

Gesamtwirtschaftliche Rebound-Effekte aufgrund von Effizienzsteigerungen bei nicht-energetischen Rohstoffen

Christian Sartorius und Matthias Pfaff

1.	Materialien und Methoden.....	88
1.1.	Materialien	88
1.2.	Methoden	90
2.	Ergebnisse	92
3.	Diskussion.....	96
4.	Zusammenfassung	98
5.	Literatur.....	99

Aus ökologischer wie auch wirtschaftlicher Perspektive stellt die Steigerung von Energie- und Rohstoffeffizienz eine wichtige Strategie für eine nachhaltigere Zukunft dar, in der Ressourcen nicht nur knapper werden, sondern ihre Förderung immer aufwändiger und kostspieliger wird. Zusätzliche positive Auswirkungen haben die entsprechenden Einsparungen gegebenenfalls auch auf die Kritikalität der Versorgung, wenn damit vorhandene Versorgungsempässe zumindest nachfrageseitig gelockert werden können. Diese Ziele sind daher Kern nicht nur der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie [3] und der Deutschen Rohstoffstrategie [2], sondern auch der Rohstoff-Initiative der Europäischen Kommission [8]. Der besondere Reiz von Effizienzstrategien besteht dabei darin, dass die Einsparung von Rohstoffen alleine mit technischen Mitteln herbeigeführt werden kann und ohne dass dazu Verhaltensänderungen notwendig wären. Da viele der in Frage kommenden Technologien sich auch wirtschaftlich rechnen, versprechen sie damit eine doppelte Dividende in Form von ökologischen und ökonomischen Vorteilen.

Allerdings muss in diesem Zusammenhang auch festgestellt werden, dass sich die technisch erreichbaren Effizienzsteigerungen in den meisten Fällen nur zum Teil in entsprechende Einsparungen umsetzen lassen. Dieses Phänomen wird als Rebound-Effekt bezeichnet und ist in allgemeiner Form wie folgt definiert (adaptiert von [25]):

$$\text{Rebound} = 1 - \frac{\text{Tatsächliche Einsparung}}{\text{Potentielle Einsparung}} \quad (1)$$

wobei die potentielle Einsparung das technisch Mögliche darstellt, das in der Realität jedoch von der tatsächlichen Einsparung nicht erreicht wird.

Es lassen sich entsprechend seiner Ursachen drei grundlegende Typen des Rebound-Effekts unterscheiden (vgl. z.B. [15]): direkt, indirekt und gesamtwirtschaftlich. Der direkte Rebound-Effekt beschreibt die verstärkte Inanspruchnahme (z.B. aufgrund sinkender Preise) derjenigen Güter oder Prozesse, für die zuvor eine Effizienzsteigerung erreicht werden konnte. Führt die Einsparung bei der Nutzung eines Gutes z.B. über den Budgeteffekt zu einer gesteigerten Inanspruchnahme anderer Güter, dann handelt es sich um einen indirekten Rebound-Effekt. Im Gegensatz zum direkten und indirekten Rebound-Effekt beziehen sich die gesamtwirtschaftlichen Rebound-Effekte auf makroökonomische Aggregate wie die Nachfrage ganzer Wirtschaftszweige und ihre Wirkungen ziehen sich durch die gesamte Volkswirtschaft. Letzterer ist Gegenstand der vorliegenden Untersuchung.

Die überwiegende Zahl von Untersuchungen des Rebound-Effektes beschäftigte sich bisher nachfrageseitig und aus einer Mikro-Perspektive direkt oder indirekt (z.B. über die Inanspruchnahme von Transportleistungen) mit Energieressourcen [12, 18, 23], was insofern verständlich ist, als Energie ein relativ homogenes Gut von universeller und grundlegender Bedeutung für die gesamte Wirtschaft darstellt und die Energieträger auch im Kontext des Klimaschutzes von entscheidender Bedeutung sind. Andererseits zeigt ein Blick in die Produktionsstatistik [5], dass der Anteil der Energiekosten mit ungefähr zwei Prozent relativ niedrig, die Kosten materieller Produktionsinputs hingegen mit bis zu 40 Prozent von besonders großer Bedeutung sind. Umso wichtiger erscheint es, hinsichtlich dieser nicht-energetischen Rohstoffe auf gesamtwirtschaftlicher Ebene nicht nur die Effizienzsteigerungspotenziale auszuloten, sondern auch das Ausmaß entsprechender Rebound-Effekte abzuschätzen.

Genau mit dem letztgenannten Effekt werden wir uns im vorliegenden Beitrag beschäftigen. Wir werden dazu auf konkrete Daten zur Steigerung der Rohstoffeffizienz rohstoffintensiver Industrieprozesse aus einem vom BMBF geförderten Forschungsprojekt zurückgreifen und mittels Input-Output-Analyse die gesamtwirtschaftlichen Wirkungen berechnen. Insbesondere wird anhand verschiedener Ansätze nicht nur der mögliche gesamtwirtschaftliche Rebound der Rohstoffeffizienzsteigerungen bestimmt, sondern auch die Beiträge, die verschiedene Rohstoffe und andere maßgebliche Parameter dazu leisten. Die Ergebnisse beider Ansätze werden anschließend diskutiert und mit den Ergebnissen anderer Rebound-Untersuchungen verglichen.

1. Materialien und Methoden

1.1. Materialien

Zwei grundlegend verschiedene Datenquellen werden für die Untersuchung des gesamtwirtschaftlichen Rebound-Effektes verwendet. Zum Einen kommt eine Input-Output-Matrix aus der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung des Statistischen Bundesamtes zum Einsatz, die die gegenseitigen Lieferbeziehungen von 71 Sektoren der deutschen Wirtschaft im Jahr 2007 darstellt. Diese Matrix ist nicht die aktuellste verfügbare, aber sie repräsentiert einerseits das letzte Jahr vor der Wirtschaftskrise und ist daher eher als repräsentativ für die deutsche Wirtschaft anzusehen. Andererseits

weist sie hinsichtlich der Wirtschaftszweige noch die ältere Gliederung auf, in der die Gewinnung einiger, für den empirischen Teil relevanter Rohstoffe sowie der Bereich der Sekundärrohstoffwirtschaft besser differenziert wird als in der neuen Gliederung. Mit Hilfe dieser Matrix werden die gesamtwirtschaftlichen Wirkungen modelliert (siehe *Methoden*), die, ausgehend vom Impuls der Steigerung der Rohstoffeffizienz, die gesamtwirtschaftlichen Rebound-Effekte herbeiführen.

Um die Rohstoffeinsparungen abzubilden, die von der Effizienzsteigerung ausgehen und die die Rebound-Effekte verursachen, wird zum Anderen ein Bottom-up-Ansatz verwendet, in dem Daten zum Rohstoffeinsatz aus 16 vom BMBF geförderten Forschungsprojekten zum Einsatz kommen. Diese Forschungsvorhaben waren Bestandteil der Fördermaßnahme *r² Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – rohstoffintensive Produktionsprozesse* des BMBF. Jeder Datensatz enthält detaillierte Daten zu den im jeweiligen Projekt durch die Umsetzung bestimmter verfahrenstechnischer Innovationen erreichten Veränderungen der Materialflüsse sowohl in physischen als auch in monetären Einheiten. Ebenfalls enthalten sind Daten zu den erforderlichen Investitionen und ihren jeweiligen Abschreibungsdauern (i.d.R. 15 Jahre), die zusammen mit einem angenommenen Zinssatz von 6 Prozent die Berechnung der jährlichen Kapitalkosten (Annuitäten) erlauben. Diese Daten, die i.d.R. eine einzelne Produktionsanlage repräsentieren, wurden daraufhin auf Basis von Angaben der Anlagenbetreiber und anderer Experten auf die mögliche Gesamtkapazität hochskaliert, die in Deutschland insgesamt unter den gegebenen Bedingungen betrieben werden könnte [1].

Tabelle 1: Ausgewertete Ansätze zur Steigerung der Rohstoffeffizienz und ihre Bündelung zu Clustern

Cluster	Technische Ansätze
Metallerzeugung	• Optimierte Ressourcennutzung in der Konverterstahlerzeugung
	• Vermeidung von Metallverlusten in metallurgischen Schlacken
	• Ressourceneffizienz mit dem Bandgießverfahren bei HSD-Stählen
	• Optimierte Prozessführung zur effizienten Stahlerzeugung im Konverterprozess
	• Effizientere Stahlerzeugung im Lichtbogenofen durch optimiertes Wärmemanagement und kontinuierliche dynamische Prozessführung
	• Ressourceneffiziente Formgebungsverfahren für Titan und hochwärmefeste Legierungen
Metallrecycling	• Rückgewinnung feinkörniger NE-Metallphasen aus Shredder-Sanden
	• Autotherme Metallrückgewinnung aus WEEE-Schrott durch energieoptimierte zero-waste Metallurgie
	• Gewinnung von Metallen und mineralischen Produkten aus deponierten Reststoffen der Mansfelder Halden
	• Bessere Ressourcennutzung und Senkung des Primärenergieverbrauchs in der Bleimetallurgie
	• Entzinkung von Stahlschrotten
Keramikindustrie/ Innovative Baustoffe	• Herstellung hochwertiger Aufbaukörnungen aus sekundären Rohstoffen auf der Basis von heterogenen Bau- und Abbruchabfällen
	• Entwicklung einer ressourceneffizienten Trocknungstechnologie für keramische Produkte
	• Celitement
Chemische Industrie/ Beschichtungsprozesse	• Effizienzsteigerung bei der Chlor-Herstellung
	• Ressourcenschonende Technologie zur Kreislaufschließung von Metallen und Spülwasser in der Weißblechproduktion

Tabelle 1 zeigt eine Aufstellung der innovativen Technikansätze, die in den Projekten die Steigerung der Rohstoffeffizienz herbeiführten. Aus Gründen der Vertraulichkeit gegenüber den betroffenen Unternehmen wurden die Technikansätze für diese Veröffentlichung zu Clustern zusammengefasst und die zugehörigen Daten entsprechend aggregiert.

1.2. Methoden

Ausgangspunkt für die Ermittlung des Rebound-Effektes sind die mit dem Einsatz der effizienzsteigernden Technologien verbundenen Einsparungen und teilweise auch Mehraufwendungen aller betroffenen Einzelrohstoffe [1]. Zur Berechnung des eigentlichen Rebound-Effektes werden diesen Senkungen des Rohstoffaufwandes – die bei unveränderter Bereitstellung der produzierten Güter der Effizienzsteigerung entsprechen – die Wiederanstiege der Rohstoffinanspruchnahme gegenüber gestellt, die durch ebendiese Einsparungen verursacht werden. Dabei werden zwei alternative methodische Ansätze angewendet.

Die einfachere Vorgehensweise gründet auf der Feststellung, dass die Effizienzsteigerung auch unter Berücksichtigung der dazu erforderlichen Investitionen in allen Clustern zu finanziellen Einsparungen (= positive Differenzkosten) seitens der sie durchführenden Unternehmen führt, und auf der Annahme, dass diese Einsparungen ihrerseits nachfragegewirksam werden. Dies kann entsprechend der volkswirtschaftlichen Kreislaufmechanik dadurch geschehen, dass seitens des Unternehmens zusätzliche Investitionen getätigt, Überschüsse an die Anteilseigner ausgeschüttet oder der Belegschaft höhere Löhne gezahlt werden. In jedem Fall führt dies zu einem Anstieg der Gesamtnachfrage, der mit einem Anstieg der Rohstoffinanspruchnahme verbunden ist. Um diese zusätzliche Rohstoffinanspruchnahme zu beziffern, wird außerdem die Annahme getroffen, dass sie hinsichtlich ihrer materiellen Zusammensetzung und der relativen Bedeutung der verschiedenen Wirtschaftszweige die gleiche Zusammensetzung aufweist wie die Endnachfrage insgesamt. Ihre Berechnung erfolgt also entsprechend der Gleichung

$$\Delta R_N = \frac{R_{\text{ges}} \cdot \Delta N}{N_{\text{ges}}} \quad (2)$$

wobei ΔR_N die nachfragebedingte, zusätzliche Rohstoffinanspruchnahme, R_{ges} die gesamte Rohstoffinanspruchnahme der Volkswirtschaft, ΔN die durch die Einsparungen verursachte Veränderung (Anstieg) der Nachfrage und N_{ges} die Gesamtnachfrage in der Volkswirtschaft bezeichnet. Es ist offensichtlich, dass ΔR_N alle Rohstoffe umfasst, die in der Volkswirtschaft Verwendung finden.

Im Rahmen von rohstoffpolitischen Fragestellungen kann es hingegen von Interesse sein, den Wiederanstieg der Inanspruchnahme genau derjenigen Rohstoffe zu beziffern, die im Zuge der Effizienzsteigerung eingespart wurden. In diesem Fall muss ein anderer, komplizierterer Ansatz zur Anwendung kommen. Auch hier werden zunächst die Veränderungen der Nachfrage ermittelt. Dabei wird aber nicht nur die auf die eingesparten Differenzkosten zurückzuführende zusätzliche Nachfrage berücksichtigt, sondern auch die Nachfrageänderungen, die auf die Materialeinsparungen und damit einhergehende Mehraufwendungen für Investitionen und Betriebsmittel zurückzuführen sind. Das Vorgehen vollzieht sich dabei in folgenden sechs Schritten:

In Schritt 1 werden für jedes Projekt zunächst die durch die Effizienzsteigerung veränderten Materialflüsse erfasst. Diese umfassen positive und negative Veränderungen der Stoffmengen einschließlich solcher Inputs oder Outputs, die nur in dem effizienteren Prozess überhaupt vorkommen. Alle Mengenangaben werden dann auf der Basis von Expertenschätzungen auf das Potenzial ganz Deutschlands hochgerechnet.

In Schritt 2 werden die (hochgerechneten) physischen Größen für jedes Projekt in monetäre Größen umgerechnet und in eine Bilanz übertragen, die als Ergebnis die Differenzkosten des effizienzsteigernden Prozesses ausweist. In diese Bilanz gehen dabei, wie in Tabelle 2 dargestellt, nicht nur die eingesparten und mehr aufgewendeten Prozessinputs und -outputs ein, sondern auch die Annuitäten der Investitionen einschließlich der Kapitalkosten und die entsprechenden Betriebs- und Instandhaltungsaufwendungen. Positive Differenzkosten deuten auf eine wirtschaftlich rentable Innovation hin, negative auf eine unrentable.

Einsparungen durch weniger verbrauchtes Material
– Aufwendungen durch zusätzlich verbrauchtes Material
– Investition in effizienzsteigernde Technologie (Annuität)
– Betriebs- und Instandhaltungsaufwand der Technologie
Differenzkosten

Tabelle 2:

Kostenbilanz des Einsatzes effizienzsteigernder Technologien

Im dritten Schritt wird der Kreislauflogik der Wirtschaft entsprechend angenommen, dass die Differenzkosten auf die eine oder andere Weise in die Endnachfrage einfließen. So können die Einsparungen im Wettbewerb zu Preissenkungen für die effizienter hergestellten Produkte führen, womit den Verbrauchern bei gegebenem Budget mehr Geld für andere (nachfragesteigernde) Ausgaben bleibt. Im Monopol hingegen führen die Einsparungen nicht zu Preissenkungen, sondern zu steigenden Gewinnen, die entweder reinvestiert oder an die Eigentümer ausgeschüttet werden, die das Geld ihrerseits ausgeben. Auch in diesem Fall resultieren daraus zusätzlicher Konsum oder Investitionen.

In Schritt 4 wird die Veränderung der Endnachfrage entsprechend ihrem Anteil an der Endnachfrage auf die 71 Wirtschaftszweige der Wirtschaft im Input-Output-Modell verteilt, wodurch Nachfrageimpulse für die inländische Produktion in jedem dieser Wirtschaftszweige generiert werden.

In Schritt 5 verursachen diese Impulse nachgelagerte Impulse in all den Wirtschaftszweigen, die die Wirtschaftszweige aus Schritt 4 beliefern und so weiter für jede nachfolgende Stufe der Lieferkette. Diese kumulativen Effekte werden entsprechend der Leontiefschen Input-Output-Mechanik für jeden Wirtschaftszweig dadurch errechnet, dass für alle 71 Wirtschaftszweige die inländischen Impulse (als Vektor) mit der inversen Matrix der Inputkoeffizienten multipliziert werden.

Schließlich werden im sechsten Schritt die in monetären Größen bezeichneten kumulativen Impulse wieder in physische Größen umgewandelt und anschließend für jedes einzelne Rohmaterial aggregiert. Wird dann für jeden Rohstoff bzw. den ihn bereitstellenden Wirtschaftszweig der physische Impuls zur ursprünglichen Einsparung

in Relation gesetzt, so erhält man den jeweiligen gesamtwirtschaftlichen Rebound-Effekt. Einsparungen und Aufwendungen von Rohstoffen und Materialien werden auf Basis des kumulativen Rohstoffaufwandes [10] ermittelt, der nicht nur die Massen der unmittelbar betroffenen Rohstoffe bzw. Materialien selbst, sondern auch der in der Herstellungskette vorgelagerten Inputs berücksichtigt.

2. Ergebnisse

Ausgangspunkt für die Ermittlung jedes Rebound-Effektes ist die Berechnung der durch die Effizienzsteigerung unmittelbar hervorgerufenen Materialeinsparungen, zu der der zusätzliche Ressourcenaufwand, der (indirekt) durch die Steigerung der Effizienz hervorgerufen wurde, ins Verhältnis zu setzen ist. Diese Einsparungen betragen für die Gesamtheit aller in Tabelle 1 aufgeführten Prozesse und bezogen auf den gesamten kumulativen Rohstoffaufwand der Rohstoffinanspruchnahme der deutschen Wirtschaft im Jahr 2007 3,4 Prozent [19].

Die zusätzliche Nachfrage, die aufgrund der (in allen Clustern und insgesamt) negativen Differenzkosten aus dem Einsatz der in Tabelle 1 aufgelisteten rohstoffeffizienten Produktionsprozesse resultiert, beträgt im Untersuchungsjahr 2007 3,35 Milliarden EUR. Bezogen auf die Gesamtnachfrage im gleichen Jahr in Höhe von 3.154 Milliarden EUR entspricht dies einem Anstieg von 0,106 Prozent. Wird von der vereinfachenden Annahme ausgegangen, dass die Anteile der verschiedenen Wirtschaftszweige an diesem Nachfrageanstieg die gleichen sind wie bei der Gesamtnachfrage und die Struktur der Nachfrage nach Rohstoffen ebenfalls unverändert ist, impliziert dies einen Anstieg der Rohstoffinanspruchnahme um ebenfalls 0,106 Prozent. Der Rebound-Effekt, der diesen Anstieg zur ursprünglichen Einsparung in Relation setzt, beträgt folglich $(0,106/3,4=)$ 3,1 Prozent. Dieser Wert bezieht sich auf die gesamte Volkswirtschaft und ihre gesamte Rohstoffverwendung und kann in dieser Form nicht nach Wirtschaftszweigen oder Art der Rohstoffe differenziert werden. Um eine solche Differenzierung vorzunehmen, wurde der Rebound-Effekt in der vorliegenden Analyse zusätzlich mit Hilfe des im Methodenteil beschriebenen, Input-Output-basierten Verfahrens ermittelt.

Die rohstoffspezifischen Ergebnisse, die mit Hilfe dieses komplexeren Ansatzes ermittelt wurden, sind in Bild 1 zusammengefasst. Die roten Balken geben die relativen Rebound-Effekte wider, die sich ergeben, wenn die ermittelten Nachfrageimpulse der gesamten, aggregierten Endnachfrage zugeordnet werden. Diese Werte bewegen sich in einem Bereich zwischen 2,5 Prozent für Steine und Erden und 10,5 Prozent für Eisen und Stahl.

Um die Unterschiede zwischen den Materialien zu erklären, wurde die Vermutung aufgestellt, die Stärke des Rebound-Effektes könne in der jeweiligen wirtschaftlichen Relevanz begründet sein, welche sich aus der Größe des sie herstellenden Wirtschaftszweiges, dem Wert des hergestellten Materials und dem Grad der Vernetzung zwischen den Wirtschaftszweigen ergibt. Dieser Argumentation entsprechend würden Rohstoffe oder Materialien mit größerer wirtschaftlicher Bedeutung mehr von einem Anstieg der Endnachfrage profitieren und daher einen stärkeren Rebound-Effekt erfahren.

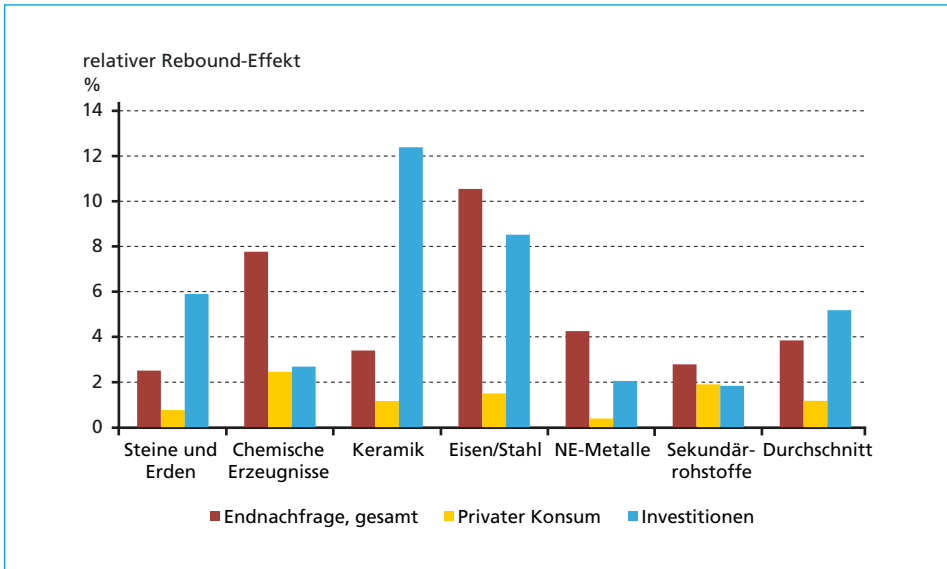


Bild 1: Abhängigkeit des relativen Rebound-Effektes vom jeweiligen Rohstoff bzw. Material und von der Art der Nachfrage

Daher sind in Tabelle 3 Indikatoren aufgeführt, die die relative Bedeutung der Wirtschaftszweige beschreiben, die die jeweiligen Rohstoffe bzw. Materialien bereitstellen. Dabei gibt der Anteil am aggregierten Brutto-Output die Größe des Wirtschaftszweiges und damit die Größenordnung an, um die sich die Nachfrage dieses Sektors infolge einer Änderung der Endnachfrage ändert. Die inversen Inputkoeffizienten (aus der inversen Input-Output-Matrix) stellen den Wert des Outputs eines Wirtschaftszweiges dar, der benötigt wird, um eine Werteinheit der Güter zu produzieren, die der Deckung der Endnachfrage dienen. Ein höherer Vernetzungsgrad bedeutet daher einen höheren Bedarf anderer Wirtschaftszweige an den (materiellen) Outputs eines Wirtschaftszweiges und damit eine höhere Abhängigkeit von diesen Rohstoffen oder Materialien.

Tabelle 3: Einfluss der Größe rohstoffrelevanter Wirtschaftszweige und ihres Vernetzungsgrades auf den jeweiligen Rebound-Effekt

	Anteil am aggregierten Brutto-Output (Größe) %	Summe der inversen Inputkoeffizienten (Vernetzungsgrad)	Makroökonomischer Rebound-Effekt (Endnachfrage) %
Steine und Mineralien	0,18	1,41	2,50
Chemische Produkte	3,49	3,21	7,76
Keramik	0,62	1,44	3,39
Eisen/Stahl	2,09	2,78	10,54
Nicht-Eisen-Metalle	0,86	1,52	4,25
Sekundärrohstoffe	0,14	1,82	2,78

Quelle: Destatis (2010), eigene Berechnungen

Es zeigt sich, dass sowohl die Größe des Rohstoff oder Material produzierenden Wirtschaftszweiges als auch sein Vernetzungsgrad eine deutliche Korrelation zum makroökonomischen Rebound-Effekt aufweisen. Die chemische und die Eisen- und Stahlindustrie weisen sowohl hinsichtlich Größe und Vernetzungsgrad als auch beim Rebound-Effekt deutlich größere Werte auf als die anderen Wirtschaftszweige. Allerdings korrelieren die Indikatoren Größe und Vernetzungsgrad miteinander nicht so stark. Von den Rohstoffen oder Materialien mit niedrigeren Rebound-Effekten (< 5 Prozent) weist die Herstellung von Sekundärrohstoffen die geringste Größe, aber den höchsten Vernetzungsgrad auf. Das wird verständlich, wenn berücksichtigt wird, dass Sekundärrohstoffe als Inputs in früheren Stufen der Produktionskette eine wichtigere Rolle spielen als bei der Deckung der Endnachfrage. Bei der Keramikproduktion sind die Verhältnisse umgekehrt. Diese Beispiele zeigen deutlich, wie wichtig es ist, zur Ermittlung des Rebound-Effektes nicht einzelne Charakteristika der Wirtschaftsstruktur isoliert zu betrachten, sondern verschiedene Aspekte heranzuziehen.

Auch in der Gruppe der Rohstoffe bzw. Materialien mit den höheren Rebound-Effekten ist die Korrelation zwischen den Indikatoren nicht in jedem Fall gegeben. Obwohl die chemische Industrie am größten ist und den höchsten Vernetzungsgrad aufweist, ist der entsprechende Rebound-Effekt kleiner als der von Eisen und Stahl. Offensichtlich wirken sich also noch andere als die bisher betrachteten Faktoren auf den makroökonomischen Rebound-Effekt aus. In diesem Fall handelt es sich um das Verhältnis zwischen den Rohstoffeinsparungen aufgrund der Effizienzsteigerung und den für die technische Umsetzung notwendigen Investitionen. In der chemischen Industrie sind diese Investitionen relativ hoch, wodurch die Differenzkosten und damit der davon ausgehende gesamtwirtschaftliche Nachfrageimpuls reduziert werden. Ein geringerer Rebound-Effekt ist die Folge. Es zeigt sich also, dass auch die Komponenten der Kostenbilanz (in Tabelle 2) für die Höhe des Rebound-Effektes eine wichtige Rolle spielen. Jede Senkung der Kosten, sei es durch die effizienzbedingte Materialeinsparung, durch Verringerung der Betriebsmittel oder durch Senkung der Investitionskosten, führt in erster Näherung zu einem Anstieg des Rebound-Effektes, wogegen geringere Einsparungen und höhere Aufwendungen einen Anstieg des Rebound-Effektes nach sich ziehen.

Allerdings bedarf dieses Argument einer Qualifizierung: Investitionskosten und Kosten des Materialinputs sind aus Rohstoffsicht nicht gleichwertig. Da die Materialintensität von Investitionsgütern i.d.R. deutlich geringer ist als die von anderen Gütern, insbesondere Rohstoffen, ziehen höhere Investitionskosten auch bei sonst gleichen Differenzkosten niedrigere Rebound-Effekte nach sich.

Schließlich ist im Zusammenhang mit Investitionen in effizienzsteigernde Technologien auch auf den Aspekt der Zeit hinzuweisen. Eine Technologie, die zum ersten Mal eingesetzt wird, ist normalerweise deutlich teurer als eine weiter gereifte. Ursache dafür ist einerseits der Erfahrungszuwachs bei Herstellung und Betrieb des Investitionsgutes. Andererseits kann in vielen Fällen auch die Leistungsfähigkeit – in diesem Fall die Effizienz – weiter gesteigert werden. Das bedeutet, dass die Differenzkosten des Einsatzes einer Technologie und damit auch der makroökonomische Rebound-Effekt mit der Zeit ansteigen.

Bild 1 zeigt außerdem, dass die Zusammensetzung des Nachfrageimpulses einen signifikanten Einfluss auf die Größe des Rebound-Effektes ausübt. Für die Mehrzahl der untersuchten Materialien bzw. der ihnen zugeordneten Wirtschaftszweige führt die Einstufung des Nachfrageimpulses als Investition zu einem deutlich höheren Rebound-Effekt als die Einstufung als privater Konsum. Die Ursache für diesen Effekt besteht darin, dass der private Konsum nur in geringem Umfang Produkte von rohstoffnahen Wirtschaftszweigen nachfragt, sondern eher solche mit einem hohen Weiterverarbeitungsgrad oder Dienstleistungsanteil; für Investitionen gilt die umgekehrte Argumentation. Daher liegt der Durchschnitt der beobachteten Rebound-Effekte im Falle eines Nachfrageimpulses durch Investitionen mit 5,2 Prozent deutlich höher als im Falle der gesamten Endnachfrage (3,8 Prozent), im Falle eines Impulses durch den Konsum hingegen deutlich niedriger (1,2 Prozent). In Einzelfällen (Chemische Industrie und Sekundärrohstoffe) können auch beide, von Investitionen und privatem Konsum ausgehende Impulse zu unterdurchschnittlichen Rebound-Effekten führen, weil der (hier nicht betrachtete) Export die dominante Wirkung ausübt und den Durchschnitt dadurch anhebt.

Vergleicht man an dieser Stelle den entsprechend der Massenanteile gewichteten Durchschnittswert der auf die Veränderung der aggregierten Endnachfrage zurückzuführenden stoffspezifischen Rebound-Effekte (3,8 Prozent) mit der Überschlagsrechnung zu Beginn des Ergebnisteils (3,1 Prozent), so stellt man einen nennenswerten Unterschied fest. Dennoch erlaubt die Ähnlichkeit der Ergebnisse die Schlussfolgerung, dass die erste Berechnungsmethode eine einfache Möglichkeit darstellt, den gesamtwirtschaftlichen Rebound-Effekt einer Effizienzsteigerungsmaßnahme für einen repräsentativen Mix aus Rohstoffen realistisch abzuschätzen. Liegt der Fokus hingegen auf der Ermittlung des Rebound-Effekts für spezifische Rohstoffe, so muss die zweite Berechnungsmethode herangezogen werden. Die folgende Tabelle fasst die im Zusammenhang mit der Steigerung der Rohstoff- bzw. Materialeffizienz ermittelten Einflussfaktoren für den makroökonomischen Rebound-Effekt zusammen.

Tabelle 4: Determinanten des makroökonomischen Rebound-Effektes und ihre jeweilige Wirkungsrichtung

Makroökonomische Wirkungen		
• Größe des bereitstellenden Wirtschaftszweiges	Klein: –	Groß: +
• Vernetzungsgrad des Wirtschaftszweiges	Niedrig: –	Hoch: +
• Art der Nachfrage im Vergleich zu gesamter Endnachfrage	Konsum: –	Investition: +
Spezifische techno-ökonomische Wirkungen		
• Rohstoff-/Materialinput	Einsparung: +	Zusatzaufwand: –
• Investition in eine effizientere Technologie, insgesamt	Niedrig: +	Hoch: –
- Investitionskosten	(Niedrig: +)	(Hoch: –)
- Materialbedarf für die Investition	(Niedrig: –)	(Hoch: +)
• Effizienzsteigerung durch Lerneffekt	Schwach: –	Stark: +

Bemerkung: Senkung: –, Steigerung: +

3. Diskussion

In der vorliegenden Untersuchung wurden technologiespezifische Daten in Kombination mit der Input-Output-Methode verwendet, um die bei der effizienteren Verwendung bestimmter Rohstoffe oder Materialien auftretenden, spezifischen Rebound-Effekte zu ermitteln. Gleichzeitig war es möglich eine Reihe von Einflussfaktoren zu identifizieren, anhand derer die auftretenden Unterschiede erklärt werden können. Das deutet auf den entscheidenden Unterschied dieser Studie zu den meisten anderen Untersuchungen zum Thema Rebound-Effekt hin: Es geht um die Steigerung der Effizienz, jedoch nicht bei der Verwendung von Energie, sondern bei einer Anzahl anderer Rohstoffe oder Materialien, welche im Zusammenhang mit der Diskussion der Ressourcen- und Materialeffizienz von besonderer Bedeutung sind.

Der Vergleich der gefundenen rohstoff- bzw. materialspezifischen Reboundwerte mit anderen, bereits früher dokumentierten Werten ist aber nicht in erster Linie deswegen so schwierig, weil es sich um unterschiedliche Rohstoffe bzw. Güter handelt, die zu vergleichen sind, sondern weil die Ermittlung der Rebound-Effekte mittels unterschiedlicher Methoden erfolgte, die zu recht unterschiedlichen Ergebnissen gelangen. Wie aus Tabelle 5 ersichtlich ist, sind die am häufigsten angewendeten Methoden ökonomische Schätzungen sowie partielle und allgemeine Gleichgewichtsmodelle. Die dabei am häufigsten berücksichtigten Wirkungsmechanismen sind Einkommens-, Substitutions- und Wachstumseffekte. Von der Wirkung her ist die von uns angewendete Input-Output-Analyse aufgrund des Fehlens eines Preismechanismus und ihres statischen Charakters nicht in der Lage Substitutions- und Wachstumseffekte abzubilden. Dadurch entfällt von vorne herein ein Teil der möglichen Ursachen für Rebound-Effekte. Es überrascht daher auch bei einem Blick in Tabelle 5 nicht, dass die Rebound-Effekte für Energie, die alleine auf der Basis von Einkommenseffekten ermittelt wurden, zu den niedrigsten gehören. Sie reichen von 1,4 bis 26,5 Prozent und umfassen damit im Wesentlichen die Werte, die in der vorliegenden Untersuchung für nicht-energetische Rohstoffe gemessen wurden (Bild 1). Einschränkend ist dabei hervorzuheben, dass die alleine auf dem Einkommenseffekt basierenden Untersuchungen den direkten Rebound-Effekt zum Gegenstand haben und damit eine mikroökonomische Perspektive einnehmen, wogegen der vorliegenden Analyse makroökonomische Wirkungsketten zugrunde liegen. Der grundlegende Mechanismus der Einkommensbeschränkung ist dennoch in beiden Fällen recht ähnlich.

Es ist also beim Vergleich der im Ergebnisteil ermittelten rohstoff- bzw. material-spezifischen Rebound-Werte mit den passenden Werten für Energie in Tabelle 5 festzustellen, dass die energiespezifischen Werte im Durchschnitt höher liegen als der Mittelwert der stoffspezifischen. Dies gilt umso mehr, wenn als Vergleichsgröße anstelle der Werte auf Basis des Einkommenseffektes die Werte für den makroökonomischen Rebound angelegt wird, der deutlich über 15 Prozent liegt. Wie passt diese Feststellung mit der Ausprägung der Determinanten zusammen, die für die materialspezifische Ausprägung des Rebound-Effektes verantwortlich sind? Energie wird in einem Wirtschaftszweig produziert, der im Vergleich zu anderen eher klein ist. Andererseits weist die Energiewirtschaft einen hohen Vernetzungsgrad auf, da Energie in allen anderen

Tabelle 5: Überblick über Abschätzungen energiespezifischer Rebound-Effekte

		Makro- ökonomisch	Direkt			
Rebound, niedrigste Schätzung		Aggregierter Energieverbrauch	Priv. Transport	Raumheizung	Raumkühlung	Haushalts- energiedienst- leistungen
		15 %	4,5 %	1,4 %	1 %	5,6 %
	Assessment Methode	CGE-Modell	Ökonometrische Schätzung	Ökonometrische Schätzung	Ökonometrisches Modell	Ökonometrische Schätzung
	Mechanismus	Einkommens-, Substitutions- und Wachstumseffekte	Einkommens- und Substitutionseffekte	Einkommens- effekt	Einkommens- und Substitutionseffekte	Einkommens- und Substitutionseffekte
	Quelle	van Es et al. (1998)	Small / van Dender (2005)	Schwartz / Taylor (1995)	Dubin et al. (1986)	Davis (2008)
Rebound, höchste Schätzung		350 %	87 %	65 %	26,5 %	49 %
	Assessment- Methode	CGE-Modell	Partielles Gleichge- wichtsmodell	Ökonometrisches Modell	Ökonometrisches Modell	Partielles Gleich- gewichtsmodell
	Mechanismus	Einkommens-, Substitutions- und Wachstumseffekte	Einkommens- und Substitutionseffekte	Einkommens- und Substitutionseffekte	Einkommens- effekte	Einkommens- und Substitutionseffekte
	Quelle	Semboja (1994)	West (2004)	Khazzoom (1986)	Hausman (1979)	Guertin et al. (2003)

Quelle: Eigene Erhebung basierend auf

Dimitropoulos, J.: Energy productivity improvements and the rebound effect: An overview of the state of knowledge. *Energy Policy* 35 (12), 2007, S. 6354–6363

Freire-González, J.: Methods to empirically estimate direct and indirect rebound effect of energy-saving technological changes in households. *Ecological Modelling* 223 (1), S. 32–40. DOI: 10.1016/j.ecolmodel. 2011.09.001.

Sorrell, S.; Dimitropoulos, J.; Sommerville, M.: Empirical estimates of the direct rebound effect: A review. *Energy Policy* 37 (4), 2009, S. 1356–1371

Wirtschaftsbereichen verwendet wird. Außerdem wird Energie von Konsumenten und Investitionen verbraucht, so dass insgesamt tatsächlich von einem Rebound-Effekt für Energie auszugehen ist, der höher liegt als der Durchschnitt der Rebound-Effekte für Rohstoffe oder Materialien. Diese Vermutung stimmt damit gut mit den empirischen Erkenntnissen aus Tabelle 5 und dem oberen Teil dieses Abschnittes überein.

Die Methode der Input-Output-Analyse, die im Ergebnisteil für die Ermittlung der rohstoff- bzw. materialspezifischen Rebound-Effekte verwendet wurde, weist gegenüber den anderen in Tabelle 5 ausgewiesenen Methoden den Nachteil auf, dass sie vor allem Einkommenseffekte, jedoch keine preisbasierte Substitutionseffekte und, aufgrund ihres statischen Charakters, keine Wachstumseffekte abbilden kann. Dies könnte als Defizit gewertet werden, da auf diese Weise nur ein kleiner Teil des Rebound-Effektes erfasst wird. Dieser Argumentation kann jedoch entgegen gehalten werden, dass auch Substitutionseffekte durchaus erfasst werden, und zwar nicht aufgrund von Preiseffekten (z.B. mittels Kreuzpreiselastizität) zwischen verschiedenen Rohstoffen oder Materialien, sondern aufgrund ihres Vorkommens in den spezifischen Massebilanzen der betrachteten Effizienztechnologien (Tabelle 1). Der größte Nachteil der Input-Output-Analyse, die fehlende Dynamik und der daraus resultierende Mangel Wachstumsprozesse abzubilden, bleibt damit zwar bestehen, er wird aber durch den Vorteil aufgewogen, den

Einfluss spezifischer technischer Prozesse auf die wirtschaftlichen Wechselwirkungen und die daraus resultierenden Stoffflüsse abzubilden. Das heißt, dass nicht nur die erste Stufe des Rohstoffaufwandes, sondern über die Verflechtung der Wirtschaftszweige die komplette Vorleistungskette betrachtet wird. Das ist mit Allgemeinen Gleichgewichtsmodellen nicht möglich, da diese höher aggregiert sind und die Auswirkungen einzelner effizienzsteigernder Prozessinnovationen im *Rauschen* der Vielzahl anderer Veränderungen nicht mehr erkennbar sind.

Meyer et al. [16, 17] waren bislang die Einzigen, die versucht haben, den Rebound-Effekt von Maßnahmen zur Steigerung der Materialeffizienz zu bestimmen. Sie gelangen dabei vor allem in ihrer früheren Veröffentlichung [16] zu sehr hohen Rebound-Effekten, die insbesondere darauf zurückzuführen sind, dass durch die für den Effizienzanstieg erforderlichen Investitionen auch die Produktivität der Wirtschaft und damit das Wachstum steigt, wodurch wiederum der Rohstoffverbrauch wächst. Dabei erweist es sich als besonders problematisch, dass der Wachstumseffekt immer größer wird, wogegen die effizienzbedingten Einsparungen einen Einmal-Effekt darstellen und sich nicht im gleichen Umfang ausweiten. Zu diesem Problemkreis kann die vorliegende Arbeit keinen Beitrag leisten, sie kann aber zu den Arbeiten von Meyer et al. insofern als komplementär angesehen werden, als sie mit ihrer disaggregierten Analyse die Voraussetzungen für die aggregierte Modellierung von Meyer et al. schafft.

4. Zusammenfassung

In der vorliegenden Untersuchung wurden technologiespezifische Daten in Kombination mit der Input-Output-Methode verwendet, um die bei der effizienteren Verwendung bestimmter Rohstoffe oder Materialien auftretenden, spezifischen Rebound-Effekte zu ermitteln. Die gefundenen Werte lagen in einem Bereich zwischen 2,5 Prozent für Steine und Erden und 10,5 Prozent für Eisen und Stahl, mit einem Mittelwert von 3,8 Prozent. Diese Rebound-Werte liegen damit am unteren Ende der Werteskala, die in einer Vielzahl von Studien für die effizientere Nutzung von Energie bestimmt wurden. Wie gezeigt werden konnte, sind die unterschiedlichen Rebound-Werte dabei in größerem Umfang auf Unterschiede der Ermittlungsmethodik als auf Unterschiede in den Eigenschaften der Stoffe und ihrer wirtschaftlichen Verwertung zurückzuführen. Im vorliegenden Fall stehen spezifische technische Aspekte sowie die Verflechtung der Wirtschaftszweige im Fokus der Untersuchung; Wachstumseffekte bleiben dagegen methodenbedingt außerhalb der Betrachtung.

Außerdem war es möglich eine Reihe von Einflussfaktoren zu identifizieren, anhand derer die auftretenden Unterschiede erklärt werden können. Dazu gehören einerseits die Größe des Wirtschaftszweiges, der den jeweiligen Stoff bereitstellt, und der Grad der Vernetzung dieses Wirtschaftszweiges mit anderen, die von ihm beliefert werden. Eine wichtige Rolle spielt außerdem die Höhe der für die Effizienzsteigerung notwendigen Investitionen, da diese jenseits der effizienzbedingten Einsparungen die Differenzkosten bestimmt, die ihrerseits den Rebound-Effekt herbeiführen. Schließlich ist auch von Bedeutung, ob der durch die Effizienzsteigerung bedingte Nachfrageimpuls vom

privaten Konsum oder den Investitionen ausgeht. Das heißt, es macht einen Unterschied, ob die erwirtschafteten Gewinne an Mitarbeiter oder Anteilseigner ausgeschüttet oder reinvestiert werden.

Danksagung

Die Autoren danken Dr. Katrin Ostertag und Prof. Dr. Rainer Walz für hilfreiche Kommentare und Diskussionen. Sie danken außerdem dem Bundesministerium für Bildung und Forschung für die Förderung des Verbundvorhabens r², in dessen Begleitvorhaben die Daten ermittelt und berechnet wurden, die Grundlage dieser Veröffentlichung sind.

5. Literatur

- [1] Albrecht, S.; Bollhöfer, E.; Brandstetter, P.; Fröhling, M.; Mattes, K.; Ostertag, K.; Peuckert, J.; Seitz, R.; Trippe, F.; Woidasky, J.: Ressourceneffizienzpotenziale von Innovationen in rohstoffnahen Produktionsprozessen. *Chemie Ingenieur Technik* 84 (10), 2012, pp. 1651-1665
- [2] BMWi: Rohstoffstrategie der Bundesregierung. Sicherung einer nachhaltigen Rohstoffversorgung Deutschlands mit nicht-energetischen mineralischen Rohstoffen. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, 2010
- [3] Bundesregierung: Nationale Nachhaltigkeitstrategie. Fortschrittsbericht 2012. Berlin: Presse- und Informationsamt der Bundesregierung, 2012
- [4] Davis, L. W.: Durable Goods and Residential Demand for Energy and Water: Evidence from a Field Trial. *Rand Journal of Economics* 39 (2), 2008, S. 530–546
- [5] DeStatis, Produzierendes Gewerbe. Kostenstruktur der Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden, Fachserie 4, Reihe 4.3, Wiesbaden: Statistisches Bundesamt, 2013
- [6] Dimitropoulos, J.: Energy productivity improvements and the rebound effect: An overview of the state of knowledge. *Energy Policy* 35 (12), 2007, S. 6354–6363
- [7] Dubin, J. A.; Miedema, A. K.; Chandran, R. V.: Price effects of energy-efficient technologies: a study of residential demand for heating and cooling. *Rand Journal of Economics* 17 (3), 1986, S. 310–325
- [8] European Commission: 699 Communication The raw materials initiative - meeting our critical needs for growth and jobs in Europe. Online verfügbar unter <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0699:FIN:en:PDF>, 2008
- [9] Freire-González, J.: Methods to empirically estimate direct and indirect rebound effect of energy-saving technological changes in households. *Ecological Modelling* 223 (1), S. 32–40. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2011.09.001
- [10] Giegrich, J.; Liebich, A.; Lauwigi, C.; Reinhardt, J.: Indikatoren/Kennzahlen für den Rohstoffverbrauch im Rahmen der Nachhaltigkeitsdiskussion. Texte 01/2012, Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt, 2012
- [11] Guertin, C.; Kumbhakar, S.; Duraiappah, A.: Determining demand for energy services: investigating income-driven behaviours. International Institute for Sustainable Development, 2003
- [12] Hausman, J. A.: Individual discount rates and the purchase and utilization of energy-using durables. *Bell Journal of Economics* 10 (1), 1979, S. 33–54
- [13] Jones, C. T.: Another look at U.S. passenger vehicle use and the 'rebound' effect from improved fuel efficiency, *The Energy Journal* 14(4), 1993, S. 99-110

- [14] Khazzoom, J. D.: An Econometric Model Integrating Conservation in the Estimation of the Residential Demand for Electricity. Greenwich, CT: JAI Press, 1986
- [15] Maxwell, D.; McAndrew, L. (2011), Addressing the rebound effect. Final report to European Commission DG ENV framework contract ENV.G.4/FRA/2008/0112
- [16] Meyer, B.; Distelkamp, M.; Wolter, M. I.: Material efficiency and economic-environmental sustainability. Results of simulations for Germany with the model PANTA RHEI. *Ecological Economics* 63 (1), 2007, S. 192–200
- [17] Meyer, B.; Meyer, M.; Distelkamp, M.: Modeling green growth and resource efficiency: new results. *Mineral Economics* 24 (2-3), 2012, S. 145–154
- [18] Nässén, J.; Holmberg, J.: Quantifying the rebound effects of energy efficiency improvements and energy conserving behaviour in Sweden. *Energy Efficiency* 2 (3), 2009, S. 221–231
- [19] Ostertag, K.; Marscheider-Weidemann, F.; Niederste-Holleberg, J.; Paitz, P.; Sartorius, C.; Walz, R.; Moller, B.; Seitz, R.; Woidasky, J.; Stier, C.; Albrecht, S.; Brandstetter, C.P.; Fröhling, M.; Trippe, F.; Müller, J.; Mayer, W.A.; Faulstich M.: Ergebnisse der r^2 -Begleitforschung: Potenziale von Innovationen in rohstoffintensiven Produktionsprozessen, in *Innovative Technologien für Ressourceneffizienz in rohstoffintensiven Produktionsprozessen*, (J. Woidasky et al., Hg.), Kap. 5.2, S. 356–390, Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2013
- [20] Schwartz, P. M.; Taylor, T. N.: Cold hands, warm hearth? Climate, net takeback, and household comfort. In: *Energy Journal* 16 (1), 1995, S. 41–54
- [21] Semboja, H.H.H.: The effects of an increase in energy efficiency on the Kenya economy. *Energy Policy* 22 (3), 1994, S. 217–225
- [22] Small, K. A.; van Dender, K.: A Study to Evaluate the Effect of Reduced Greenhouse Gas Emissions on Vehicle Miles Travelled. Prepared for State of California Air Resources Board, the California Environment Protection Agency and the California Energy Commission, Final Report ARB Contract Number 02–336. Department of Economics, University of California, Irvine, 2005
- [23] Sorrell, S.: *The Rebound Effect: an assessment of the evidence for economy-wide energy savings from improved energy efficiency*. London: UK Energy Research Centre, 2007
- [24] Sorrell, S.; Dimitropoulos, J.; Sommerville, M.: Empirical estimates of the direct rebound effect: A review. *Energy Policy* 37 (4), 2009, S. 1356–1371
- [25] Thomas, B. A.; Azevedo, I. L.: Estimating direct and indirect rebound effects for U.S. households with input–output analysis Part 1: Theoretical framework, *Ecological Economics* 86, 2013, S. 199–210
- [26] Van Es, G.; Groot, A. de; Velthuisen, J.; van Leeuwen, M.: A description of the SEO Computable General Equilibrium Model. SEO Report no. 477, Foundation for Economic Research. Amsterdam, 1998

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar

Karl J. Thomé-Kozmiensky, Daniel Goldmann (Hrsg.):
Recycling und Rohstoffe – Band 8

ISBN 978-3-944310-20-6 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Copyright: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky
Alle Rechte vorbehalten

Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky • Neuruppin 2015
Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky,
Dr.-Ing. Stephanie Thiel, M.Sc. Elisabeth Thomé-Kozmiensky
Erfassung und Layout: Ginette Teske, Sandra Peters, Carolin Bienert, Janin Burbott,
Max Müller, Cordula Müller
Druck: Mediengruppe Universal Grafische Betriebe München GmbH, München

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funk-sendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.