

Rezension

Mehr Wissen – weniger Ressourcen

Potentiale für eine ressourceneffiziente Wirtschaft

Inhalt

Problembeschreibung und Zielvorstellung	1
Lösungsansätze nach Bedürfnisfeldern	2
Nachhaltige Mobilität	2
Nachhaltig Bauen und Wohnen	3
Nachhaltige Ernährung und Landwirtschaft	3
Information und Kommunikation	4
Schluss - kritische Würdigung - Empfehlungen	5

Studie:
Ploetz/Reuscher/Zweck
VDI-ZTC, 2009
(Kompletter Titel und Bestellung s. S. 6)

Rezension:
Sebastian Schmidt,
VDI-ZRE, 2010

Problembeschreibung und Zielvorstellung

Der anthropogene **Klimawandel** findet statt. Nach Nicolas Stern kommen in der Zukunft Kosten von bis zu 20% des globalen Sozialprodukts für Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel und weitere **Folgekosten¹** auf die Weltwirtschaft zu. Um dies zu verhindern und den Anstieg der globalen Temperatur auf 2 C° über dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen, müssten aktuell jährlich etwa 1% des Welt-BSP aufgewendet werden. Untersuchungen von McKinsey, Münchener Rück und weiteren angesehenen Instituten ergeben Ähnliches.

Ein eng mit dem Klimawandel verbundenes Problem, ist die **zunehmende Verknappung von Rohstoffvorkommen bei steigender Nachfrage**. Als Ursache werden in der Studie eine wachsende Weltbevölkerung sowie eine allgemeine Steigerung des Wohlstands durch Wirtschaftswachstum identifiziert. Fossile Energieträger und Ressourcen (biotisch/abiotisch) sowie Wasser, Boden und die Atmosphäre werden dadurch immer stärker in Anspruch genommen.

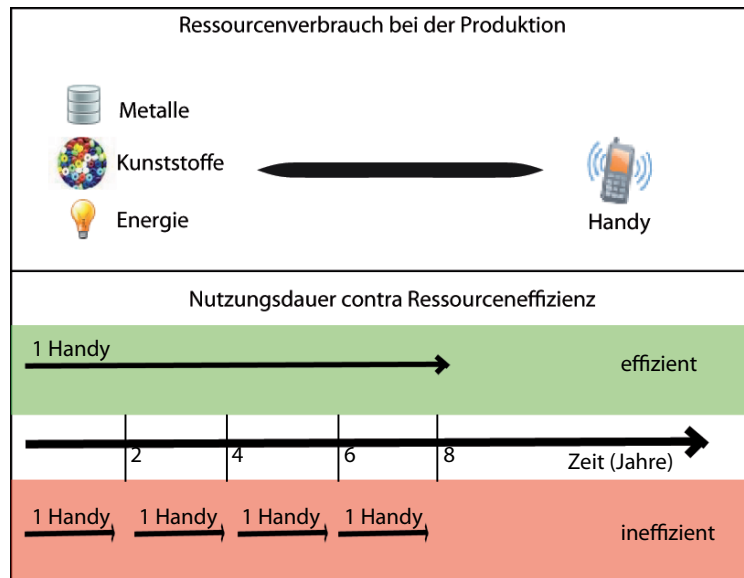
Ein **Ökosystem** ist ein systemisches Modell, das eine abgeschlossene Einheit der Biosphäre beschreibt. Es beinhaltet die Gesamtheit aller Lebewesen in einem Lebensraum

und den anorganischen Lebensraum selbst, der sich in Litho-, Pedo-, Hydro- und Atmosphäre unterteilt. Spricht man von **dem** Ökosystem, bezeichnet es alle auf der Erde vorfindbaren Ökosubsysteme. Eine allgemeingültige Definition für die Systemgrenzen von Ökosystemen gibt es nicht. Sie orientieren sich meist an einem charakteristischen Übergangsbereich wie Waldrändern, Seeufnern und Meeresküsten. Zum System gehören auch die Wechselbeziehungen zwischen den Elementen des Systems.

Die anthropogene Nutzung von Ökosubsystemen, sei es durch die Entnahme von Rohstoffen oder durch die Einbringung von Stoffen (Immission), bedroht zunehmend deren Regenerations- und Funktionsfähigkeit und damit die Voraussetzungen für die Erzeugung von Wohlstand.

Die Weltbevölkerung wächst jedoch und außerdem nutzen viele Menschen die Natur immer intensiver. Deshalb ist das **Ziel, eine nachhaltige Nutzung der Ökosysteme zu erreichen und zu verstetigen** nur dann zu erreichen, wenn die natürlichen Ressourcen effizienter genutzt werden.

¹ Migrationsströme und kriegerische Auseinandersetzungen als Folgen von wiederkehrenden Dürren und Überschwemmungen sowie die dauerhafte Degradierung von Ackerland.



Aufgrund der bereits jetzt weit vorangeschrittenen Zerstörung von Ökosystemen, einer wachsenden Weltbevölkerung und einer erwarteten durchschnittlichen pro-Kopf Wohlstandsteigerung, sind die Erfordernisse sehr anspruchsvoll. **Das bedeutet, dass die Effizienz bei der Nutzung von Ökosystemen um ein Vielfaches verbessert werden muss – Prozentwerte sind bei Weitem nicht genug.** Nach der Studie muss von 2010 bis 2050 alle zehn Jahre eine Verdopplung der CO₂-Effizienz erreicht werden, um das 2°C-Ziel zu erreichen. Das CO₂-Minderungspotential sei dabei nach einer Untersuchung von McKinsey in Entwicklungsländern mehr als doppelt so hoch, wie in

den Industriestaaten. Eigentlich sind es jedoch die Industriestaaten, die ihre Emissionsbudgets (Rechte an einem pro-Kopf-Anteil der Atmosphäre)² schon weitgehend ausgeschöpft haben und auch heute noch die höchsten Emissionen haben. Die Industriestaaten könnten also den Entwicklungsländern – ggf. im Austausch gegen Emissionsrechte – Technologien zur Verfügung stellen, damit deren Wachstum nicht mit so schädlichen Auswirkungen einher geht wie unseres. Potentiale im Bereich Ressourcenschonung bzw. Ressourceneffizienz (RE) werden in der Studie mangels Datenverfügbarkeit nicht vergleichend dargestellt.

Lösungsansätze nach Bedürfnisfeldern

Die Steigerung der Ressourceneffizienz (RE) verfolgt zwei Ziele: zum einen die Verringerung des Ressourceneinsatzes (Input) pro erzeugter Nutzungseinheit und zum anderen die Verringerung stofflicher Emissionen (Output) pro erzeugter Nutzungseinheit. Die Studie identifiziert eine Reihe von Ansätzen, um dieses Ziel zu erreichen. Diese sind im Einzelnen: Produktgestaltung, Effiziente Prozesse, Substitution, Recycling, Kaskadennutzung, Koppelnutzung, effiziente Produktnutzung sowie das Konzept „Nutzen statt Besitzen.“ Sie werden im Folgenden anhand von Beispielen erläutert.

Nachhaltige Mobilität

Für alle Fahr- und Flugzeugkategorien spielt das **Produktdesign** eine entscheidende Rolle. So ist dabei nicht nur von Interesse, wie viele Rohstoffe und Emissionen bei der Produktion eines Fahrzeugs anfallen. Die Produktgestaltung beeinflusst die Ressourceneffizienz auf allen Stufen der Wertschöpfungskette über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg (d.h. von der Rohstoffgewinnung bis hin zur Entsorgung bzw. zum Recycling des Produkts). So wird z. B. die Menge von Rohstoffen und Emissionen, welche beim Betrieb von Fahrzeugen anfällt

² Bundeskanzlerin Angela Merkel unterstützt das Konzept der Klimagerechtigkeit (Rechte an einem pro-Kopf-Anteil der Atmosphäre), auch wenn sie der Realisierung dieser Gerechtigkeit einen Zeithorizont zumisst, der auf dem internationalen Parkett nicht akzeptiert wird. Vgl: <http://www.zeit.de/2008/42/U-Klimagerechtigkeit?page=all>

bzw. verbraucht wird, wird signifikant durch das Produktdesign beeinflusst. Im Bereich Mobilität werden Elektro-, Hybridfahrzeuge, und der Leichtbau als Ansatz für Ökodesign genannt. Ein weiterer wichtiger Einflussfaktor ist die **effiziente Produktnutzung**. So könne zum Beispiel mit einem Sprit sparenden Fahrstil der Verbrauch eines Fahrzeugs um bis zu 30% gesenkt werden. Ein weiterer Aspekt, der im Bereich Mobilität eine entscheidende Rolle spielt, ist das **Konzept „Nutzen statt Besitzen“**. So könnten sich zum Beispiel Automobilhersteller in Zukunft als Anbieter von Mobilitätsdienstleistungen verstehen. Der Anreiz würde dann nicht darin bestehen, möglichst viele und möglichst große Fahrzeuge zu verkaufen, sondern den Nutzern eine bedarfsgerechte und komfortable Fortbewegung anbieten zu können.

Nachhaltig Bauen und Wohnen

Der Gebäudebereich bietet ebenfalls ein anschauliches Beispiel für die zentrale Rolle des **Produktdesigns**. Dort werden 80% des späteren Energieverbrauchs durch die Planung festgelegt. Nur noch 20% des Verbrauchs können die Nutzer durch ihr Verhalten beeinflussen. Auch beim Stoffverbrauch sind Einsparmöglichkeiten durch Produktdesign (u. a. Herstellung von Baustoffen) gegeben, die aber in der Studie nicht quantifiziert wurden. Ein weiterer vielversprechender Ansatz bei der „Produktgestaltung“ ist die Konzipierung von energieautarken, beinahe abfallfreien Nullemissionsstädten wie z.B. Masdar City / Abu Dhabi. Der nächste Ansatzpunkt ist die Sanierung des Bestands, d.h. die **Substitution** suboptimaler Bau- und Dämmstoffe mit Besseren: Insgesamt hat der Gebäudebereich einen Anteil von rund 40% am gesamten Endenergieverbrauch in Deutschland. Bis 2020 könnten in Deutschland durch die energetische Gebäudesanierung 50 Mrd. Euro an Heizkosten eingespart werden. Nach McKinsey ergibt sich ein Gesamtpotenzial von 63 Mt CO₂e, von denen etwa 90% als wirtschaftlich eingestuft werden. Das **Recycling** von Baustoffen bzw. die Nutzung von Recyclingprodukten im Bausektor ist ebenfalls ein wichtiger Ansatzpunkt.

Ein Beispiel für die **Koppelnutzung** bietet die Verwendung von Lignin, das bei der Papierherstellung anfällt, als Ausgangsstoff für

Ökodesign – Erneuerbar vs. Fossil

Brennstoffzellen- und Elektroantrieb bieten Vorteile, da beim Fahren keine schädlichen Emissionen anfallen. Bei CO₂-freier Wasserstoff- bzw. Stromerzeugung verbessert sich die Bilanz noch einmal beträchtlich. Für Strom aus erneuerbaren Quellen beträgt die Gesamtemissionsbilanz nur etwa 10 g CO₂ pro gefahrenen Kilometer - zum Vergleich: Die Emissionen erdölbasierter Fahrzeuge einschließlich der Vorkette der Energieproduktion liegen heute bei knapp 200 g CO₂. Weitere interessante Ansatzpunkte sind die Energie- und Ressourceneffizienzpotentiale bei der Herstellung der Fahrzeuge und ihrer Entsorgung bzw. dem Recycling.

den neuen Holzwerkstoff Arboform. Ein weiteres Beispiel für die Bedeutung des Bausektors bietet ein intelligentes Produktdesign zur **Kaskadennutzung** von Wasser. So kann Dusch- und Spülabwasser durch intelligente energieeffiziente Leitungssysteme für die Klospülung zwischengelagert werden, bevor es endgültig zu Abwasser wird.

Nachhaltige Ernährung und Landwirtschaft

Da die Landwirtschaft aktuell und auch in Zukunft der größte Wasserverbraucher ist, ist sie ein „natürliches Ziel“ für Effizienzsteigerungen. Für den Bereich **Produktdesign** wird ein beeindruckendes Beispiel angeführt: Ein chinesischer Forscher hat durch die Entdeckung und geschickte Steuerung eines Pflanzenstress-Hormons erreicht, dass in Nordwest-China der Bedarf an Wasser für die Bewässerung von Reisfeldern halbiert werden konnte, während gleichzeitig die Erträge stiegen.³ In der Bewässerung liegen insbesondere für Entwicklungsländer weitere große Potenziale: Während Verfahren wie die Mikro- oder Tröpfchenbewässerung Effizienzen von über 90% erreichen, kann durch die hohe Verdunstung bei Beregnungsverfahren nur eine Effizienz von 65% erzielt werden. Dies ist ein Beispiel für **effiziente Prozesse**. Die optimale Nutzung und Speicherung von Regenwas-

³ Über die gesellschaftliche Kontroverse und die Chancen und Risiken der Bio- und Gentechnologie in verschiedenen Bereichen siehe umfangreiche, empirisch unterlegte Erörterungen der DFG: http://www.dfg.de/dfg_profil/gremien/senat/grundsatzfragen_genforschung/index.html

Information und Kommunikation

ser kann in vielen Fällen ebenfalls hilfreich sein und fällt in den Bereich **Recycling**.

Ein Beispiel für die **Substitution** findet man auch hier in der Wertschöpfungskette der Papierherstellung: Auf der Stufe der Rohstoffgewinnung kann eine Ertragssteigerung des Zellstoffs pro Hektar um den Faktor 5,0 erreicht werden, indem Holz aus natürlich gewachsenem Wald durch Holz aus Weichholzplantagen substituiert wird. Einer der größten Hebel zur Reduktion der Ressourcenintensität der Landwirtschaft besteht außerdem in der Reduktion bzw. Substitution des Fleischverzehrs. Egal welche Ressource man betrachtet – Wasser, Flächenbedarf oder Emission von Treibhausgasen – die Produktion von Fleisch benötigt die meisten Ressourcen. Rindfleisch schneidet dabei (aufgrund der Methanemissionen) deutlich schlechter ab als andere Sorten. Die Energie-, Material- und Ressourceneffizienz im Fischereisektor wäre ein sehr interessantes Forschungsfeld, siehe z. B. Aquakulturen.

Kühlwasser und Shrimps

Ein innovatives Beispiel für die **Kaskadennutzung** von Wasser ist die Aufzucht von Shrimps mithilfe der Abwärme von Industrieanlagen.

Durch eine Untersuchung, die sich über 10 Jahre von 1994–2004 erstreckt hat, konnte festgestellt werden, dass mit der Aussaat von bis zu 16 verschiedenen Grassorten auf landwirtschaftlicher Brachfläche nach 10 Jahren bis zu 238% mehr Bioenergie gewonnen werden kann, als mit Monokulturen. Um die Effizienz der natürlichen Ökosysteme über reine Ertragssteigerungen hinaus als Kohlenstoffsенke sowie als biologische Stabilisatoren zu erhalten und wiederzugewinnen werden in der Studie verschiedene Lösungen angeboten: Der Erhalt von Feuchtgebieten und Wäldern, die Wiedervernässung von Mooren, die pfluglose oder Minimalbodenbearbeitung und der ökologische Landbau sind nur ein Teil davon. Die Mehrzahl dieser Ansätze lässt sich ebenfalls unter **effiziente Prozesse** subsumieren.

Ein großes Potenzial bietet in vielen Branchen die Anwendung von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) zur Steigerung der Ressourceneffizienz (**effiziente Prozesse**). Vielversprechende Anwendungsbereiche sind die effizientere Steuerung von Prozessen in der Logistik, bei Verkehrssystemen, bei der Stromerzeugung und -verteilung sowie beim Gebäudemangement. Weitere Potenziale bestehen im Bereich der Dematerialisierung, also z. B. bei der Substitution von Papier durch elektronische Rechnungen oder einer Ausweitung von Telearbeit und Videokonferenzen. Natürlich muss man Kosten und Nutzen der **Substitution** einzelfallspezifisch abwägen.

Die Bemühungen nicht nur Transistoren effizienter auf Computerchips zu packen, sondern auch die Energie-, Material- und Nutzungseffizienz ihrer Systeme zu verbessern treibt die IKT-Industrie unter dem Label „Green IT“ voran. Dies lässt sich unter **Ökodesign** verbuchen.

Effiziente Prozesse – Logistik

IKT können bei der Abwicklung von Gleisanschlussverkehren und ihrer Integration in moderne Logistikketten helfen. Immer öfter sind regionale Eisenbahnunternehmen an komplexen Logistikketten beteiligt. Dabei stellt der Informationsaustausch zwischen den beteiligten Akteuren eine besondere Herausforderung dar. Darüber hinaus machen aufwändige Betriebsverfahren den Gleisanschlussverkehr häufig unwirtschaftlich. Vgl.: <http://www.iml.fhg.de/1645.html>

Ein Beispiel für neue Ideen auf der Suche nach mehr Effizienz in Rechenzentren ist die **Koppelnutzung** der Abwärme, die bei der Kühlung der Server anfällt. Bis zu 50 % des Energieverbrauchs in Rechenzentren wird für die Kühlung aufgewendet. Wissenschaftler des IBM Forschungslabors in Zürich wollen nun mit der Abwärme, die durch die Kühlung der Server entsteht, Gebäude oder Schwimmbäder beheizen oder Fernwärmenetze beliefern. Dazu setzen die Forscher auf ein neuartiges Wasserkühlsystem, das einem Blutkreislauf ähnelt und das

Wasser mittels Mikrotechnologie-Kühlern in fein verästelten Adern direkt auf den Chip führt und von dort wieder abtransportiert.

Schluss - kritische Würdigung - Empfehlungen

Die Studie kommt zu dem Schluss, dass Anreize für Steigerung der RE umso stärker sind, je höher Rohstoff- und Ressourcenpreise sind. In allen untersuchten Bedürfnis- bzw. Handlungsbereichen liegen große Potentiale zur Steigerung der RE. Bei der Bedeutung der verschiedenen Lösungskategorien fällt auf, dass Ökodesign und effiziente Prozesse bei den genannten Lösungsansätzen das größte Gewicht haben, gefolgt von Substitution und Recycling. Es wäre hilfreich, eine möglichst vergleichbare tabellarische Darstellung der RE-Potentiale für die genannten Bereiche zu erstellen. Es ist unstrittig, dass dies eine sehr große methodische Herausforderung ist.

Die Fokussierung auf Bedürfnis- bzw. Handlungsbereiche bringt mit sich, dass **Wertschöpfungsketten und Produktlebenszyklen** häufig nicht auf einen Blick klar werden. Vielmehr verteilen sich die einzelnen Stationen von der Rohstoffgewinnung über die Erzeugung von Werkstoffen und deren sukzessive Weiterverarbeitung in der Studie auf verschiedene Bedürfnisfelder: z.B. das Thema Papierherstellung wird hier unter die Rubriken „Landwirtschaft und Ernährung“ sowie „Information und Kommunikation“ subsumiert. Darüber hinaus hat die Papierherstellung auch einen Bezug zur Rubrik „Bauen und Wohnen.“ Trotzdem erscheint die gewählte Kategorisierung aus Kommunikationsgründen als sinnvoll.

Im Bereich **Mobilität** scheint die Vertiefung der verschiedenen Ansätze etwas einseitig umgesetzt: anstatt neue Systemlösungen zu analysieren, wird hauptsächlich auf eine Verbesserung

bestehender Automobile durch „Aufsatzmaschinen“ sowie das Verhalten der Nutzer diskutiert.⁴ Visionen für mehr öffentliche Mobilität und Elektromobilität werden dagegen nur gestreift. Dass „realistischerweise“ nur 17% des Fahrzeugbestands bis 2050 über einen elektrischen oder einen Plug-in-Hybridantrieb verfolgen sollen, ist offensichtlich höchst unambitioniert. Dies wiegt schwer, da die Substitution von erdölbasierten Fahrzeugen mit Elektromobilen, welche ihren Strom aus erneuerbaren Energiequellen beziehen, nach der Studie bezogen auf CO₂-Emissionen eine Effizienzverbesserung von einem Faktor 20 ermöglichen würde.

Im Bereich **Landwirtschaft** ist das Verhältnis zwischen „Grüner Revolution“ und Biolandbau etwas widersprüchlich dargestellt: zunächst wird darauf verwiesen, dass die Steigerung der Nahrungsmittelproduktion ohne Agroindustrie nicht mit der wachsenden Weltbevölkerung hätte Schritt halten können; gleichzeitig wird eine Studie zitiert, die zu dem Ergebnis kommt, dass die Ernteerträge der ökologischen Anbauvariante nur geringfügig niedriger gewesen seien als die der konventionellen; bei vielen Anbausystemen in Entwicklungsländern hätten durch ökologischen Landbau sogar höhere Erträge erwirtschaftet werden können. Bei einer systematischen Betrachtung fällt auf, dass der Bereich Landwirtschaft sehr genau analysiert wurde, wogegen die industrielle Produktion von Gütern etwas kurz kommt. Es ist anzunehmen, dass die Studie deshalb zu dem Schluss kommt, dass die größten Reduktionspotentiale in den Entwicklungsländern liegen.

Ein wesentlicher Bereich der in der Studie etwas kurz kommt ist die **Langlebigkeit von Produkten**. Ein Handy, das zwei Jahre genutzt wird kann z.B. nur dann ressourceneffizienter sein wie eines, das sechs Jahre genutzt wird, wenn der Ressourcenaufwand für dessen Produktion weniger als ein Drittel des anderen beträgt. Dass das Nutzerverhalten großen Einfluss haben kann, wurde jedoch erläutert.

⁴ In seinem Buch „Das MIPS-Konzept“ erläutert Friedrich Schmidt-Bleek (S.108): Die Gestaltung ökointelligenter Güter erfordert, dass man nicht in bestehenden Produktkonzeptionen denkt, sondern sich von dem Gedanken an ein existierendes Produkt löst und zunächst die Dienstleistung definiert, die geleistet werden soll.

⁵ Darin könnten beispielhaft Prozesse aus der Energie-, Chemie-, Metall-, Papier- und sonstigen Industrien erläutert werden. Als Oberbegriff gilt hier „Manufacturing“ bzw. Fertigung/Herstellung.

Bei Innovationen, die den **Einsatz zusätzlicher Technik** erfordern, ist stets genau zu prüfen, ob bei der Berücksichtigung der gesamten Wertschöpfungskette der neuen Lösung wirklich eine Verbesserung der RE attestiert werden kann. Im Fall von Elektrochips würde das z.B. bedeuten, dass auch der Herstellungsprozess, sowie die dafür verwendeten Werkstoffe genau analysiert werden müssen.

Insgesamt bietet die Studie einen guten Einstieg in das Thema und sensibilisiert für wichtige Ansatzpunkte zur Steigerung der RE. Auf der Ebene der technischen Lösungsansätze können viele Ideen für Verbesserungen gewonnen werden. Auch der Hinweis auf die politische Rahmensetzung, welche die Wirtschaftlichkeit der RE-Potentiale beschreibt, leuchtet ein. Bei einer Fortführung der Studie sollte der Bereich der industriellen Produktion bzw. die den Bedürfnisfelder vorgelagerten Stufen des Wertschöpfungsprozesses genauer betrachtet werden. So sind z.B. Potentiale oder Beispiele für Kaskaden- und Koppelnutzung von Ressourcen auf Betriebsebene kaum in der Studie enthalten. Dagegen können viele Beispiele aus dem landwirtschaftlichen Bereich in unseren Breiten überhaupt nicht angewendet werden; einen Bezug zu Deutschland haben z.B. Tröpfchenbewässerungssysteme insofern, als dass deutsche Unternehmen die Technologien dafür exportieren und die damit erzeugten Endprodukte auf dem deutschen Markt vertrieben werden. Neben einer weiteren Vervollständigung und detaillierteren Ausführung der Lösungsansätze könnte außerdem eine **vergleichende Quantifizierung der einzelnen Bausteine und Bereiche** große Erkenntnisfortschritte mit sich bringen. Hindernisse hierfür könnten mangelhafte Datenverfügbarkeit und methodische Herausforderungen sein.

Industrielle Produktion

In der Umgestaltung von betrieblichen Abläufen und Produktionsprozessen steckt ein großes Potenzial zur Reduktion des Ressourcenverbrauchs und der Betriebskosten in Unternehmen. Dabei helfen zum einen Informations- und Kommunikationstechnologien zur Optimierung der Abläufe als auch neue Technologien für **effizientere Produktionsprozesse**. Darunter können auch Kaskaden- und Koppelnutzung von Ressourcen fallen (Prozesswasserrückgewinnung). Grundsätzlich geht es darum, Herstellungs- und Kommunikationsprozesse so simpel und ressourcenschonend wie möglich zu gestalten.

Zur Studie

Christiane Ploetz, Günter Reuscher, Axel Zweck (2009):

Mehr Wissen - weniger Ressourcen. Potentiale für eine ressourceneffiziente Wirtschaft.

Zukünftige Technologien Band 74, ISSN: 1436-5928, Hrsg. VDI-Technologiezentrum Düsseldorf.

Die Studie kann **bestellt** werden unter:

ztcpublikationen@vdi.de

und

steht als **download** zur Verfügung unter:

<http://www.zukuenftigetechnologien.de/detail.php?c=473&s=2>