausforderung: So erfordern innovative Technologien oftmals neues Know-how und somit auch neue Fachqualifikationen, die teilweise durch Umschulungen bzw. Weiterqualifizierungen aufgefangen werden müssen.

Aus der *externen Perspektive* eröffnet sich durch die Entwicklung ressourceneffizienter Technologien die grundlegende Chance, Umweltauswirkungen innerhalb und außerhalb der Landesgrenzen zu minimieren. Dabei ist der Effekt entsprechend stärker, wenn die entwickelte Technologie eine möglichst hohe Verbreitung findet bzw. in ressourcenintensiven Sektoren eingesetzt wird (*vgl. Kapitel 1.1*).

Durch Steigerung der Ressourceneffizienz lässt sich außerdem die Importabhängigkeit von Rohstoffen senken, was für Deutschland besonders relevant ist, da es als ressourcenarmes Land viele Rohstoffe importiert.

Hervorzuheben ist auch der positive Effekt der Entwicklung ressourceneffizienter Lösungen für die deutsche Wirtschaft. Eine Reduktion des Materialverbrauchs verspricht, wie auch in *Kapitel 1.1* beschrieben, erhebliche Kosteneinsparpotenziale. So wurde ermittelt, dass eine – angetrieben von Informations- und Beratungsprogrammen

Chancen der Entwicklung technischer Lösungen für Ressourceneffizienz <i>Welche Chancen bieten sich durch die Entwicklung ressourceneffizienter Technologien und Produkte?</i>	Risiken der Entwicklung technischer Lösungen für Ressourceneffizienz <i>Welche Risiken ergeben sich bei der Entwicklung ressourceneffizienter Technologien und Produkte?</i>
<p><b>Verbesserte Umweltwirkungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Minderungen vielfältiger Umweltauswirkungen (z. B. über Reduktion der Flächennutzungsintensität, Materialeinsparung, Wassereinsparung, Reduktion der Treibhausgasemissionen)</li> <li>• Mögliche sektorübergreifende Kosteneinsparpotenziale</li> <li>• Effizienzpotenziale in Produktionsbereichen mit hohem Ressourceneinsatz (z. B. Baubranche, Energiebereitstellung)</li> </ul> <p><b>Wirtschaftsstandort Deutschland</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung ressourceneffizienter Produkte und Ausbau dominierender Stellung bei Umwelttechnologien</li> <li>• Exporte ressourceneffizienter Technologien als Wachstumsmotor sowie Schaffung attraktiver, zukunftssicherer Arbeitsplätze</li> <li>• Verringerung der Abhängigkeit von ressourcenreichen Ländern bei Verwendung ressourceneffizienter Technologien</li> </ul> <p><b>Verantwortung für zukünftige Generationen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Generationengerechtigkeit durch Ressourcenschutz für zukünftige Generationen</li> </ul> <p><b>Politische Stärkung von Ressourceneffizienz</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Finanzielle Fördermittel auf Landes-, Bundes- und EU-Ebene</li> <li>• Politische Programme z. B. EU2020-Strategie Flagship Initiative Ressourceneffizienz</li> </ul>	<p><b>Nischendasein von Ressourceneffizienz</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verknüpfung der Einspareffekte natürlicher Ressourcen mit Verkaufserfolg / Verbreitung des Produktes</li> <li>• Steigende Entwicklungskosten und Preisorientierung der Anwender bei höheren Preisen Reboundeffekte</li> <li>• Schwierige Berücksichtigung der Reboundeffekte in der Produktentwicklung</li> <li>• Gefahr der Verlagerung des Ressourceneinsatzes in andere Bereiche</li> </ul> <p><b>Vielzahl an Bewertungsmethoden</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fehlende Etablierung von Standards zur Bewertung von Ressourceneffizienz (Vergleichbarkeit verschiedener Unternehmen, Produkte bzw. Technologien ist daher nur eingeschränkt möglich)</li> </ul> <p><b>Starre Denk- und Handlungsmuster</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Festgefahrene Denkstrukturen die den erforderlichen Wandel in Richtung Ressourceneffizienz blockieren</li> <li>• Fehlende Nachfrage von Seiten der Kunden und Lieferanten</li> </ul>

**Tabelle 3:** Chancen und Risiken der Entwicklung technischer Lösungen zur Steigerung der Ressourceneffizienz (externe Perspektive)

– verstärkte Ressourceneffizienz auf Unternehmensebene in Deutschland zu einer Steigerung des Bruttoinlandsproduktes von 14 Prozent in 2030 führen könnte (Distelkamp et al. 2010). Nach einer Szenariostudie der Aachener Stiftung Kathy Beys (2006) könnte eine lineare Absenkung der Material- und Energiekosten um 20 Prozent im Verlauf der kommenden zehn Jahre ca. 700.000 neue Stellen schaffen. Das Bruttoinlandsprodukt würde demzufolge um etwa zehn Prozent steigen und der Staatshaushalt um ca. 20 Mrd. Euro entlastet.

Global betrachtet wird durch eine Senkung des Ressourcenverbrauchs auch dem Anspruch der Ressourcennutzung zukünftiger Generationen Rechnung getragen, wodurch die Entwicklung ressourceneffizienter Lösungen verstärkt politische Relevanz erlangt. Dies wird zum Beispiel auch von der Europäischen Kommission untermauert, die Ressourceneffizienz als eines von sieben Leitthemen (Flagships) in die Strategie Europa 2020 aufgenommen hat (vgl. Kap. 1.1).

Dass die Entwicklung ressourceneffizienter Technologien ein komplexer Prozess ist, wird anhand einzelner externer Risiken deutlich: Ein großes Problem besteht in dem Umstand, dass eine Reduktion des Ressourcenverbrauchs auf Unternehmensebene noch keine Ressourceneinsparung insgesamt bedeuten muss. Derartige Rebound-Effekte wurden bei der Bewertung der identifizierten Beispiele (vgl. Kapitel 3) sehr häufig als mögliches Risiko genannt. Darüber hinaus zeigt sich an vielen Beispielen, dass Reboundeffekte ein äußerst komplexes Problem darstellen. Mögliche Faktoren, die zu Reboundeffekten führen könnten, sollten daher in der frühen Entwicklungsphase identifiziert und die Technologieentwicklung im jeweiligen Anwendungskontext dahingehend optimiert werden. Oftmals können Reboundeffekte aber nicht allein durch optimierte Technologieentwicklung vermieden werden, es bedarf auch politischer Steuermechanismen, um entsprechenden Effekten durch das Konsumverhalten entgegenzuwirken.

Ein weiteres Risiko aus ökologischer Perspektive besteht darin, dass manche ressourceneffiziente Technologien

aufgrund des spezifischen Anwendungsfeldes nur eine geringe Verbreitung finden. So dürfte eine Technologie, die nur in einem Nischensegment Absatz findet, kaum ihr Potenzial entfalten, auch wenn sich mit ihr im Vergleich zu Konkurrenzprodukten Ressourcen einsparen lassen. Bei der Förderung ressourceneffizienter Technologien und Produkte sollte dieser Umstand entsprechend berücksichtigt werden.

Gleiches gilt für technische Lösungen mit hohen Investitionskosten. Hier ergibt sich das Risiko, dass sie in einer Marktnische bleiben – auch wenn ihre Anwendungen langfristig äußerst wirtschaftlich sind. Um dem entgegenzuwirken, sind entsprechende Fördermaßnahmen und Finanzierungsmöglichkeiten erforderlich, die von der Politik angestoßen werden müssen.

## 4.2 Strategische Ansatzpunkte

Angesichts der Dringlichkeit, Ressourceneffizienz aus ökologischen Gründen umzusetzen, stellt sich die Frage, warum nicht bereits heute mehr ressourceneffiziente technische Lösungen zum Einsatz kommen. Diese Fragestellung wurde dementsprechend auch im durchgeführten Experten/-innenworkshop intensiv diskutiert und ein Versagen des Marktes als Hauptursache identifiziert: Heute spiegeln die Rohstoffpreise kaum die sozialen und ökologischen Kosten (externe Kosten) wider, die durch Förderung und Verarbeitung der Rohstoffe entstehen (z. B. für Wasserverschmutzung, Bodenerosion, Klimawandel, Gesundheitsschäden). Außerdem besteht ein Informationsdefizit zu spezifischen technischen Lösungen für Ressourceneffizienz. Für Unternehmen und Verbraucher ergeben sich daher durch effiziente Nutzung von Rohstoffen entlang der gesamten Wertschöpfungskette noch zu selten wirtschaftliche Vorteile. Wie die meisten befragten Experten/-innen bestätigen, bedarf es verbesserter Information und Kommunikation, welche Vorteile ressourceneffiziente technologische Lösungen bieten, insbesondere dann, wenn effektive finanzielle Anreize bislang noch fehlen.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse der SWOT-Analyse, dass ressourceneffiziente Technologien und Produkte ihr volles Potenzial erst entfalten, wenn die Rahmenbedingungen den Einsatz fördern und der durch die Anwendung erzielbare ökologische Nutzen die Zielsetzung ist. Dazu zählen insbesondere Förderungen und Finanzierungsmöglichkeiten, damit Hersteller und Anwender entsprechende Investitionen tätigen können. Für den Verbraucher können Anreize in Form von Labeling geschaffen werden, die ressourceneffiziente Produkte kennzeichnen. Hierfür ist es jedoch notwendig, die derzeitige öffentliche und gesellschaftliche Diskussion mit dem Fokus auf Energie und Klima um Material- und Rohstoffeffizienz zu erweitern. Dies fordern auch die Mehrheit der im Projekt befragten Experten/-innen.

### Vorhandene Potenziale erfassen

Es gibt bereits heute zahlreiche technische Lösungen, die unter den derzeitigen Rahmenbedingungen wirtschaftlich – und somit nicht von Fördermaßnahmen abhängig – sind. Dies zeigt sich auch an identifizierten Beispielen. So etwa beim Segelsystem „SkySails“ (S. 46), welches eine verhältnismäßig einfache Lösung darstellt und sich in der Praxis bewährt. Es reduziert den Treibstoffverbrauch von Frachtschiffen, wobei es eine geringe Eingriffstiefe in die bestehende Technologie erfordert.

Ein besonders hohes Potenzial haben Lösungen mit Modellcharakter, die sich auf viele verschiedene Bereiche übertragen lassen. Ein Beispiel ist der Ansatz des Chemical Leasing (S. 62). Durch ein neues Geschäftsmodell lässt sich hiermit die Ressourceneffizienz vorhandener technischer Lösungen steigern. Chemical Leasing zielt dabei auf die Produktions- und Konsumseite gleichermaßen ab und vermindert das Risiko von Rebound-Effekten.

Die Verbreitung vorhandener Lösungen sollte forciert werden. Dazu sollte Wissen zu vorhandenen Win-Win-Lösungen entsprechend verbreitet werden. Viele vorhandene technische Lösungen werden derzeit aufgrund

festgefahrener Denk- und Handlungsmuster nicht angewendet, daher ist eine verbesserte Information und Beratung zu Vorteilen solcher Lösungen sehr vielversprechend. Ein Beispiel für eine gelungene Kommunikationsstrategie ist das britische „National Industrial Symbioses Programme“ (S. 64). Es orientiert sich an der Kreislaufwirtschaft und vernetzt Unternehmen. Mit Hilfe des Programms konnten bereits zahlreiche Unternehmen ihre Produktionsprozesse optimieren und daraus ökologische und ökonomische Vorteile ziehen (vgl. S. 64). Eine ebenfalls erfolgreiche Informationsstrategie zeigt sich am Beispiel der Initiative „Kies für Generationen“ (vgl. S. 66), die auf die ressourcenintensive Baubranche abzielt. Hier wird über Möglichkeiten der wirtschaftlichen Wiederverwertung und Aufbereitung von Gebäudeabrieb informiert und das Effizienzpotenzial durch vorhandene Studien und Hochrechnungen belegt.

### Markteinführung fördern

Die befragten Experten/-innen argumentieren, dass die identifizierten Technologiefelder zwar herausragende Ressourceneffizienzpotenziale haben, aber dennoch lediglich als Werkzeuge zu betrachten sind, die bestimmter Rahmenbedingungen bedürften (vgl. Kapitel 2.2). Aussichtsreiche, ressourceneffiziente Technologien und Produkte, denen hohe Investitionen entgegenstehen, sollten über Pilotprojekte und in der Phase der Markteinführung gefördert werden. Hierbei sollten noch nicht an Innovationsprogrammen ausgerichtete Forschung und Entwicklung durch attraktive Förderbedingungen und -programme unterstützt werden.

Dabei gilt es, die Themen Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz stärker zu integrieren und über bestehende Fördermöglichkeiten intensiver aufzuklären. Wie in Kapitel 1.2 bereits aufgeführt, sind in Deutschland zahlreiche Förderprogramme etabliert (z. B. [www.fona.de](http://www.fona.de)). Auch im Hinblick auf Ressourceneffizienz bestehen zahlreiche Förderaktivitäten des Bundes, z. B. Förderprogramme für Umwelttechnologien des BMU, BMWi und BMBF, die Programme VerMat und NeMat sowie der Deutsche Materialeffizienzpreis des BMWi, die Entwicklung institutioneller Strukturen auf der Ebene der Länder wie die Effizienz Agentur NRW und Initiativen der Wirtschaft.

### Bildungs- und Kooperationsnetzwerke international entwickeln

Um die Entwicklung und Verbreitung ressourceneffizienter Technologien und Produkte zu forcieren, ist der weitere Ausbau von Bildungs- und Kooperationsnetzwerken (z. B. das Netzwerk Ressourceneffizienz des BMU, Netzwerk der Cleaner Production Centers von UNIDO) wünschenswert. Ein Netzwerk von Hochschulen, die das Paradigma der Ressourceneffizienz in Forschung und Lehre integrieren, sollte gefördert, etabliert und dann insbesondere international erweitert werden. Bisher gibt es im Bereich der Hochschulausbildung nur in wenigen Fachbereichen und Fachgebieten universitäre Angebote (z. B. Vorlesungen, Übungen, Projektarbeiten) im Bereich Ressourceneffizienz. Es wäre wünschenswert, das Thema Ressourceneffizienz in Forschung und Lehre auszubauen. Dazu sollten bestehende Verbünde wie z. B. der Zusammenschluss der führenden technischen Universitäten Deutschlands (TU9) genutzt werden. Hierbei ist eine deutliche Erweiterung des Umfangs an Angeboten empfehlenswert, die in die bestehenden Curricula zu integrieren sind. Um der breiten Integration von Ressourceneffizienz in die universitäre Forschung und Lehre einen deutlichen Schub zu geben, könnten außerdem Aktivitäten zur Etablierung einer „Virtuellen Ressourcenuniversität“ (von der Innovations- bis zur Umsetzungsforschung) angestoßen werden (Kristof / Liedtke 2010). Auf dieser Online-Plattform könnten sich im Themenbereich Ressourceneffizienz forschende Lehrstühle national und international vernetzen, um interdisziplinär Lösungsstrategien für Ressourceneffizienz zu erforschen und gemeinsam internationale Forschungsprojekte und -strategien zu entwickeln.

## Forschungsbedarf

Die Ergebnisse des REA-Projekts zeigen weiteren Forschungsbedarf im Bereich der Bewertung und Verbreitung ressourceneffizienter Technologien und Produkte auf. Generell lassen sich viele der Herausforderungen im Projektverlauf auf eine schlechte Datenlage zum Ressourcenverbrauch der technischen Lösungen, insbesondere in Bezug auf lebenszyklusweite Daten und zukünftige Entwicklungen, zurückführen. Dies erschwerte eine einheitliche Bewertung der verschiedenen identifizierten Lösungen. Als Handlungsbedarf für die Forschung ergibt sich hieraus die Entwicklung internationaler Standards, um einheitliche Verfahren zur Potenzialbewertung zu schaffen.

Weil eine Bewertung der Ressourceneffizienz in der Entwicklungsphase ganz besonders wichtig ist, um eine zielgerichtete ressourceneffiziente Technologieentwicklung zu gewährleisten und die Gefahr von Rebound-Effekten zu minimieren, müssen hier qualitative Kriterien miteinbezogen werden. Grund hierfür ist, dass sich quantitative, lebenszyklusweite Daten zu diesem Zeitpunkt noch nicht

erfassen lassen. Außerdem sollte für die Minimierung negativer Rebound-Effekte berücksichtigt werden, dass in der Technologie und Produktentwicklung Ressourceneffizienz nur ein – wenn auch sehr wichtiges – Kriterium von verschiedenen Aspekten im Rahmen einer Nachhaltigkeitsbewertung ist.

Des Weiteren sollte ausgehend von den Ergebnissen und der angewendeten Methodik die vorliegende Beispielsammlung ergänzt sowie das überwiegend auf Industrieländer beschränkte Suchfeld vergrößert werden. Ziel könnte eine Erweiterung des Ressourceneffizienzatlas sein, die speziell auf Low-Tech-Anwendungen in bzw. von Entwicklungs- und Schwellenländern ausgerichtet ist. Um eine bestmögliche Reichweite für die gesammelten Beispiele zu erreichen, sollte die Projektwebsite mit bestehenden Beispiel-Datenbanken (z. B. PIUS Informationsportal der Effizienz-Agentur NRW, Cleaner Production Portal des Umweltbundesamtes) verknüpft werden.

## 5 Literatur

- Aachener Stiftung Kathy Beys (Hrsg.) (2006):** Ressourcenproduktivität als Chance – ein langfristiges Konjunkturprogramm für Deutschland. Books on Demand GmbH, Norderstedt.
- Acosta-Fernández, José (2007):** Identifikation prioritärer Handlungsfelder für die Erhöhung der gesamtwirtschaftlichen Ressourcenproduktivität in Deutschland. Bericht aus dem BMBF-Projekt „Steigerung der Ressourcenproduktivität als Kernstrategie einer nachhaltigen Entwicklung“. Wuppertal Institut, Wuppertal.
- Acosta-Fernández, José (2011). In: Watson, Acosta-Fernández and Wittmer (in Bearbeitung):** Environmental Pressures from Consumption and Production in selected European countries: A study in integrated environmental and economic analysis – updated in 2010 with latest available data. Wuppertal Institut.
- Archer, Christina L. / Caldeira, Ken (2009):** Global Assessment of High-Altitude Wind Power, *Energies* 2, no. 2. [www.mdpi.com/1996-1073/2/2/307/pdf](http://www.mdpi.com/1996-1073/2/2/307/pdf), Download am 20.12.2010.
- Baron, Ralf / Alberti, Klaus / Gerber, Jochen / Jochem, Eberhard et al. (2005):** Studie zur Konzeption eines Programms für die Steigerung der Materialeffizienz in mittelständischen Unternehmen. Arthur D. Little / Wuppertal Institut / Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung.
- BMBF (Hrsg.) (2001):** Innovations- und Technikanalyse. Zukunftschancen erkennen und realisieren. Bundesministerium für Bildung und Forschung, Bonn.
- BMU (Hrsg.) (2007):** Umweltpolitische Innovations- und Wachstumsmärkte aus Sicht der Unternehmen, Forschungsprojekt durchgeführt von Roland Berger Strategy Consultants, Dessau.
- Brendel, Thomas (2003):** Solare Meerwasserentsalzungsanlagen mit mehrstufiger Verdunstung: Betriebsversuche, dynamische Simulation und Optimierung. Dissertation. Ruhr-Universität Bochum, Bochum. <http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?idn=970761201>, Download am 12.12.2010.
- Bringezu, Stefan (2004):** Erdlandung. Navigation zu den Ressourcen der Zukunft; Hirzel, Stuttgart.
- Bringezu, Stefan / Schütz, Helmut (2001):** Material use indicators for the European Union, 1980-1997, Eurostat Working Paper 2/2001/B/2; Eurostat, Luxemburg.
- Bullinger, Hans-Jörg (Hrsg.) (2006):** Fokus Innovation: Kräfte bündeln, Prozesse beschleunigen. Hanser, München, Wien.
- Destatis (2010):** Statistisches Jahrbuch 2010. Für die Bundesrepublik Deutschland mit „Internationalen Übersichten“. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- Deutscher Bundestag (2011):** Enquete-Kommission Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität. Website des Deutschen Bundestages. <http://www.bundestag.de/bundestag/ausschuesse17/gremien/enquete/wachstum/index.jsp>, Download am 25.03.2011.
- Distelkamp, Martin / Meyer, Bernd / Meyer, Mark (2010):** Quantitative und qualitative Analyse der ökonomischen Effekte einer forcierten Ressourceneffizienzstrategie. Ressourceneffizienzpaper 5.3. Wuppertal Institut, Wuppertal.
- Europäische Kommission (Hrsg.) (2008):** Breathing LIFE into greener businesses: Demonstrating innovative approaches to improving the environmental performance of European businesses. <http://ec.europa.eu/environment/life/publications/lifepublications/lifefocus/documents/greening.pdf>, Download am 25.03.2011.
- Europäische Kommission (2011):** Mitteilung der Kommission an das europäische Parlament, den Rat, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Ressourcenschonendes Europa – eine Leitinitiative innerhalb der Strategie Europa 2020. <http://ec.europa.eu/resource-efficient-europe/pdf/>

resource-efficient\_europe\_de.pdf, Download am 13.03.2011.

**Geibler, Justus, von / Rohn, Holger (2009):** Nachhaltigkeitsbewertung neuer Technologien als Fundament der Erschließung von nachhaltigen Zukunftsmärkten. In: Deutsches CleanTech Jahrbuch 2009 (Hrsg.): Beiträge aus Wirtschaft, Wissenschaft und Praxis; eine Bestandsaufnahme, 30-39. Handelsblatt, Düsseldorf.

**Gesellschaft für umfassende Analysen (2004):** Reparieren im Dienste der Nachhaltigkeit: Kosten-Nutzen-Analyse und Untersuchung der Auswirkung auf Ressourcenverbrauch, Energiebedarf und Beschäftigung an Hand von drei Fallbeispielen Endbericht. [www.umwelt.net.at/filemanager/download/10865/](http://www.umwelt.net.at/filemanager/download/10865/), Download am 18.01.2011.

**GSM Association - UCS Project Team (2009):** Universal Charging Solution Explained. [www.gsmworld.com/documents/Universal\\_Charging\\_Solution\\_Explained\\_v1.4.pdf](http://www.gsmworld.com/documents/Universal_Charging_Solution_Explained_v1.4.pdf), Download am 12.03.2011.

**GSM Association (2010):** Universal Charging Solution. Whitepaper Consumer Awareness Initiatives 1.0. [www.gsmworld.com/documents/ucs\\_white\\_paper\\_v1\\_0.doc](http://www.gsmworld.com/documents/ucs_white_paper_v1_0.doc), Download am 11.03.2011.

**Hennicke, Peter (2006):** Präsentation auf der Tagung des Bundesumweltministeriums und der IG Metall „Ressourceneffizienz – Innovation für

Umwelt und Arbeit“ am 31. August 2006 in Berlin. Wuppertal Institut, Wuppertal.

**Japan Eco-efficiency Forum (2009):** Guidelines for Standardization of Electronics Product Eco-Efficiency Indicators. WG for Standardization of 'Factor-X'. [www.jemai.or.jp/JEMAI\\_DYNAMIC/data/current/detailobj-4942-attachment.pdf](http://www.jemai.or.jp/JEMAI_DYNAMIC/data/current/detailobj-4942-attachment.pdf), Download am 14.02.2011.

**Jenkins, Jesse / Nordhaus, Ted / Shellenberger, Michael (2011):** Energy Emergence Rebound & Backfire as Emergent Phenomena. Breakthrough Institute, Oakland.

**Kotakorpi, Elli / Lähteenoja, Satu / Lettenmeier, Michael (2008):** Household MIPS. Natural resource consumption of Finnish households and its reduction. The Finnish Environment 43en | 200; Ministry of the Environment, Helsinki [www.environment.fi/publications](http://www.environment.fi/publications), Download am 20.02.2011.

**Kristof, Kora / Liedke, Christa (2010):** Kommunikation der Ressourceneffizienz: Erfolgsfaktoren und Ansätze. Ressourceneffizienz Paper 15.5. Wuppertal Institut, Wuppertal.

**Liedtke, Christa / Busch, Timo (Hrsg.) (2005):** Materialeffizienz; oekom, München.

**Mäenpää, Ilmo (2005):** Kansantalousainevirtatilinpito, Laskentamenetelmät ja käsittely. Suomen

ainetaseet 1999. (National material flow accounting. Methods and terms. Material balances of Finland 1999. In Finnish.) Statistics Finland and Thule Institute, Helsinki.

**Matthews, Emily / Amann, Christof / Bringezu, Stefan et al. (2000):** The Weight of Nations – Material Outflows of Industrial Economies. World Resources Institute, Washington.

**Meyer, Franz (2004):** Energieeffizienz mit Hightech-Stählen. BINE Informationsdienst Projektinfo 13/04“, <http://www.bine.info> (Stichwort: Hightech-Stähle), Download am 04.01.2011.

**Moore Research Centre Inc. (2011):** Reuters CRB Commodity Index. <http://www.mrci.com/web/free-commodity-charts/reuters-crb-index.html>, Download am 25.3.2011.

**Neitsch, M. / Spitzbart, M. / Hammerl, B. / Schleich, B. (2010):** Umsetzungskonzept zur Implementierung des Gebotes der „Wiederverwendung“ gemäß ARL2008 in Österreich. Verein RepaNet – Reparaturnetzwerk Österreich, Wien [www.arge.at/file/001254.pdf](http://www.arge.at/file/001254.pdf), Download am 15.02.2011.

**Nokia (2009):** Nokia sustainability report 2009. [http://nds1.nokia.com/NOKIA\\_COM\\_1/Corporate\\_Responsibility/Sustainability\\_report\\_2009/pdf/sustainability\\_report\\_2009.pdf](http://nds1.nokia.com/NOKIA_COM_1/Corporate_Responsibility/Sustainability_report_2009/pdf/sustainability_report_2009.pdf), Download am 04.03.2011.

**OECD (2009):** Eco-Innovation in Industry – Enabling green Growth. OECD Innovation Strategy. OECD Publishing, Paris.

**OECD (2011):** Better Policies to Support Eco-innovation. Studies on Environmental Innovation. OECD Publishing, Paris.

**Reiche, Katharina (2011):** Abfallwirtschaft in Deutschland und ihr Beitrag zu mehr Ressourcen- und Klimaschutz. Beitrag auf der ALBA-Veranstaltung „Recycling für den Klimaschutz - nichts wert ohne Mehrwert“. Berlin. [http://www.bmu.de/reden/parl\\_staatssekretaerin\\_katherina\\_reiche/doc/47009.php](http://www.bmu.de/reden/parl_staatssekretaerin_katherina_reiche/doc/47009.php), Download am 08.02.2011.

**Ritthoff, Michael / Liedtke, Christa / Kaiser, Claudia (2007):** Technologien zur Ressourceneffizienzsteigerung: Hot Spots und Ansatzpunkte, Bericht aus dem BMBF-Projekt „Steigerung der Ressourcenproduktivität als Kernstrategie einer nachhaltigen Entwicklung“; Wuppertal Institut, Wuppertal.

**Rohn, Holger / Pastewski, Nico / Lettenmeier, Michael (2010):** Ressourceneffizienz von ausgewählten Technologien, Produkten und Strategien – Ergebniszusammenfassung der Potenzialanalysen. Ressourceneffizienz Paper 1.4. Wuppertal Institut, Wuppertal.

**Rohn, Holger / Pastewski, Nico / Lettenmeier, Michael / Lang-Koetz, Claus (2009):** Ressourceneffizienzpotenzi-

ale durch Technologien, Produkten und Strategien – Ergebnisse eines kooperativen Auswahlprozesses, Ressourceneffizienz Paper 1.2. Wuppertal Institut, Wuppertal.

**Sanyo Electric Co. (2009):** Guidelines for Standardization of Electronics Product Eco-Efficiency Indicators Ver.2.1. [www.jemai.or.jp/JEMAI\\_DYNAMIC/data/current/detailobj-4942-attachment.pdf](http://www.jemai.or.jp/JEMAI_DYNAMIC/data/current/detailobj-4942-attachment.pdf), Download am 25.03.2011.

**Schettkatt, Ronald (2009):** Analyzing rebound effects. Wuppertal Papers 177. Wuppertal Institut, Wuppertal.

**Schmidt-Bleek, Friedrich (2007):** Nutzen wir die Erde richtig? Die Leistungen der Natur und die Arbeit des Menschen. Fischer Verlag, Frankfurt a.M.

**Somsen, Dirk / de Waele, Erwin (2007):** Selective withdrawal of reducing sugars during blanching, United States Patent Application Publication, Pub. No. US 2007/0275153 A1, [www.freepatentsonline.com/20070275153.pdf](http://www.freepatentsonline.com/20070275153.pdf), Download am 15.01.2011.

**Sustainable Europe Research Institute (2011):** Global resource use. [http://www.materialflows.net/images/stories/global\\_resource\\_use.zip](http://www.materialflows.net/images/stories/global_resource_use.zip) Download am 25.3.2011.

**TEC21 (2010):** Recycling-Beton. Erschienen in TEC21- Fachzeitschrift für Architektur, Ingenieurwesen und Umwelt, Ausgabe 24/2010.

**Toshiba Group (2009):** Advancing Together with Factor T, Toshiba's Pursuit of Eco-efficiency. [www.toshiba.co.jp/env/en/report/pdf/factor\\_t\\_2009\\_en.pdf](http://www.toshiba.co.jp/env/en/report/pdf/factor_t_2009_en.pdf), Download am 25.01.2011.

**Umweltbundesamt (Hrsg.) (2010):** Export von Elektrogeräten. Fakten und Maßnahmen. [www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/4000.pdf](http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/4000.pdf), Download am 28.02.2011.

**United Nations (2009):** World Population Prospects: The 2008 Revision. Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat. <http://esa.un.org/unpp>, Download am 12.03.2011.

**UNEP (2011):** Towards a green economy. Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication. United Nations Environment Programme, Nairobi.

**Van der Voet, Ester / van Oers, Laurant / Moll, Stephan / Schutz, Helmut et al. (2005):** Policy review on decoupling of economic development and environmental pressure in the EU-25 and AC-3 countries. CML report 166. CML, Leiden.

**WHO / UNICEF (2010):** Progress on Sanitation and Drinking-water: 2010 Update. WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation. [http://www.unicef.de/fileadmin/content\\_media/projekte/Themen/Wasser/AR\\_049\\_JMP\\_report\\_2010.pdf](http://www.unicef.de/fileadmin/content_media/projekte/Themen/Wasser/AR_049_JMP_report_2010.pdf), Download am 12.03.2011.

## 6 Anhang

### Übersicht der im Projekt interviewten Experten/-innen

Nr.	Name	Organisation	Land
1	Dr. Kunihiro Kitano	AIST Hokkaido	Japan
2	Dr. Jeffrey Morris	U.S. Environmental Protection Agency	USA
3	Prof. Martin Charter	Centre for Sustainable Design, UK	UK
4	Dr. Heinz Leuenberger	UNIDO	Österreich
5	Dr. Robert Wimmer	Center for Appropriate Technology, Vienna University	Österreich
6	Henrik Österlund	Motiva Ltd., Finland	Finnland
7	Dr. Renzo Tomellini	European Commission, DG Research	Belgien
8	Dr. Willy Bierter	Product-Life Institute	Schweiz
9	Patrick van Hove	DG Research Energy conversion and distribution systems	Belgien
10	Dr. Andreas Kleinschmit von Lengefeld	Forest Technology Platform (FTP)	Belgien
11	Prof. Dr. Kornelis Blok	Universität Copernicus Institute	Niederlande
12	Prof. Jacqueline McGlade	European Environment Agency (EEA)	Dänemark
13	Dr. Olga Sergienko	St. Petersburg State University of Refrigeration and Food Technology	Russland
14	Tomoo Machiba	OECD, Directorate for Science, Technology and Industry (DSTI)	Frankreich
15	Prof. Dr. Holger Wallbaum	ETH Zürich	Schweiz
16	Dipl.-Ing. Christopher Manstein	Faktor 10 Institut Austria	Österreich
17	Germán Giner Santonja	Clean Technologies Center. Environment, Water, Town Planning and Housing Department of Valencian Government	Spanien

## Herausgeber im Kurzprofil

### Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH

Döppersberg 19, 42103 Wuppertal  
www.wupperinst.org



**Wuppertal Institut**  
für Klima, Umwelt, Energie  
GmbH

Das Wuppertal Institut erforscht und entwickelt Leitbilder, Strategien und Instrumente für Übergänge zu einer nachhaltigen Entwicklung auf regionaler, nationaler und internationaler Ebene. Im Zentrum stehen Ressourcen-, Klima- und Energieherausforderungen in ihren Wechselwirkungen mit Wirtschaft und Gesellschaft. Die Analyse und Induzierung von Innovationen zur Entkopplung von Naturverbrauch und Wohlstandsentwicklung bilden einen Schwerpunkt seiner Forschung.

Die Forschungsgruppe „Nachhaltiges Produzieren und Konsumieren“ erforscht Muster und Pfade industriegesellschaftlicher Stoffumsätze in Wertschöpfungsketten und ihre Wechselwirkungen mit Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft. Es werden Strategien, Konzepte und Instrumente analysiert und entwickelt, um Veränderungsprozesse (Transitionen) in Richtung ressourceneffizienterer und nachhaltigerer Wertschöpfungsketten anzustoßen..

### Trifolium – Beratungsgesellschaft mbH

Alte Bahnhofstraße 13, 61169 Friedberg  
www.nachhaltigkeit.de



Die Trifolium – Beratungsgesellschaft mbH (Gründung 1996) begleitet und unterstützt Unternehmen und Organisationen auf dem Weg zu einer nachhaltigen, zukunftsfähigen Wirtschaftsweise. Dazu werden individuelle Projekte sowie Beratungs- und Qualifizierungskonzepte entwickelt und realisiert. Das interdisziplinäre Team von Trifolium verfügt über umfassende Expertise in Projektsteuerung und -management im nationalen wie internationalen Kontext. Die praxisorientierten Beratungsleistungen und

Instrumente entstehen aus der Umsetzung fundierter wissenschaftlicher Erkenntnisse. Trifolium ist langjähriger Kooperationspartner des Wuppertal Instituts, Partner im PIUS-Internet-Portal und leitet das Regionalbüro des Unternehmerverbandes future e.V. für Hessen/Thüringen. Umfangreiche Erfahrung bestehen mit Netzwerkprojekten und der Leitung und Bearbeitung von transnationalen Projekten in Europa.

### **Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO**

Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart

[www.innovation.iao.fraunhofer.de](http://www.innovation.iao.fraunhofer.de)



Das Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO beschäftigt sich mit aktuellen Fragestellungen rund um den arbeitenden Menschen. Insbesondere unterstützt das Institut Unternehmen dabei, die Potenziale innovativer Organisationsformen sowie zukunftsweisen-der Informations- und Kommunikationstechnologien zu

erkennen, individuell auf ihre Belange anzupassen und konsequent einzusetzen. Die Bündelung von Management- und Technologiekompetenz gewährleistet, dass wirtschaftlicher Erfolg, Mitarbeiterinteressen und gesellschaftliche Auswirkungen immer gleichwertig berücksichtigt werden.

### **Universität Stuttgart – Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT**

Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart

[www.iat.uni-stuttgart.de](http://www.iat.uni-stuttgart.de)



#### **Universität Stuttgart**

Institut für Arbeitswissenschaft und  
Technologiemanagement IAT

Das Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT) der Universität Stuttgart beschäftigt sich mit der integrierten Planung, Gestaltung und Optimierung innovativer Produkte, Prozesse und Strukturen. Unter Berücksichtigung von Mensch, Organisation, Technik und Umwelt erforscht und erprobt das Institut neue Konzepte des Technologiemanagements, der Arbeitsorganisation

und -gestaltung. Die Arbeitswissenschaft mit ihrer Systematik der Analyse, Ordnung und Gestaltung der technischen, organisatorischen und sozialen Bedingungen von Arbeitsprozessen sowie ihren humanen und wirtschaftlichen Zielen ist dabei zentral in die Aufgabe des Technologiemanagements eingebunden.



Ressourceneffizienzatlas  
Resource Efficiency Atlas

ISBN: 978-3-929944-83-9

[www.ressourceneffizienzatlas.de](http://www.ressourceneffizienzatlas.de)