

Workshopdokumentation 1

Sektorale Rebound-Effekte verstehen – Effizienz und Wachstum im verarbeitenden Gewerbe

Berlin, 22. August 2019

ReCap

Makro-Rebounds
begrenzen



Impressum

Autor/innen:

Jan Peuckert, Nick von Andrian

Projektleitung:

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)
Potsdamer Str. 105, 10785 Berlin
www.ioew.de

Kooperationspartner:

GWS – Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung
Heinrichstraße 30, 49080 Osnabrück
www.gws-os.com

Universität Göttingen – Lehrstuhl Statistik
Humboldtallee 3, 37073 Göttingen
www.uni-goettingen.de

Der vorliegende Beitrag entstand im Forschungsprojekt „ReCap – Untersuchung der Rolle der Energie- und Ressourcenproduktivität für ökonomisches Wachstum und Entwicklung von politischen Instrumenten zur Eindämmung makroökonomischer Rebound-Effekte“. Das Projekt ist Teil der Fördermaßnahme „Rebound-Effekte aus sozial-ökologischer Perspektive“, gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) in der Sozial-Ökologischen Forschung (SÖF).

Förderkennzeichen 01UT170

Für nähere Informationen zum Projekt: www.macro-rebounds.org

Berlin, 28. August 2019



1 Einleitung

Bis 2050 will Europa Klimaneutralität erreichen. Deutschland schließt sich diesem Ziel an und strebt im Entwurf für ein Klimaschutzgesetz konkrete Minderungsziele für die Industrie an. Deren CO₂-Ausstoß soll bis 2030 halbiert werden gegenüber 1990. Ein solches Gesetz würde die Industrie vor große Herausforderungen stellen. Die effektive Eindämmung der Klimabelastung verlangt umfassende Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz

Die erheblichen Effizienzfortschritte der Vergangenheit führten jedoch nicht gleichermaßen zu Emissionsminderungen, weil sogenannte Rebound-Effekte verhindern, dass die ökologischen Einsparpotenziale vollends ausgeschöpft werden. Ökonometrische Schätzungen zeigen, dass sich das Ausmaß dieser Effekte zwischen den verschiedenen Sektoren des verarbeitenden Gewerbes deutlich unterscheidet. Weshalb diese Unterschiede existieren, ist eine offene Frage.

2 Zielsetzung

Der Workshop „Sektorale Rebound-Effekte verstehen – Effizienz und Wachstum im Verarbeitenden Gewerbe“ versammelte etwa 20 Fachleute aus Wirtschaft und Wissenschaft, um Zwischenergebnisse des Forschungsprojekts ReCap zu präsentieren und diese Fragen eingehender zu diskutieren: Wie wirken sich Effizienzmaßnahmen auf Produktion und Ressourcenverbrauch aus? Welche Mechanismen liegen den Rebound-Effekten eigentlich zugrunde? Welche Faktoren bestimmen die Höhe der Rebounds? Durch welche Rahmenbedingungen werden sie effektiv beeinflusst? Welche Ansätze sind vielversprechend, um die ökologischen Potenziale besser auszuschöpfen?

Als Diskussionsgrundlage für den Workshop wurde ein FactSheet verfasst und im Vorfeld an die registrierten Teilnehmer/innen versandt, um ihnen eine Vorbereitung auf die geplanten Gruppendiskussionen zu ermöglichen.

Das FactSheet fasst wichtige Wirkungshypothesen und erste empirische Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt zusammen und steht auf der Veranstaltungsseite allen Interessierten zum Download zur Verfügung:

<https://www.macro-rebounds.org/app/download/8070518763/Factsheet.pdf?t=1566290545>

3 Programm

- 9.00 Uhr *Empfang und Kaffeetrinken*
- 9.30 Uhr** **Begrüßung und Einführung**
Vorstellung des ReCap-Projekts, aktuelle Relevanz der Rebound-Diskussion, Erwartungen an den Workshop, Vorstellungsrunde der Teilnehmenden
Dr. Jan Peuckert, IÖW
- 10.00 Uhr** **Sektorale Rebound-Effekte**
Definition, Taxonomie und Einordnung von sektoralen Rebound-Effekten, Thesen zum Zusammenhang von Effizienz und Wachstum
Dr. Steffen Lange, IÖW
- 10.30 Uhr *Kaffeepause*
- 11.00 Uhr** **Ressourceneffizienzstrategien und -potenziale im verarbeitenden Gewerbe**
Dr.-Ing. Katja Saulich, VDI ZRE
- 11.45 Uhr** **Entwicklung von Effizienz und Wachstum in der Chemieindustrie**
Dipl.-Kfm. Tilman Benzing, VCI
- 12:30 Uhr *Mittagspause*
- 13.30 Uhr** **Effizienz und Rebound-Effekte im verarbeitenden Gewerbe**
Ausmaß der Rebound-Effekte und Bestimmungsfaktoren
Anne Berner, Uni Göttingen
- 14.30 Uhr** **Gruppendiskussion**
14.45 Uhr Runde 1: Diskussion in Kleingruppen
- 15.15 Uhr *Kaffeepause*
15.30 Uhr Runde 2: Diskussion in Kleingruppen
16.00 Uhr Präsentation der Ergebnisse im Plenum
- 16.15 Uhr** **Verabschiedung**
Ausblick auf weiteres Vorgehen im Projekt
- 16.30 Uhr *Ende der Veranstaltung*

4 Teilnehmende

Nachname	Vorname	Institution
Ahmann	Lara	Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung (GWS)
Bartram	Detlef	Neu Kaliss Spezialpapier GmbH
Benzing	Tilman	Verband der Chemischen Industrie (VCI)
Bergmann	Kai	GermanWatch
Berner	Anne	Universität Göttingen, Lehrstuhl für Statistik
Köveker	Till	Toulouse School of Economics
Lange	Steffen	Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)
Ober	Steffi	Plattform Forschungswende
Peuckert	Jan	Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)
Raiß	Anna	Zentralverband Elektrotechnik- und Elektroindustrie e.V.
Saulich	Katja	VDI Zentrum für Ressourceneffizienz GmbH
Schöpflin	Patrick	Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)
Sehgal	Paul	Technische Universität Berlin
Silbersdorff	Alexander	Universität Göttingen, Lehrstuhl für Statistik
Smuda	Angelika	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU)
von Andrian	Nick	Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)
von Kempis	Franz-Josef	Bundesverband Deutsche Industrie e.V.

5 Protokoll

5.1 Begrüßung und Einführung

Die Teilnehmer/innen des Workshops werden von Dr. Peuckert im Namen des ReCap Projektteams begrüßt. Herr Peuckert stellt kurz das Forschungsprojekt ReCap vor und beschreibt die Funktion des Workshops innerhalb des Projekts als Bestandteil des *Policy Innovation Lab*, welches den transdisziplinären Austausch und die Kontextualisierung und Anreicherung der Forschungsergebnisse durch Praxiswissen anstrebt.

Ausgehend vom Effizienzbegriff erläutert Herr Peuckert die Grundproblematik bei der Verwendung von Effizienzgewinnen aus umweltpolitischer Perspektive: die Steigerung der Effizienz führt nicht zwingend zu Ressourceneinsparungen. Vielmehr kann die Verbesserung des Verhältnisses von Aufwand und Nutzen zu einem Mehrverbrauch führen, der dem ökologischen Einsparziel zuwiderläuft.

Rebound-Effekte beschreiben die Folgen von Effizienzverbesserungen, die zu einem Mehrverbrauch führen und deshalb Einsparungen verringern. Sie werden am technisch möglichen Einsparpotenzial bemessen, indem sie als der nicht-realisierte Anteil der möglichen Einsparungen angegeben werden.

Am Beispiel der chemischen Industrie veranschaulicht Herr Peuckert den Unterschied zwischen spezifischem und absolutem Ressourcenverbrauch. Während die Chemieindustrie den spezifischen Energieverbrauch von 1990 bis 2017 um 69% deutlich absenken konnte, ist der absolute Energieverbrauch lediglich um 14% gesunken, weil die Chemieproduktion im selben Zeitraum um 69% gewachsen ist. Ist das beobachtete Wachstum zumindest teilweise eine Folge von Effizienzsteigerungen, kann die Eindämmung von Rebound-Effekten einen wichtigen Beitrag zur Erreichung nationaler und sektoraler Klimaziele leisten.

Die Rebound-Diskussion sei laut Herrn Peuckert übermäßig auf das Konsumentenverhalten fokussiert. Deshalb lege der Workshop den Fokus ausdrücklich auf produktionsseitige Rebound-Effekte, die auf die Entscheidungen von Unternehmen zurückzuführen sind. Die im Vorbereitungspapier dargestellten empirischen Schätzungen zielten darauf, diese Art von Rebound-Effekten besser zu verstehen. Die Diskussion der Ergebnisse im Workshop solle dabei helfen, die Schätzungsergebnisse, insbesondere die identifizierten Einflussfaktoren und die beobachteten Unterschiede im Ausmaß der Rebound-Effekte zwischen den verschiedenen Sektoren des verarbeitenden Gewerbes, einzuordnen und zu interpretieren.

ReCap
Makro-Rebounds begrenzen

Begrüßung und Einführung

Dr. Jan Peuckert, IÖW



Das Forschungsprojekt ReCap

- Makro-Rebounds begrenzen
 - Analyse des Zusammenhangs von Effizienz und Wirtschaftswachstums
 - Entwicklung und Bewertung politischer Instrumente zur Eindämmung gesamtwirtschaftlicher Rebound-Effekte
 - Prüfung der politischen Machbarkeit der vorgeschlagenen Maßnahmen in Zusammenarbeit mit relevanten Akteuren



Effizienz als Verhältnismaß

- Effizienz ist ein Maß für das Verhältnis von notwendigem Aufwand und erzieltm Nutzen.
 - Eine Effizienzverbesserung ist also gleichbedeutend mit einer Produktivitätssteigerung:
 - Es ist weniger Aufwand für den gleichen Nutzen nötig.
 - Mit gleichen Aufwand kann mehr Nutzen erzielt werden.
 - Dazwischenliegende Kombinationen sind möglich.
 - Die Förderung von Effizienzmaßnahmen geschieht häufig unter der Prämisse, dass dadurch Ressourcen eingespart würden.
 - In welchem Ausmaß die Effizienzgewinne tatsächlich für die Einsparung von Ressourcen oder für Expansion genutzt werden, ist aber unbestimmt.

Was sind Rebound-Effekte?

- Rebound-Effekte sind Folgen von Effizienzverbesserungen, die einen Mehrverbrauch verursachen und damit dem Einsparziel entgegenwirken.
 - Eine Vielzahl unterschiedlicher Wirkungen führt dazu, dass das Einsparpotenzial nicht vollends ausgeschöpft wird
 - Direkte / indirekte Effekte
 - Psychologische / ökonomisch-finanzielle Gründe
 - Intendierte / nicht-intendierte Verhaltensänderungen
 - Nachfrageseitige / produktionsseitige Entscheidungen
 - Rebound-Diskussion fokussiert auf den Konsumenten
 - Beispiele: Energiesparlampe, Hybridfahrzeuge

Beispiel: Rebound durch Leistungssteigerung

VW Käfer 1955	VW Beetle 2005
7,5 l / 100 km	7,1 l / 100 km (- 5%)
30 PS	75 PS (+ 150%)
730 kg	1200 kg (+ 61%)



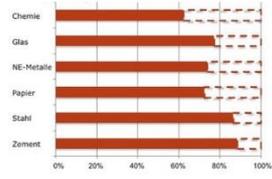
Relevanz produktionsseitiger Rebounds

- Die empirische Forschung zu produktionsseitigen Rebounds ist bisher noch sehr dünn
 - ReCap will hier einen wichtigen Beitrag leisten
- Auch Unternehmen können Rebound-Effekte herbeiführen:
 - Geringere Produktionskosten durch Produktion mit weniger Energie
 - Angebot billigerer Produkte, Ausstattung mit Zusatzfunktionen
 - Zusätzliche Umweltbelastungen durch Produktionsausweitung
- Große Relevanz für Klimapolitik (Sektorziele für Emissionen)
 - Effizienzstrategien als Schlüssel zur Emissionssenkung
 - Effizienzfortschritte werden immer schwieriger

Effizienzfortschritte in der Industrie

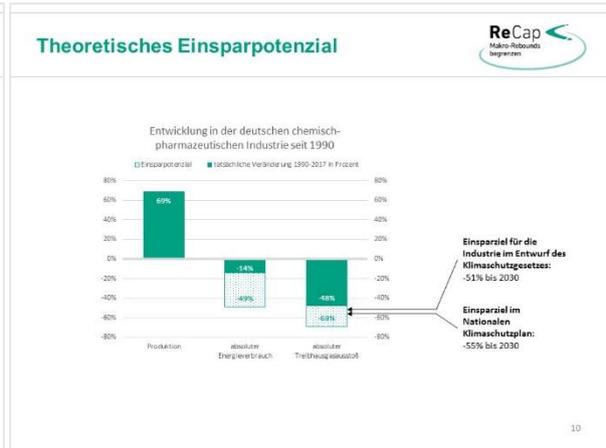
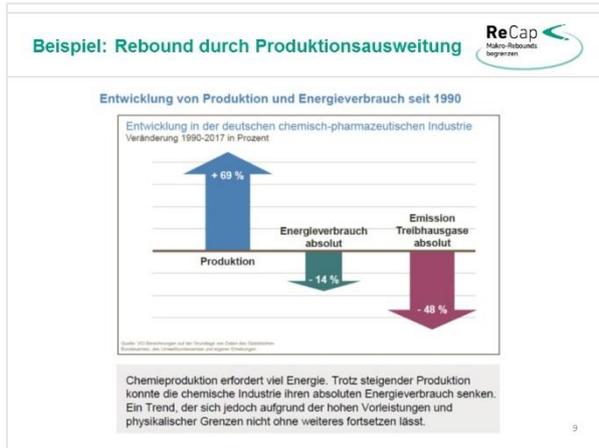
- Reduzierung des spezifischen Energieverbrauchs in der energieintensiven Industrie 1990 bis 2008
 - Wert für 2008 als prozentualer Anteil am Wert von 1990
 - Quelle: RWI, 2010

Industrie	Reduzierung (%)
1. Chemie	-38%
2. Papier	-28%
3. NE-Metalle	-25%



Schätzung von Rebound-Effekten

- Der Rebound-Effekt wird am (technisch möglichen) Einsparpotenzial bemessen.
 - Der spezifische Energieverbrauch beschreibt, welche Einsparungen technisch möglich sind.
- Der Rebound-Effekt wird durch den nicht realisierten Anteil der durch die Effizienzverbesserung ermöglichten Einsparungen beschrieben
 - Ein Rebound-Effekt von 70% bedeutet also, dass nur 30% der möglichen Einsparungen erzielt wurden.



- ### Ziele des Workshops
- ReCap
Makro-Rebounds begrenzen
- **Transdisziplinärer Austausch**
 - Verbreitung der Forschungsergebnisse
 - Kontextualisierung und Anreicherung durch Praxiswissen
 - **Bestandteil des Policy Innovation Lab**
 - Fernziel: Erarbeitung von Politikmaßnahmen, die zugleich wirksam und umsetzbar sind
 - Welche Interessen und Ziele verfolgen die Akteure?
 - Was erklärt die offenkundigen Unterschiede der Sektoren?
 - Welche Bestimmungsfaktoren lassen sich identifizieren?
 - Welche Rolle spielen Wachstums- und Wettbewerbsdruck?
- 11

5.2 Sektorale Rebound-Effekte

Dr. Steffen Lange verortet unter Verwendung der im ReCap-Projekt entwickelten Mehrebenen-Taxonomie die Diskussion sektoraler Rebound-Effekte innerhalb der Forschungsagenda des Vorhabens. Es wird deutlich, dass es sich bei den zugrundeliegenden empirischen Untersuchungen um Analysen auf mikroökonomischer und mesoökonomischer Ebene handelt, die im Zuge eines *bottom-up approach* zum Verständnis gesamtwirtschaftlicher Rebound-Effekte beitragen sollen.

Im Zentrum des Projekts stehe die Frage, inwieweit wirtschaftliches Wachstum und Rebound-Effekte miteinander zusammenhängen. Herr Lange stellt noch einmal klar, dass ein Mehrverbrauch durch Wachstum nur dann einen Rebound-Effekt darstellt, wenn die Ausweitung der Produktion ursächlich auf Effizienzverbesserungen zurückgeht. Es darf sich also nicht nur um parallel laufende Entwicklungen handeln, sondern es muss ein kausaler Zusammenhang zwischen beiden Beobachtungsgrößen bestehen. Diese Abhängigkeit gilt es im Projekt genauer in den Blick zu nehmen.

Zu diesem Zweck wurden im ReCap-Projekt Wirkungshypothesen entwickelt, die auf Grundlage theoretischer Vorüberlegungen und Literaturrecherchen einen möglichen Zusammenhang zwischen Wachstumstreibern und dem Ausmaß von Rebound-Effekten unterstellen, der durch empirische Untersuchungen überprüft werden kann. Die Logik dieser Thesen stellt Herr Lange vor, um sie mit den Teilnehmenden eingehend diskutieren zu können. Die vorgestellten Hypothesen sind teilweise bereits im Vorbereitungspapier dargestellt, gehen aber darüber hinaus (siehe Vortragsfolien). Herr Lange öffnet sodann die Diskussion für Fragen und Kommentare aus dem Publikum.

Ein Teilnehmer stellt den unterstellten Zusammenhang von Internationalisierung und Rebound in Frage, da der Marktmacht-Hypothese folgend auch gegenteilige Erwartungen gerechtfertigt wären: Eine langsamere Diffusion von Effizienzverbesserungen im internationalen Kontext würde einem Unternehmen mehr Marktmacht verleihen. Aus diesem Grund müsste das Unternehmen entstehende Kostenvorteile nicht unmittelbar an seine Kunden weitergeben. Effizienzgewinne würden nur teilweise in eine wachsende Produktion umgesetzt und zum Teil in wachsende Unternehmensgewinne.

Eine Teilnehmerin äußert den Wunsch, dass bei den Betrachtungen der Zusammenhang zwischen Effizienzsteigerungen und Arbeitsplätzen mehr Berücksichtigung finde. Ein anderer Teilnehmer merkt an, dass ausdifferenzierte Unternehmen auch die Möglichkeit hätten, Effizienzgewinne aus gesättigten Märkten in ungesättigte Märkte umzuschichten, weshalb möglicherweise Kreuzeffekte eine beachtliche Rolle spielten. Die Kritik eines weiteren Teilnehmers richtet sich gegen die implizite Annahme, dass Effizienzmaßnahmen exogen gegeben seien, da unternehmerische Investitionsentscheidungen in derartige Effizienzverbesserungen endogen von der Marktentwicklung abhingen. Außerdem würden sich mehrere der dargestellten Effekte überlagern und kumulieren, weshalb eine kausale Zuordnung äußerst schwierig sei. Ein weiterer Teilnehmer merkt an, dass die Eigentumsform eines Unternehmens ein relevanter Erklärungsfaktor für den Umgang mit Effizienzgewinnen sein könnte. Außerdem würden Effizienzsteigerungen in Unternehmen nicht als absolute, sondern nur als relative Energieeinsparung gemessen.

ReCap
Makro-Rebounds begrenzen

Sektorale Rebound-Effekte

Dr. Steffen Lange, IÖW

Publication

Steffen Lange, Maximilian Banning, Anne Berner, Florian Kem, Christian Lutz, Jan Peuckert, Timon Santarini, Alexander Sidersdorf

ReCap Arbeitsbericht 1

Economy-Wide Rebound Effects: State of the art, a new taxonomy, policy and research gaps

Discussion Paper

ReCap
Makro-Rebounds begrenzen

macro-rebounds.org 2

Bottom up and top down approaches

- Energy per unit of output
- Energy

3

ReCap
Makro-Rebound begrenzen

economy-wide rebound effect

macroeconomic rebound effects

international trade and education	international energy markets
national	general market price of energy
	macroeconomic multiplier

mesoeconomic rebound effects

single energy market	energy price in one energy market
international goods and services	output
	lower prices and higher rates
final goods and services	lower prices and higher rates
	income
	substitution

microeconomic rebound effects

firm	direct	output	indirect
		substitution	
household	direct	output	indirect
		substitution	

Wirkungshypothesen

- **Energiekostenanteil**
 - Höherer Kostenanteil -> Höhere Einsparungen -> stärkere Möglichkeit zu expandieren oder Preise zu senken -> höhere Rebounds
- **Marktsättigung**
 - Markt gesättigt -> geringere Expansionsmöglichkeiten -> geringere Nutzung der Effizienz zur Ausweitung der Produktion -> geringere Rebounds
- **Investitionsneigung**
 - Investitionen -> Unternehmen auf Expansionspfad -> höhere Rebounds
- **Marktmacht**
 - Marktmacht -> geringerer Druck Effizienzinsparungen an Verbraucher weiterzugeben -> weniger Rebounds
- **Innovationsgrad**
 - Firmen sind innovativ -> nutzen Effizienzgewinne zur Ausweitung der Produktion oder um neue Produkte auf den Markt zu bringen -> Expansion der Produktion -> höhere Rebounds
- **Internationalität**
 - Starke Integration in internationale Märkte -> größerer Wettbewerbsvorteil -> stärkere Expansion -> höhere Rebounds
- **Autarkiegrad**
 - Finanzmittel: höherer Grad externer Mittel -> Sicherheitsbedürfnis, diese zurückzahlen zu können -> Expansion -> höhere Rebound-Effekte
 - Energie, natürliche Ressourcen??

5

5.3 Ressourceneffizienzstrategien und - Potentiale im verarbeitenden Gewerbe

Frau Dr.-Ing. Katja Saulich stellte zunächst das VDI Zentrum für Ressourceneffizienz (ZRE) vor, das im Auftrag des BMU kleine und mittelständige Unternehmen bei der Umsetzung von Ressourceneffizienzmaßnahmen unterstützt. Ressourcen, wie Rohstoffe und Energie, seien wichtige Produktionsfaktoren im verarbeitenden Gewerbe. Für Material fielen im produzierenden Gewerbe durchschnittlich 41% der Kosten an, wohingegen Energiekosten lediglich 2% ausmachten.

Als die wichtigsten Gründe von Unternehmen für die Teilnahme an Fördermaßnahmen zur Effizienzsteigerung können auf Grundlage einer Umfrage des VDI ZRE vor allem Kosteneinsparpotenziale und Wettbewerbsvorteile ausgemacht werden. Wichtige Hemmnisse beständen dagegen in einer Zurückhaltung aus Gründen der Geheimhaltung oder einer möglichen Gefährdung der Prozesssicherheit sowie ferner aufgrund langer Amortisationszeiten derartiger Investitionen. Für die Studie wurden bundesweit etwa 1000 Unternehmensentscheider in acht Branchen des verarbeitenden Gewerbes befragt: chemische Industrie, Kunststoffindustrie, Metallverarbeitung, Herstellung von Metallerzeugnissen, Maschinenbau, Steuertechnik, Fahrzeugbau sowie Elektrotechnik.

Wichtige Ansatzpunkte für Effizienzsteigerung lägen in der Produktion, aber auch in der Produktionsumgebung (z.B.: Beleuchtung, Druckluft, Wärme und Kälte, Pumpen und Rohre, Solarthermie, IT, Gebäudeisolierung) und vor allem auch bei der Produktentwicklung (z.B.: kreislaufgerechte Gestaltung). Frau Saulich führt verschiedene Beispiele für derartige Ansätze auf.

Auf die Frage eines Workshop-Teilnehmers, ob es Studien/Ansätze zur Rolle der Mitarbeitenden und deren Motivation bei Effizienzmaßnahmen mitzuwirken (Rolle von Kommunikation, Organisationskultur) gäbe, antwortet Frau Saulich, dass die Mitarbeiterbindung eine Schlüsselrolle für Innovation spiele. Es mache einen großen Unterschied, ob die Durchführung von Effizienzmaßnahmen *top-down* verordnet oder *bottom-up* von Ideen der Belegschaft getragen würde. Ein Teilnehmer bestätigt diese Wahrnehmung durch eigene Praxiserfahrungen: *top-down* seien Veränderungen nur schwer umzusetzen, deshalb gäbe es viele Bemühungen, die Belegschaft mitzunehmen.

Eine Frage aus dem Publikum richtete sich auf die genaue Definition der Materialkosten, da ein durchschnittlicher Anteil von 41% an den Kosten erstaunlich hoch erscheine. Es wurde klargestellt, dass dazu auch die Kosten für Bauteile, Baugruppen, Vorprodukte, Halbzeuge zählten. Die Tatsache, dass auch Vorprodukte in die Materialkosten eingerechnet würden, könne dazu führen, dass hierfür anfallende Kosten über Zulieferungen innerhalb des verarbeitenden Gewerbe hinweg doppelt gezählt würden, merkt ein Teilnehmer an.

Eine Teilnehmerin möchte wissen, welcher Art die als Grund für die Inanspruchnahme von Förderprogrammen erwähnten „Kundenanforderungen“ seien. Die Anforderungen konnten an dieser Stelle jedoch nicht weiter spezifiziert werden. Die zugrundeliegende Studie stehe jedoch auf der Seite des VDI ZRE zur Verfügung.

Da offenbar spezifische Ressourceneinsparungen bei unternehmerischen Entscheidungen im Vordergrund stünden, fragt ein Teilnehmer, welche Ansatzpunkte es gäbe, Unternehmen zu absoluten Einsparungen zu bewegen. Frau Saulich führt dazu aus, dass es aus ihrer Sicht eigentlich nur wenige idealistisch motivierte KMU gibt, die Effizienzmaßnahmen nicht

wegen der Kosteneinsparung, sondern nur wegen der Reduktion des Ressourcenverbrauchs durchführen. Als ein mögliches Argument für absolute Einsparungen könne jedoch die Erlangung von größerer Unabhängigkeit von ausländischen Beschaffungsmärkten, die Preisschwankungen und Versorgungsrisiken insbesondere bei kritischen Rohstoffen aufweisen, angeführt werden.

VDI Zentrum Ressourceneffizienz



Ressourceneffizienz im verarbeitenden Gewerbe – Potenziale und Strategien

Dr.-Ing. Katja Saulich
VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH
ReCap Workshop
Berlin, 22. August 2019

© Ansgar van Trecck

© VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH

Seite 1 | ReCap-Workshop | 22. August 2019 www.vdi-zre.de

VDI Zentrum Ressourceneffizienz

VDI Zentrum Ressourceneffizienz (VDI ZRE)

- Fokus auf Ressourceneffizienz in der betrieblichen Praxis durch Anbindung an den VDI
- Kompetenzzentrum für bedarfsgerechte Aufbereitung von technischem RE-Wissen für KMU
- Setzung von Standards durch Entwicklung von VDI-Richtlinien zur Ressourceneffizienz in Zusammenarbeit mit dem VDI e. V.




© Fotostudio Agoro
© VDI/Thomas Grottel

© VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH

Seite 2 | ReCap-Workshop | 22. August 2019 www.vdi-zre.de

VDI Zentrum Ressourceneffizienz

Agenda

- Was ist Ressourceneffizienz?
- Warum Ressourceneffizienz?
- Treiber und Hemmnisse
- Strategien zur Steigerung von Ressourceneffizienz

© VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH

Seite 3 | ReCap-Workshop | 22. August 2019 www.vdi-zre.de

VDI Zentrum Ressourceneffizienz

Was ist Ressourceneffizienz?



© VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH

Seite 4 | ReCap-Workshop | 22. August 2019 www.vdi-zre.de

VDI Zentrum Ressourceneffizienz

Einsparen natürliche Ressourcen

Rohstoffe



© merkholz - Fotolia.com

Energieressourcen



© VDI ZRE - Drechsler

Wasser



© artissdesign_uk - Fotolia.com

Luft



© VDI ZRE - Obereiner

Fläche & Boden



© Valery Sharen / Fotolia.com

Ökosystemdienstl.



© cora obenfrankel / Fotolia.com

Definition nach VDI 4800 Blatt 1 (2016) und in Anlehnung an Europäische Kommission (2005)

© VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH

Seite 5 | ReCap-Workshop | 22. August 2019 www.vdi-zre.de

VDI Zentrum Ressourceneffizienz

Definition von Ressourceneffizienz

Vorteile von Ressourceneffizienz

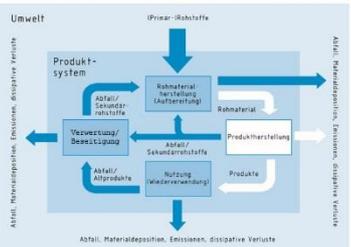
- Einsparung von Material- und Energiekostenreduktion → **Senkung der Herstellkosten**
- Schonung der Umwelt
- Abhängigkeiten von Beschaffungsmärkten und Versorgungsrisiken mindern
- Marktposition und Wettbewerbsfähigkeit verbessern
- Produkt- und Prozessinnovationen erreichen

© VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH

Seite 6 | ReCap-Workshop | 22. August 2019 www.vdi-zre.de

VDI Zentrum Ressourceneffizienz

Ressourceneinsatz im Lebensweg



Vgl. VDI 4800 Blatt 1: 2016-02, S 19 Wiedergegeben mit Erlaubnis des Vereins Deutscher Ingenieure e.V.

© VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH

Seite 7 | ReCap-Workshop | 22. August 2019 www.vdi-zre.de

VDI Zentrum Ressourceneffizienz

Warum Ressourceneffizienz? - Aus Unternehmensperspektive -



© VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH

Seite 8 | ReCap-Workshop | 22. August 2019 www.vdi-zre.de

VDI Zentrum Ressourceneffizienz

Wieso spielt Ressourceneffizienz eine Rolle?

Bruttoproduktionswert = 100%

Quelle: Statistisches Bundesamt (2018) Produzierendes Gewerbe – Kundenstruktur, Fachserie 4 Reihe 4.3, S. 209

Klarer ökonomischer Anreiz, verbunden mit positiven ökologischen, und sozialen Effekten.

© VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH

Seite 9 | ReCap-Workshop | 22. August 2019 www.vdi-zre.de

VDI Zentrum Ressourceneffizienz

Branchenperspektive RE – Umfrage im Mittelstand

Welchen dieser Aussagen stimmen Sie zu?

- In unserer Branche sind sämtliche Ressourceneffizienz-Potenziale bereits ausgeschöpft

Ressourceneffizienz-Potenziale sind **noch nicht** ausgeschöpft.

Quelle: VDI ZRE (2015) Studie Status quo Ressourceneffizienz www.resource-deutschland.de/publikationen/studien

© VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH

Seite 10 | ReCap-Workshop | 22. August 2019 www.vdi-zre.de

VDI Zentrum Ressourceneffizienz

Was sind die Treiber und Hemmnisse?

© VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH

Seite 11 | ReCap-Workshop | 22. August 2019 www.vdi-zre.de

VDI Zentrum Ressourceneffizienz

Treiber-Relevanz bei Umsetzung von RE-Maßnahmen

Ergebnisse KMU Umfrage des VDI ZRE 2015

Hohe Ausprägung bei vier von acht Treibern

Stärkste Relevanz von Treibern mit unternehmerischen und betriebswirtschaftlichen Bezug

Quelle: VDI ZRE (2015) Studie Status quo Ressourceneffizienz www.resource-deutschland.de/publikationen/studien

© VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH

Seite 12 | ReCap-Workshop | 22. August 2019 www.vdi-zre.de

VDI Zentrum Ressourceneffizienz

Hemmnis-Relevanz bei Umsetzung von RE-Maßnahmen

Ergebnisse KMU Umfrage des VDI ZRE 2015

Hohe Ausprägung bei sechs von zehn Hemmnissen

Stärkste Relevanz von Hemmnissen mit betriebswirtschaftlichen Aspekten

Starke Relevanz der Prozesssicherheit

Quelle: VDI ZRE (2015) Studie Status quo Ressourceneffizienz www.resource-deutschland.de/publikationen/studien

© VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH

Seite 13 | ReCap-Workshop | 22. August 2019 www.vdi-zre.de

VDI Zentrum Ressourceneffizienz

Wo können Unternehmen ansetzen?

© VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH

Seite 14 | ReCap-Workshop | 22. August 2019 www.vdi-zre.de

VDI Zentrum Ressourceneffizienz

Minimierung des Bearbeitungsvolumens

Herstellung von Titangroßbauteilen

Verlustquellen:

- Hohes Spanvolumen
- Hohe Zerspanungsabfälle

Lösungsprinzip:

- Endabmessungsnahes Urformen

Maßnahmen:

- Gießen statt Fräsen aus Vollmaterial

Einsparungen:

- 80 % Materialeinsparung je kg Fertigteil (2 kg statt 10 kg)
- 75 % Energieeinsparung
- 30 % Kosteneinsparung
- Geringerer Werkzeugverschleiß

Quelle 1: VDI ZRE/VEB/Aggatz, Titel: Fräsen gießen statt großer Hobel, Quelle 2: Effizienz-Agentur UfW (2009)

© VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH

Seite 17 | ReCap-Workshop | 22. August 2019 www.vdi-zre.de

VDI Zentrum Ressourceneffizienz

Produktionsumgebung

Ansätze zur Steigerung der Ressourceneffizienz

© VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH

Seite 18 | ReCap-Workshop | 22. August 2019 www.vdi-zre.de

VDI Zentrum Ressourceneffizienz

Effiziente Druckluftnutzung und -bereitstellung

Verlustquellen
Hohe Energieverluste bei Bereitstellung der Druckluft:

- ineffiziente Druckluftherzeugung
- Abwärme
- Leckagen



Druckluftverteilungssystem

Quelle: Nussli, N. (2015): Metallwerke: spart mit Druckluft 20 % Energie ein. Maschinenmarkt KW19.

Seite 19 | ReCap-Workshop | 22. August 2019 www.vdi-zre.de

VDI Zentrum Ressourceneffizienz

Effiziente Druckluftnutzung und -bereitstellung

Druckluftsystem

Lösungsprinzip
Systemoptimierung

- Abwärmenutzung zur Beheizung der Werkhalle
- Einsatz von drehzahlgezieltem Antriebssystem
- Absenkung Druckniveau



Druckluftkompressor

RE-Potential
Nutzung von 70% der eingesetzten elektrischen Energie (vorher 3%)

Quelle: Nussli, N. (2015): Metallwerke: spart mit Druckluft 20 % Energie ein. Maschinenmarkt KW19.

Seite 20 | ReCap-Workshop | 22. August 2019 www.vdi-zre.de

VDI Zentrum Ressourceneffizienz

Effiziente Druckluftnutzung und -bereitstellung

Leckagen

Effizientes Datenmanagement

- systematisches Überprüfen des Leitungssystems mit Ultraschall-Messgerät
- punktgenaue Detektion kleinster Löcher
- Erfassung, Analyse und Bereitstellung der Leckagedaten mittels App

→ effiziente Reparatur- und Instandhaltungsplanung



Leckagemessungen Datenauswertung

RE-Potential

- 35.000 € Einsparung an Energiekosten
- Amortisationszeit der App von wenigen Wochen

Quelle: VDI-ZRE WebVideoMagazin: Industrie 4.0 nicht gemacht – Material und Energie sparen durch Apps

Seite 21 | ReCap-Workshop | 22. August 2019 www.vdi-zre.de

VDI Zentrum Ressourceneffizienz

Produktentwicklung

Ansätze zur Steigerung der Ressourceneffizienz



Strategien

- Kreislaufgerechte Produktgestaltung
- Ressourceneffiziente Produktnutzung
- Fertigungsgerechte Produktgestaltung
- Leichtbau

Seite 22 | ReCap-Workshop | 22. August 2019 www.vdi-zre.de

VDI Zentrum Ressourceneffizienz

Praxisbeispiel – Automation & Engineering GmbH

Ressourceneffiziente Gestaltung von Verpackung

- Zusammenhalt der Verpackungseinheit durch 40 Mikrometer dünne Bänderole anstelle des Einsatzes von Schrumpfolie
- Amortisation bereits nach einem Jahr (mittelständischer Getränkeabfüller)
- Übertragbarkeit der Anwendung auch auf andere Verpackungen



Bänderole zum Verpacken von Flaschen

RE-Potential

- 75% Material (i. V. zu herkömmlicher Methode)
- 90-95% Energie (durch Entfall der Erwärmung der Schrumpfolie)

Quelle: VDI-ZRE WebVideoMagazin: Takt! Weniger ist mehr: Weniger an mehr Verpackungsmaschinen, die Verpackungsentfall einsparen

Seite 23 | ReCap-Workshop | 22. August 2019 www.vdi-zre.de

VDI Zentrum Ressourceneffizienz

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Seite 24 | ReCap-Workshop | 22. August 2019 www.vdi-zre.de

7.1 Entwicklung von Effizienz und Wachstum in der Chemieindustrie

Herr Tilman Benzing präsentiert in seinem Vortrag verschiedene Kennzahlen und Fakten zur Struktur und Entwicklung der chemischen Industrie. Hinsichtlich der Bedeutung von Energieeffizienz sei interessant, dass die Chemieindustrie knapp 7% der Endenergie in Deutschland verbräuche, alle anderen Sektoren des Bergbaus und des verarbeitenden Gewerbes zusammengenommen nur etwa 22%. Ungefähr 10% des Stromverbrauchs in Deutschland gingen auf die Chemieindustrie zurück. Andere energieintensive Industrien verbrauchten hingegen insgesamt etwa 14% des erzeugten Stroms. Energieträger würden in der Chemieindustrie jedoch auch als Rohstoffe eingesetzt. So werde der Großteil der Mineralölprodukte und auch etwa ein Viertel des Erdgases stofflich und nicht energetisch verwertet.

Während der spezifische Energieverbrauch seit 1990 etwa halbiert werden konnte, liege der absolute Verbrauch aktuell zwischen 80% und 90% des Ausgangsniveaus. Im Zeitraum von 2004 bis 2014, auf den sich die empirischen Untersuchungen im ReCap-Projekt beziehen, sei aber auch der spezifische Energieverbrauch nur unwesentlich gesunken, da die großen Fortschritte in den zuvor liegenden Jahren erzielt wurden.

Zur Berechnung der Effizienzkennzahlen werde ein Produktionsindex verwendet. Bei dessen Interpretation sei zu beachten, dass es sich zwar im Prinzip um einen Mengenindex für die Produkte der Chemieindustrie handelt, der unabhängig von Preisschwankungen sein sollte. Da ein Mengenindex aber für die Pharmaindustrie nicht sinnvoll sei, weil es sich um teure Spezialprodukte handle, enthalte der Produktionsindex für die pharma-chemische Industrie auch preisliche Bewertungen des Outputs.

Bei der Kostenstruktur der chemischen Industrie hebt Herr Benzing hervor, dass Energiekosten im Durchschnitt nur etwa 3% der gesamten Kosten ausmachten, wohingegen der Materialverbrauch einen Anteil von etwa zwei Drittel der Gesamtkosten betrage. Es sei deshalb kaum haltbar, eine kausale Beziehung zwischen Energieeinsparungen durch Effizienzverbesserungen und wesentlichen unternehmerischen Entscheidungen (wie eine Produktionsausweitung) anzunehmen. Es gäbe viele andere und bedeutendere Hebel für Kosteneinsparungen und viele andere Investitionsmöglichkeiten mit Gewinnaussichten. Es sei somit kaum möglich, dass von Energieeffizienzsteigerungen wesentliche Impulse für das Wachstum bzw. die Ausweitung von Produktionskapazitäten der chemischen Industrie ausgingen. Vielmehr wären dafür allgemeine Marktentwicklungen und die Nachfrage nach chemischen Produkten entscheidend.

Hinsichtlich der graduellen Entkopplung von Energieverbrauch und dem Ausstoß von Kohlendioxid durch die chemische Industrie verweist Herr Benzing auf eine aktuelle Studie des VCI, die Anfang Oktober 2019 erscheine. Darin würden technologische Möglichkeiten für eine CO₂-freie Chemieproduktion bis 2050 aufgezeigt. Die Chemie werde in einem solchen Szenario viel energie- und vor allem strom-intensiver als heute. Die Verwendung erneuerbarer Energien erlaube eine klimafreundliche Steigerung des Energieverbrauchs. Entsprechend niedrig seien die Anreize zur Energieeinsparung aus Klimaschutzgründen. Andererseits werde der Anteil der Energiekosten an den Produktionskosten und damit der wirtschaftliche Anreiz zukünftig zunehmen. Derzeit sei jedoch fraglich, ob Energieeffizienz überhaupt einen relevanten Faktor für die Wirtschaftlichkeit darstelle.

Auf entsprechende Nachfragen aus dem Publikum, räumt Herr Benzing ein, dass die Chemieindustrie nicht allein ist mit der Strategie, verstärkt Strom aus erneuerbaren Quellen zu nutzen, um Klimaneutralität zu erreichen. Viele Branchen setzen auf eine ähnliche Strategie (Bsp. Verkehr), so dass der „Strom mehrfach überbucht“ sei. Allein für die Chemiebranche würde eine Umsetzung dieser Strategie auf eine Verelffachung des bisherigen Stromverbrauchs bis 2050 hinauslaufen.

Ein Teilnehmer fragt, warum Branchenvertretern in öffentlichen Diskussionen günstige Energiepreise häufig so erbittert verteidigen würden, wenn es sich dabei doch um einen vernachlässigbaren Kostenpunkt handele. Die Antwort von Herrn Benzing enthält zwei Argumente: Zum einen seien die Gewinnmargen aufgrund internationalen Wettbewerbs sehr schmal und eine Kostenerhöhung müsste im Verhältnis zum Gewinn betrachtet werden. Zum andere würden die Entlastungsregelungen für energieintensive Unternehmen erhebliche Kosteneinsparungen bedeuten und die vorgestellte Kostenstruktur würde diese Entlastungen bereits enthalten.



Entwicklung von (Energie-)Effizienz und Wachstum in der chemischen Industrie
Tilman Benzing, Berlin, 22. August 2019

VERBAND DER CHEMISCHEN INDUSTRIE e.V. VCI
WIR GESTALTEN ZUKUNFT.

- 1 **Energieverbrauch, Effizienz und Wachstum in der Chemie**
- 2 **Nexus Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit in der Chemie**
- 3 **Nexus Energieverbrauch und CO₂-Emissionen in der Chemie**

3

Chemie ist die Lehre der Umwandlung der Stoffe...



„Ich gehe auf die kühle Mole Und hol' für meine Mühle Kohle. Wozu brauchst du die Kohle, Mühle? Zu mahlen sie in Moleküle.“
Franz Mitterler

Quelle: kaiserschah - Fotolia.com
https://de.wikipedia.org/wiki/Periodensystem#Datei:Periodic_table_Germany_EN.svg

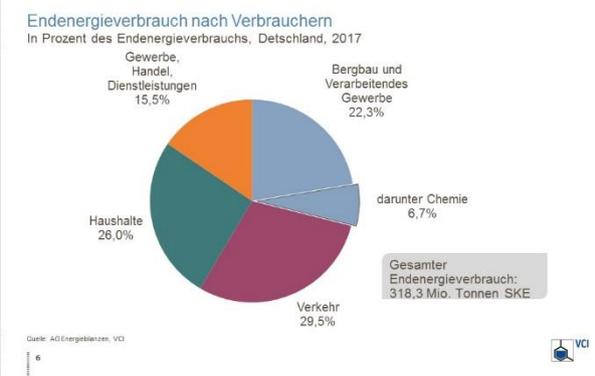
...praktisch umgesetzt von der chemischen Industrie



5

Anteil der chemischen Industrie am Energieverbrauch

Endenergieverbrauch nach Verbrauchern
In Prozent des Endenergieverbrauchs, Deutschland, 2017



Verbraucher	Anteil (%)
Gesamter Endenergieverbrauch	318,3 Mio. Tonnen SKE
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	15,5%
Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe	22,3%
Haushalte	28,0%
Verkehr	29,5%
darunter Chemie	6,7%

Quelle: AG Energiebilanzen, VCI

Anteil der chemischen Industrie am Stromverbrauch

Anteil der Sektoren am Stromverbrauch in Deutschland
In TWh und in Prozent, Deutschland, 2017



Sektor	Stromverbrauch (TWh)	Anteil (%)
Gesamter Stromverbrauch	520 TWh	-
Gewerbe, Handel, Dienstleistung, Bergbau, Verkehr	158	30,4%
energieintensive Industrie	75	14,3%
darunter Chemie	54	10,4%
restliche Industrie	104	20,0%
Haushalte	129	24,8%

Quelle: Destatis, AG Energiebilanzen, VCI

Übersicht Energieverbrauch Chemie/Pharma

Energieverbrauch in der Chemie/Pharma nach Energieträger	2017	Anteil am Verarbeitenden Gewerbe in Prozent
Strom	54 Mio. MWh	23,3
Gas	337 Mio. Gigajoule	31,7
Mineralölprodukte	2,0 Mio. Tonnen	16,6

Quelle: Destatis, VCI
Nur energetischer Einsatz

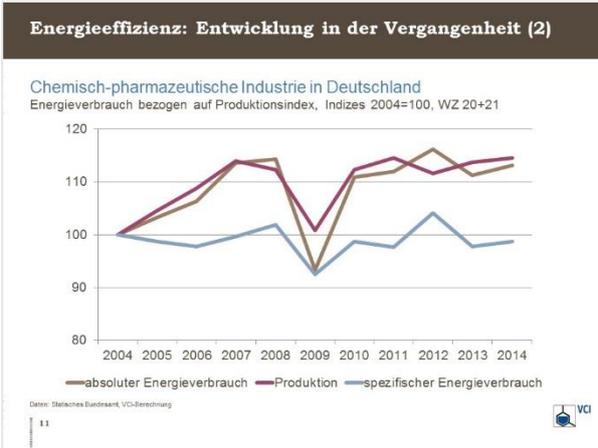
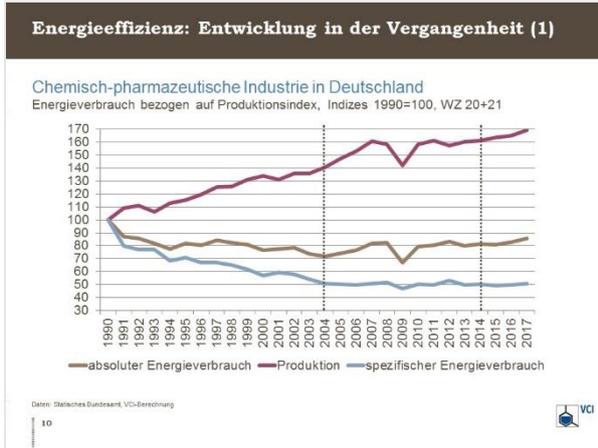
Chemie nutzt Energieträger auch als Rohstoff

Stofflicher und energetischer Einsatz in der Chemie
Mineralölprodukte und Erdgas nach Einsatzart, 2017



Energieträger	stofflicher Einsatz (Mio. Tonnen)	energetischer Einsatz (Mio. MWh)
Mineralölprodukte	15,5	1,3
Erdgas	33,4	103,7

Quelle: Destatis, VCI, VCI-Berechnungen



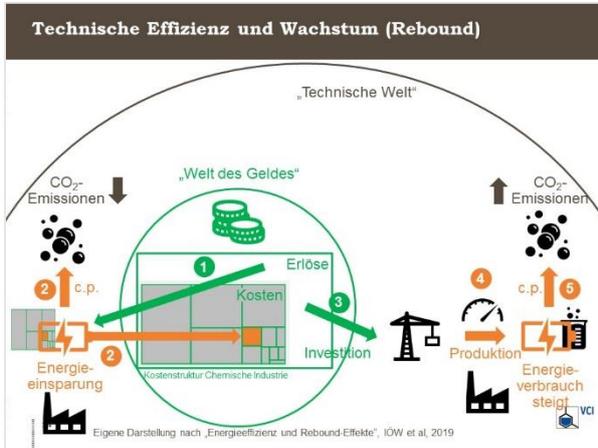
- 1 **Energieverbrauch, Effizienz und Wachstum in der Chemie**
- 2 **Nexus Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit in der Chemie**
- 3 **Nexus Energieverbrauch und CO₂-Emissionen in der Chemie**

Überlegungen zu Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit

- Energieeffizienz bezogen auf den Produktionsindex: Kennzahl für technische Effizienz, da die Produktionsmenge der Bezugswert ist (Ausnahme: Pharma, WZ21).
- Energieeffizienz bezogen auf den Produktionswert: Schlägt die Brücke zwischen der technischen Effizienz (Einsparung Produktionsfaktoren, Kostenreduktion) und der Wirtschaftlichkeit des Unternehmens (Differenz Erlöse/Kosten)
- Richtiger Bezug, der allerdings die Komplexität bei der Betrachtung von Wirkungsmechanismen wesentlich erhöht

↳ Lässt sich ein Wirkungszusammenhang herstellen ?

Technische Effizienz ↔ Wachstum (Rebound) ?

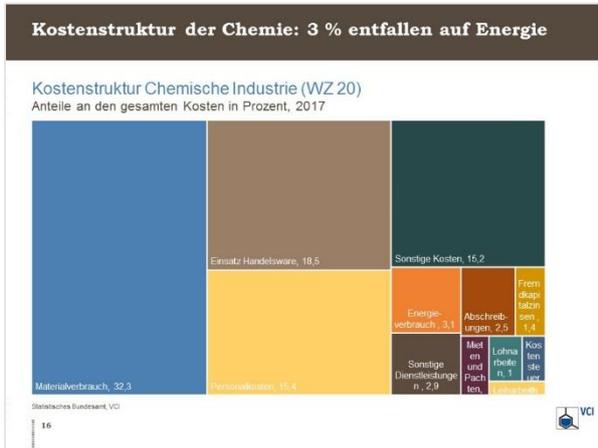


Struktur der Chemie: Produktionswerte nach Sparten

Wert der zum Absatz bestimmten Produktion – Amtliche Abgrenzung

2015	Mrd Euro	Anteil in Prozent
Chemisch-pharmazeutische Industrie (20+21)	153,1	100,0
Chemische Industrie (20)	117,0	76,4
Chemische Grundstoffe (20.1)	57,6	44,4
Industriegase (20.11)	1,1	0,7
Farbstoffe und Pigmente (20.12)	4,0	2,6
Sonstige anorganische Grundstoffe und Chemikalien (20.13)	8,4	5,5
Sonstige organische Grundstoffe und Chemikalien (20.14)	23,8	15,5
Düngemittel und Stickstoffverbindungen (20.15)	2,9	1,9
Kunststoffe in Primärformen (20.16)	25,4	17,3
Synthetischer Kautschuk in Primärformen (20.17)	1,3	0,8
Schädlingsbekämpfungsmittel, Pflanzenschutz- und Desinfektionsmittel (20.2)	3,1	2,0
Abschleim-, Druckfarben und Tinte (20.3)	5,1	3,3
Seifen, Wasch-, Reinigungs- und Körperpflegemittel sowie Duftstoffe (20.4)	10,4	6,8
Körperpflegemittel und Duftstoffe (20.41)	5,1	3,4
Körperpflegemittel und Duftstoffe (20.42)	5,3	3,4
Sonstige chemische Erzeugnisse (20.5)	22,2	14,5
Pyrotechnische Erzeugnisse (20.51)	0,4	0,3
Kunststoffe (20.6)	1,6	1,0
Ethanolische Öle (20.53)	2,1	1,4
Sonstige chemische Erzeugnisse anorg. (20.58)	17,7	11,6
Chemiefasern (20.9)	2,0	1,3
Veredelung von Erzeugnissen dieser Güterabteilung ¹	2,2	1,4
Pharmazeutische Industrie (21)	36,1	23,6
Pharmazeutische Grundstoffe (21.1)	3,7	2,4
Pharmazeutische Spezialitäten und sonstige pharmazeutische Erzeugnisse (21.2)	31,8	20,8
Veredelung von Erzeugnissen dieser Güterabteilung ¹	0,5	0,4

Chemiewirtschaft in Zahlen, Tab. 3b
Quellen: Destatis, VCI



Energieeffizienz als Treiber für Rebound-Effekte?

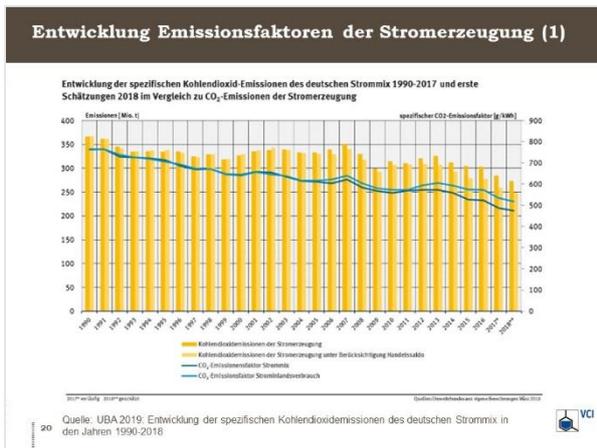
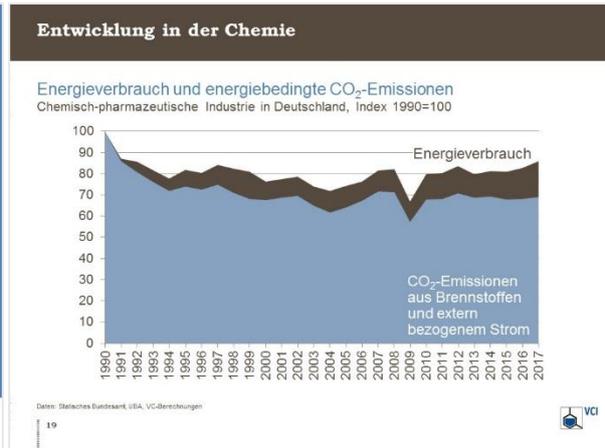
- Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz
 - Erfordern eine Investition
 - Senken den Energieverbrauch und senken die Kosten (ceteris paribus)
- Kostensenkung kann Mittel für Investitionen erwirtschaften, aber:
 - Energiekosten machen nur ca. 3 Prozent der Kosten aus. 97 Prozent der Kosten (und Einsparmöglichkeiten) entfallen auf andere Kosten
 - Erlöse sind die zweite (und wesentliche) Stellschraube für den wirtschaftlichen Erfolg eines Unternehmens.
- Der „Gewinn“ als Differenz zwischen Erlösen und Kosten kann auf verschiedene Weise verwendet werden, z. B.
 - Ausschüttung an Eigentümer
 - Re-Investition – in Produktionskapazitäten, aber auch Energieeffizienz!
- These: Marktentwicklung und Nachfrage sind die wesentlichen Treiber für die Ausweitung von Produktionskapazitäten und damit Wachstum

1 Energieverbrauch, Effizienz und Wachstum in der Chemie

2 Nexus Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit in der Chemie

3 Nexus Energieverbrauch und CO₂-Emissionen in der Chemie

18 



- Nexus Energieverbrauch und CO₂-Emissionen**
- Kein 1:1 Bezug zwischen Energieverbrauch und CO₂-Emissionen:
 - Energieträger mit unterschiedlichen Emissionsfaktoren
 - Energieträgermix ändert sich über die Zeit
 - Beispiel Stromerzeugung durch Ausbau erneuerbarer Energien
 - Die Auswirkung von Energieeffizienzmaßnahmen, die netto zur Einsparung von Energie führen, auf die Emission von CO₂ muss anhand der gültigen Emissionsfaktoren berechnet werden.
 - In der Chemie hat der Umstieg von Kohle auf Erdgas als Brennstoff und der Ausbau erneuerbarer Energien in der Stromerzeugung zu einem stärkeren Rückgang der energiebedingten CO₂-Emissionen geführt.
 - In Zukunft wird diese Entkopplung zunehmen, mit erstaunlichen Folgen: Eine treibhausgasneutrale Chemieproduktion wird sehr viel mehr Energie benötigen als heute – sind Energieverbrauch/Energieeffizienz dann noch passende Kenngrößen?
- 21 



7.2 Rebound-Effekte im verarbeitenden Gewerbe

Frau Anne Berner stellt in ihrem Vortrag erste ökonometrische Schätzungen zum Ausmaß und Bestimmungsfaktoren der Rebound-Effekte aus dem Forschungsprojekt ReCap vor. Zunächst beschreibt sie die doppelte Herausforderung bei der empirischen Schätzung von Rebound-Effekten, die darin besteht, dass sowohl die Effizienzverbesserung als auch die sie einschränkende Wirkung aus den Daten geschätzt werden müssten. Im Anschluss stellt Frau Berner die Datengrundlage der vorgenommenen Berechnungen vor, die aus statistischen Unternehmensdaten und den verpflichtenden Auskünften im Rahmen einer jährlichen Kostenstrukturerhebung des statistischen Bundesamts besteht.

Auf Basis der Daten lasse sich die Energieintensität des verarbeitenden Gewerbes als ein über die Sektoren vergleichbares Effizienzmaß berechnen, das den Energieverbrauch dem Produktionswert gegenüberstellt. Die Betrachtung der Energieintensität über den Zeitraum von 2004 bis 2014 zeige eine leichte Verbesserung der Energieeffizienz mit einer Unterbrechung des positiven Trends im Zusammenhang mit der Weltwirtschaftskrise 2008.

Die Vorgehensweise bei der Schätzung der Rebound-Effekte basiere auf einem Benchmarking-Ansatz, wonach für jeden Wirtschaftszweig eine Best-Practice-Grenze geschätzt würde, die zur Bestimmung des spezifischen Effizienzniveaus jedes einzelnen Unternehmens dient. Auf diese Weise könne der Einfluss verschiedener Faktoren auf das Ausmaß der Ineffizienz geschätzt werden.

Es zeige sich, dass sich die durchschnittlichen Effizienzniveaus in den Wirtschaftszweigen stark unterscheiden: Sie reichten von weniger als 50% (in der Chemie) bis zu mehr als 80% (in der Nahrungsmittelindustrie). Zugleich existieren große Unterschiede innerhalb der Sektoren, was sich an den Standardabweichungen zeigt.

Die geschätzten Rebound-Effekte reichen von vernachlässigbar klein (Pharma, Elektro) bis zu etwa 60% (Chemie). Jedoch deuten auch hier die Standardabweichungen auf eine große Heterogenität innerhalb der Sektoren hin. Es dränge sich der Eindruck auf, dass die Rebound-Effekte in energieintensiven Sektoren (wie Chemie, Glas, Papier) besonders stark ausgeprägt seien. Frau Berner richtet die Frage an das Publikum, ob sich diese Wahrnehmung durch Praxiserfahrungen bestätigen und möglicherweise begründen ließe.

Von den untersuchten Faktoren hätten sich die Eigenerzeugung von Strom und die Energiekosten als diejenigen erwiesen, welche die größte Erklärungskraft für das Ausmaß des Rebound-Effekts zu besitzen. Es stelle sich die Frage, welche weiteren Einflussfaktoren zur Erklärung herangezogen werden müssten.

In der anschließenden Diskussion richteten sich die Kommentare insbesondere auf die Schätzung der Best-Practice-Frontier. Die Aussagekraft einer solchen Grenze sei aufgrund der groben Sektoruntergliederung (auf Zweisteller-Ebene) nur sehr begrenzt, da sich darin zu viele sehr unterschiedliche technischen Prozesse wiederfänden. In der Chemiebranche wären beispielsweise Unternehmen, die sehr energieintensiv Gastrennung vornehmen, mit Unternehmen zusammengefasst, die energiearm Klebstoffe und Seifen herstellen. Aufgrund dieser Heterogenität sei ein solcher Effizienzvergleich für den Chemie-Sektor nicht haltbar. Es wäre zu empfehlen, eine feingliedrigere Unterteilung der Wirtschaftszweige (mindestens Viersteller-Ebene) vorzunehmen, um einen solchen Vergleich zu rechtfertigen.

Für spezifische Verfahren könnten möglicherweise BVT-Blätter (Best-verfügbare Technik) als Referenz herangezogen werden, da sie konkrete Effizienzwerte festlegen. Ein Abgleich der ermittelten Best-Practice mit den BVT-Blättern des UBA wäre ratsam.

Ein weiterer Teilnehmer wendet ein, dass es sich bei der Berechnung der durchschnittlichen Effizienz vor allem um ein Disparitätsmaß handle. Es wäre ein Szenario denkbar, bei dem zwei Gruppen von Unternehmen existierten (Vorreiter und Nachzügler). Selbst wenn die Vorreiterunternehmen Effizienzverbesserungen voranbrächten, würde das durchschnittliche Effizienzniveau des Sektors nicht steigen, weil zugleich die Nachzügler immer weiter zurückblieben. Diesem Einwand wird entgegnet, dass für eine statistische Vergleichbarkeit zwischen den Industrien ein relatives Effizienzmaß unabdingbar sei. Der Erfolg der Methode hänge allerdings entscheidend von der Gruppenspezifizierung ab: Man müsse eine möglichst große Homogenität bei ausreichender Gruppengröße anstreben. Zudem würde die Untersuchung von Veränderungen über die Zeit valide Aussagen trotz Heterogenität innerhalb der Gruppen erlauben.

Ein Teilnehmer weist darauf hin, dass Stromerzeugung und Energiekosten vermutlich stark miteinander korreliert seien, da hohe Energiekosten in der Regel eine Eigenerzeugung von Strom rechtfertigen. Die Aussagekraft sei deshalb eingeschränkt, wenn man beide als erklärende Variablen heranziehe. Außerdem sei zu beachten, dass besondere Ausgleichsregelungen die Energiekosten verzerren könnten, ergänzt ein Teilnehmer. Für die statistische Analyse bestehe also die Herausforderung, stärker zu differenzieren, um die zu vergleichenden Gruppen homogener zu machen. Möglicherweise müsse man dafür weitere Messgrößen aus dem Datensatz heranziehen. Auch auf Viersteller-Ebene sei bisweilen die Heterogenität in bestimmten Sektoren (z.B.: sonstige anorganische Stoffe) immer noch viel zu groß, um eine zulässige Vergleichbarkeit herzustellen.

ReCap
Mikro-Rebounds begrenzen

Energieeffizienz und Rebound-Effekte im Verarbeitenden Gewerbe

Berlin, 22.08.2019
Anne Berner
Lehrstuhl für Statistik,
Universität Göttingen

iiöw INSTITUT FÜR ÖKONOMISCHE INFORMATIONEN
GLIS GRUNDLAGEN IN LEHRPLÄNEN, GIBT SICH
FONA FACHBEREICH FÜR ÖKONOMISCHE FORSCHUNG

Energiesparen als Geschäftsmodell

Bildquelle: Statensberetningen Energieeffizienz (BMWi)

Gliederung

1. Quantifizierung von Rebound-Effekten
2. Energieeffizienz und Energieintensität
3. Empirische Umsetzung
4. Vorläufige Ergebnisse

Gliederung

1. Quantifizierung von Rebound-Effekten
2. Energieeffizienz und Energieintensität
3. Empirische Umsetzung
4. Vorläufige Ergebnisse

Berechnung von Rebound-Effekten

Herausforderungen:

- Wie definieren/messen wir den Effekt von Effizienzmaßnahmen?
- Wie schätzen wir den Rebound-Effekt?

Mikrodaten

AFiD-Panel Industriebetriebe und Panel der Kostenstrukturerhebung

- Mikrodaten (Unternehmen/Betriebe)
- Auskunftspflicht
- Stichprobengröße: ca. 16.000 Unternehmen/Jahr
- Kostenstrukturen, Investitionen, Energieverwendung und Produktion
- Kopfmerkmale:
 - Wirtschaftszweig
 - Firmensitz
 - Eigentumsform

STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER FORSCHUNGSDATENZENTREN

Energieverbrauch im Verarbeitenden Gewerbe

Kategorie	Anteil (%)
Erzeugnisse der Land-Forstwirtschaft und Fischerei	2,1 %
Bergbauergebnise, Steine und Erden	0,6 %
Hergestellte Waren (Verarbeitendes Gewerbe)	38,0 %
Energie und Dienstleistungen der Energieerzeugung	28,4 %
Wasser, Dienstleistungen der Wasserversorgung und Entsorgung	1,2 %
Bausarbeiten	2,2 %
Handelsleistungen, Instandhaltung/Reparaturarbeiten an Kfz	4,0 %
Verkehrend Lagerleistungen	12,2 %
Sonstige Dienstleistung	10,2 %

Gliederung

1. Quantifizierung von Rebound-Effekten
2. Energieeffizienz und Energieintensität
3. Empirische Umsetzung
4. Ergebnisse

Energieintensität und Energieeffizienz

1. Energieintensität
 - a. Physisch: Energieverbrauch/Kühlschrank
 - a. Ökonomisch: Energieverbrauch/€

Energieintensität im Verarbeitenden Gewerbe

Legend: — Energieintensität, ■ BPW, ■ Energieverbrauch

Energieintensität und Energieeffizienz

1. Energieintensität
 - a. **Physisch:**
Energieverbrauch/Kühlschrank
 - a. **Ökonomisch:**
Energieverbrauch/€
1. Vergleichbare Energieeffizienz
 - Benchmarking auch in der Anreizregulierung verwendet (Bundesnetzagentur)

11

Gliederung

1. Quantifizierung von Rebound-Effekten
2. Energieeffizienz und Energieintensität
3. **Empirische Umsetzung**
4. Ergebnisse

12

Empirische Umsetzung

BPF: Minimal erzielbarer Energieverbrauch für gegebenen Output und bei gegebenen Umweltbedingungen

Ineffizienz: Differenz zwischen tatsächlichem und minimalem Energieverbrauch

13

Empirische Umsetzung

BPF: Minimal erzielbarer Energieverbrauch für gegebenen Output und bei gegebenen Umweltbedingungen

Ineffizienz: Differenz zwischen tatsächlichem und minimalem Energieverbrauch

14

Überwindung von Ineffizienz

BPF: Minimal erzielbarer Energieverbrauch für gegebenen Output und bei gegebenen Umweltbedingungen

Ineffizienz: Differenz zwischen tatsächlichem und minimalem Energieverbrauch

Technischer Fortschritt: Verschiebung der erreichbaren "Produktionsgrenze"

15

Effizienz und Rebound-Effekte

Urprünglicher Energiekonsum

Maximal erwartbare Einsparungen

Rebound-Effekt

16

Schätzung der Rebound-Effekte

Der "Rebound" wird durch den Einfluss verschiedener Faktoren geschätzt:

1. Externe Faktoren:
 - a. Output Level
 - b. Energiepreise
2. Interne Faktoren bzw. Firmenspezifische Charakteristika:
 - a. Eigenstromerzeugung
 - b. Auslandsumsatz
 - c. Unternehmensform
 - d. Marktmacht
 - e. ...

18

Gliederung

1. Quantifizierung von Rebound-Effekten
2. Energieeffizienz und Energieintensität
3. Empirische Umsetzung
4. **Ergebnisse**

18

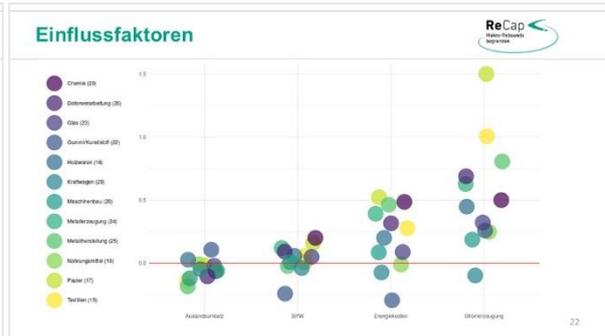
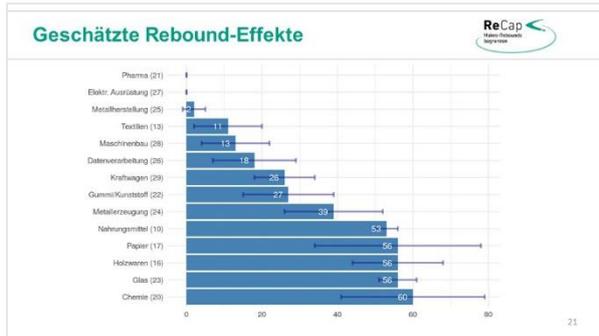
Schätzung Effizienz

19

Einflussfaktoren

Variable	Rebound	Proxy-Variable
Internationalisierung	☐	Auslandsumsatz
Produktionshöhe	☐	Bruttoproduktionswert
Energiekosten	☐	Ausgaben für Energie
Autarkiegrad	☐	Eigene Stromerzeugung

20



- ### Schlussfolgerungen & Diskussion
- Wirtschaftszweige mit geringerem Effizienz-Level weisen hohe Heterogenität auf
 - Energieintensive Industrien weisen hohe Rebound-Effekte auf
→ Gründe? Erfahrungswerte?
 - Energiekosten und Eigenstromerzeugung als Rebound-Treiber
→ Welche weiteren Einflussfaktoren könnten wichtig sein?
- 23

ReCap
Makro-Rebounds begrenzen

Vielen Dank!

www.macro-rebounds.org






7.3 Gruppendiskussion

In der anschließenden Gruppendiskussion werden vier Themen diskutiert, die durch eine Hauptfrage und mehrere Unterfragen strukturiert sind:

7.3.1 Fragestellungen

Tisch 1: Ziele und Interessen der Akteure

- Welche Rolle haben Wachstumserwartungen für die Investition in Effizienzsteigerungen?
 - Welche Bedeutung hat das Einsparziel? Welche Absichten werden gewöhnlich verfolgt?
 - Wie werden die Effizienzgewinne eingesetzt?
 - Wie könnte man Effizienzmaßnahmen von Wachstumszielen unabhängiger machen?
 - Werden Effizienzmaßnahmen durchgeführt, die keine Wettbewerbsvorteile versprechen?

Tisch 2: Vergleich der Sektoren

- Wie lassen sich die sektoralen Unterschiede im Ausmaß der Rebound-Effekte erklären?
 - Warum gibt es Sektoren mit nahezu überhaupt keinen beobachtbaren Rebounds (z.B. Pharma oder elektr. Ausrüstung)?
 - Warum gibt es Sektoren, bei denen weniger als die Hälfte des Einsparpotenzials ausgeschöpft wird (z.B. Chemie, Papier, Holz, Glas)?
 - Worauf sind die großen Unterschiede bei der durchschnittlichen Höhe und der Streuung des Effizienzniveaus zurückzuführen?

Tisch 3: Rebound-Treiber

- Erhöhen Wachstumstreiber auch das Ausmaß der Rebound-Effekte?
 - Welche Rolle spielen Wettbewerbsintensität und Wachstumsorientierung für das Ausmaß der Rebounds?
 - Was halten Sie von den vorgeschlagenen Wirkungshypothesen?
 - Welche Faktoren bestimmen vermutlich das Ausmaß der Rebound-Effekte?
 - Sollten weitere Treiber von Rebound-Effekten in den Blick genommen werden?

Tisch 4: Sektorweite Wirkungen

- Wie wirken sich Effizienzverbesserungen auf andere Unternehmen im Sektor aus?
 - Gibt es spürbare Preisschwankungen, die auf Effizienzverbesserungen zurückzuführen sind?
 - Unter welchen Voraussetzungen werden ineffiziente Unternehmen aus dem Markt gedrängt?
 - Welche Vor- und Nachteile hat ein Vorreiterunternehmen im Sektor?
 - Gibt es eine Vorbildwirkung durch Unternehmen im In- und Ausland?

7.3.2 Poster der Gruppendiskussionen

Die Ergebnisse der Gruppendiskussionen wurden auf Postern schriftlich festgehalten und den anderen Teilnehmer anschließend im Plenum präsentiert:

Gründe für Effizienzmaßnahmen

- Kosten-Einsparung
- interne Ziele des Unternehmens (mehr ökologisch)
- externe Anforderungen (Normen, Beschriftungen)
- technisch/technologische Investitionen
 - Effizienzgewinne als Hauptpunkt
- Effizienzmaßnahmen im eigenen Sinn
 - Optimierung der Prozesse in Unternehmen (z.B. Druckluft) (Hilfswerkzeuge)

Einsatz von Effizienzmaßnahmen:

- Produktionsausweitung
- Investition Refinanzieren
- Gewinnsteigerung

⇒ Expansion und Verkaufbarkeit?

①

- Einsparung finanziell - Management im Vordergrund
- persönliche Motivation - Mitarbeiter*innen
 - ↳ Finanzielle Belohnung?
 - ↳ ökologische Motivation - in der Unternehmenskultur verankert
- externe Auflagen (Öko-Design Richtlinie, Zertifizierung)
- Unabhängige werden von kritischen Rohstoffe
- Antizipation von Energiepreiserhöhungen

② KHU vs. Konzern

- Produktionsausweitung
- Investition in technische Weiterentwicklung
- Expansion der Gewinne?

③/④

- ökologisches Image stärken
- Wirtschaftlichkeit unteren, Unabhängigkeit von Rohstoffen

- Wer trifft die Entscheidungen? Wie kommen sie zu Stande?

Pharma, Medizintechnik

- Zertifizierung (GMP)
- Effizienz anpassung schwierig

Technische Änderung als Kostenfrage

- Amortisierungszeit > Einsparung

Kosten / Gesamtkosten

- ↳ 3% in Chemiewerk

Fixkosten

- Neuzustieg schwierig

Ausblick auf "Durchbruch-Technologie"

- ↳ Investition jetzt oder in 3 Jahren

Einfluss Digitalisierung

- sektor-übergreifend

Wertschöpfungsstiefe

Tisch 3: Rebound-Treiber

- zusätzliche Effizienz / Aspekt
 - Produktdiversifizierung des Unternehmens
 - Umgehung von Marktstättigung durch Nutzung best. Maschinen für anderes
 - Regularien ins. Kapazitätsbeschränkungen
- Wettbewerbsintensität → Rebound
- Wachstum & Energieeffizienz

④ SEKTORWEITE WIRKUNGEN

- Preisschwankungen
 - ↳ Marktumfeld
- Wettbewerbsfähigkeit
- Vorreiter: Kosten & Risiken
- Preis? ⊕
- §? / Ab / Normen

7.4 Fazit und weiteres Vorgehen

Der transdisziplinäre Austausch auf dem Workshop lieferte wichtige Hinweise aus der Praxis für die Weiterentwicklung der methodischen Ansätze und die Interpretation der Ergebnisse der ökonometrischen Analysen von Unternehmensdaten.

So erscheint es notwendig, eine feinere Sektorgliederung vorzunehmen, um die vorhandene Heterogenität innerhalb der Vergleichsgruppen zu senken. Da jedoch eine ausreichende Gruppengröße sichergestellt werden muss, bleibt zu prüfen, ob möglicherweise nur ausgewählte, relativ homogene Wirtschaftszweige eingehender analysiert und ausgewertet werden. Ein alternativer Pfad zur Homogenisierung der Vergleichsgruppen bestünde womöglich in der Verwendung weiterer Messgrößen bei der Gruppierung. In jedem Fall erscheint eine Dynamisierung des Schätzmodells sinnvoll, um über die Betrachtung von zeitlichen Veränderungen den Einfluss zeitstabiler Heterogenität auszuschließen. Eine Betrachtung und Überprüfung zusätzlicher Einflussfaktoren erscheint notwendig. Dabei sollte jedoch potenziellen Problemen von Multikollinearität vorgebeugt werden, indem die gleichzeitige Einbeziehung stark korrelierter Faktoren, wie möglicherweise bei Energiekosten und Stromerzeugung, Bruttoproduktionswert und Umsatz der Fall, vermieden wird.

Als Heuristik für die Auswahl geeigneter Variablen können die vorgestellten Hypothesen herangezogen werden. Einige Thesen (zur Wirkung von Marktmacht, Internationalisierung und Innovationsneigung) sollten nochmals überarbeitet und geschärft werden. Es besteht insgesamt jedoch kein wesentlicher Dissens hinsichtlich des unterstellten Zusammenhangs zwischen Wettbewerbsdruck und Wachstumsorientierung einerseits und der erwarteten Verwendung der Effizienzgewinne andererseits.

Prinzipiell steht die Frage im Raum, ob Energieeffizienzsteigerungen überhaupt einen so wesentlichen Einfluss auf die unternehmerischen Entscheidungen haben, dass man einen kausalen Zusammenhang mit wirtschaftlichem Wachstum unterstellen kann. Die Frage nach der Bedeutung von Energiekosten für wirtschaftliche Entscheidungen der Unternehmen sollte in den Interviews und Fokusgruppen der anstehenden Sektorfallstudien aufgegriffen und vertieft werden.

Die Wichtigkeit, die beispielsweise dem Strompreis im Hinblick auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit der Chemiebranche und anderen Zweigen des verarbeitenden Gewerbes durch Regulierungsbehörden im Allgemeinen beigemessen wird, lässt durchaus vermuten, dass es sich bei den Energiekosten um eine relevante Einflussgröße für Investitionsentscheidungen von Industrieunternehmen handelt. So nehmen derzeit (Stand 2018) rund dreihundert Betriebe der Chemiebranche und ähnlich viele Abnahmestellen aus der Glasindustrie die Besondere Ausgleichsregelung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes für stromintensive Unternehmen in Anspruch, um hohe Stromkosten zu vermeiden. Diese beiden Industriezweige sollen im weiteren Projektverlauf eingehender dahingehend untersucht werden, welchen Einfluss Energieeffizienzverbesserungen auf die Ausweitung der Produktion haben.

www.macro-rebounds.org