



Konzeptioneller Rahmen zur Erforschung von unternehmens- bezogenen Rebound-Effekten

Berlin, 08.08.2023

Konzeptpapier im Rahmen des Projekts „Ganzheitliches Management von Energie- und Ressourceneffizienz in Unternehmen“ (MERU)

Autorinnen und Autoren

Sebastian Wüst & Prof. Dr. Stefan Schaltegger
Leuphana Universität, Centre for Sustainability Management

Franziska Wolff
Öko-Institut e.V.

Dr. Christian Lautermann & Patrick Schöpflin
Institut für ökologische Wirtschaftsforschung

unter Mitarbeit von Dr. Nele Kampffmeyer & Carl-Otto Gensch
(Öko-Institut), Jana Gebauer (Die Wirtschaft der Anderen) und
Dieter Thiel (Data Center Group)

Das Vorhaben „Ganzheitliches Management von Energie- und Ressourceneffizienz in Unternehmen“ wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert.

Die Verbundpartner des Vorhabens sind Öko-Institut, Institut für ökologische Wirtschaftspolitik (IÖW), Leuphana Universität (Centre for Sustainability Management), Data Center Group (DCG) und der B.A.U.M. e.V.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	4
1. Einleitung	5
2. Stand der Forschung zu Rebound-Effekten	7
2.1. Bestehende Typologien von Rebound-Effekten	9
2.2. Bestehende Erklärungsansätze des Rebound-Effekts	10
2.3. Erkenntnisse zum Ausmaß des Rebound-Effekts	11
2.4. Fazit	15
3. Das MERU-Konzept: Abgrenzung, Typologie und Erklärung von unternehmensbezogenen Rebound-Effekten	15
3.1. Rebound-Effekte als spezifische Wirkungsdefizite von Effizienzmaßnahmen	16
3.2. Die Entstehung von Rebound-Effekten als Prozess	18
3.2.1. Verständnis von Effizienz als Bezugsrahmen für den Rebound-Effekt	19
3.2.2. Effizienzmaßnahmen und ihre Rebound-relevanten Eigenschaften	20
3.3. Typologie unternehmensbezogener Rebound-Effekte	23
3.3.1. Faktorsubstitutions-Effekte durch Veränderungen von Produktionsverfahren	26
3.3.2. Re-Utilisation-Effekte durch Prozessverbesserungen	26
3.3.3. Re-Design-Effekte durch Leistungssteigerung von Produkten und Dienstleistungen	27
3.3.4. Re-Spending-Effekte durch zusätzliche Ressourcenverbräuche aufgrund kurz- bis mittelfristiger Ausgaben	27
3.3.5. Re-Investment-Effekte durch zusätzliche Ressourcenverbräuche aufgrund kumulierter re-investierter finanzieller Effizienzgewinne	27
3.3.6. „Frontier“-Effekte durch Entwicklung gänzlich neuartiger Produkte und Dienstleistungen	28
3.4. Rebound-Landkarte: Verortung von Rebound-Effekten in der Wertschöpfungskette	28
3.5. Mögliche Ursachen der Entstehung von Rebound-Effekten	30
4. Fazit	32
5. Literatur	34
Anhang: Typen von Rebound-Effekten und Beispiele	39

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Darstellung des Rebound-Effekts	7
Abbildung 2: Wirkungsdefizite von Effizienzmaßnahmen	16
Abbildung 3: Entstehung von Rebound-Effekten als Prozess – Grundlogik	18
Abbildung 4: Entstehung unterschiedlicher Typen von Rebound-Effekten	25
Abbildung 5: Verortung von Rebound-Effekten entlang der Wertschöpfungskette	29
Abbildung 6: Schematische Darstellung des Verstärkungseffekts	33

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Empirische Befunde zum Ausmaß von Rebound-Effekten in unterschiedlichen Branchen, Ländern und Zeiträumen	13
Tabelle 2: Rebound-relevante Eigenschaften von Effizienzmaßnahmen	22

1. Einleitung

Produktion und Konsum gehen mit Energie- und Materialverbräuchen einher und belasten in noch nie dagewesenem Ausmaß die Funktionsfähigkeit der für die Menschheit elementaren Ökosysteme (Rockström et al. 2009; Steffens et al. 2015). Deshalb ist eine absolute Reduktion der Energie- und Materialverbräuche (kurz: Ressourcenverbräuche) notwendig. Bisher galt die Lösung: Ressourceneffizienz der Produktion und des Konsums erhöhen. Eine höhere Ressourceneffizienz von Produkten und Dienstleistungen in allen Phasen ihres Lebenszyklus soll dabei die absoluten Ressourcenverbräuche und damit verbundenen Umweltbelastungen senken. Nach Jahren der Umsetzung sind substantielle Ressourceneffizienzsteigerungen in zahlreichen Bedürfnisfeldern beobachtbar; dies gilt sowohl für die Herstellung von Produkten als auch ihre Nutzung. Bisher haben diese Effizienzfortschritte jedoch nicht gereicht, um die Ressourcenverbräuche in dem für eine nachhaltige Entwicklung notwendigen Maß zu senken (UBA 2021; Destatis 2021). Einer der Gründe dafür, dass die höhere Ressourceneffizienz nicht mit im gleichen Maße sinkenden Ressourcenverbräuchen einhergeht, wird in der wissenschaftlichen Literatur im Rebound-Effekt gesehen.

Rebound-Effekte entstehen, wenn erfolgreiche Effizienzsteigerungen zu Verhaltensänderungen führen, aufgrund derer die erwarteten Einsparungen (teilweise) wieder aufgezehrt werden. Die ökologischen Entlastungen fallen dadurch geringer aus als auf Grundlage der Effizienzsteigerung erwartet wurde und theoretisch möglich wäre (Hertwich 2005; Sorrell 2009). Daher können Rebound- und ähnliche Effekte auch als *Wirkungsdefizite* von Ressourceneffizienzmaßnahmen aufgefasst werden. Rebound-Effekte entstehen unter anderem deshalb, weil Steigerungen von Energie- oder Materialeffizienz in Unternehmen die Produktivität der Unternehmen erhöhen und zur Ausweitung von Produktion und Absatz genutzt werden (Saunders 1992; Santarius 2015; 2016). Zudem kann die (häufig) preismindernde Wirkung von Ressourceneffizienzsteigerungen zusätzlichen Konsum anregen, der wiederum höher als erwartete Ressourcenverbräuche in Unternehmen und Haushalten auslösen kann (Khazzoom 1978; Sorrell 2007; Jenkins et al. 2011).

Im Folgenden beleuchten wir das Phänomen des Rebound-Effekts auf Unternehmensebene. Rebound-Effekte wurden bisher hauptsächlich mit volkswirtschaftlichen Methoden auf Seiten des Konsums betrachtet (Sorrell 2007; Santarius 2015). Sofern sie auf Produktionsseite untersucht wurden, geschah dies zumeist auf einer höher aggregierten Meso- bzw. Makro-Ebene von Industrien, Sektoren oder der gesamten Volkswirtschaft (z.B. Lange et al. 2021; Lutz et al. 2021; Font Vivanco et al. 2014; Chakravarty et al. 2013; Van den Bergh 2011; Antal & van den Bergh 2014). Im Unterschied dazu konzipieren wir im Folgenden Rebound-Effekte auf Ebene von Unternehmen. Unsere Forschungsfragen sind damit explorativer Natur und lauten:

- Welche Typen von unternehmensbezogenen Rebound-Effekten lassen sich unterscheiden?
- Im Rahmen welcher Prozesse entstehen unternehmensbezogene Rebound-Effekte?
- Warum (durch welche Treiber) entstehen unternehmensbezogene Rebound-Effekte?

Dabei gehen wir davon aus, dass die Entstehung von Rebound-Effekte direkt mit Entscheidungen und Aktivitäten im Zuge oder nach einer erfolgreichen Umsetzung von Effizienzmaßnahmen in Zusammenhang stehen. Ein besseres Verständnis der Rolle dieser Entscheidungen und Aktivitäten erscheint uns notwendig, um den Rebound-Effekt als Differenz zwischen theoretisch möglichen und tatsächlichen Einsparungen durch Effizienzsteigerungen nachvollziehen zu können.

In **Kapitel 2** bereiten wir nach einer kurzen Beschreibung und Definition des Rebound-Effekts die zentralen Erkenntnisse der bestehenden wissenschaftlichen Literatur zu unternehmensbezogenen Rebound-Effekten auf. Dabei werden verschiedene Typologien von Rebound-Effekten der Forschungsliteratur vorgestellt.

Kapitel 3 bietet eine Übersicht über das im Forschungsprojekt „Ganzheitliches Management von Energie- und Ressourceneffizienz in Unternehmen“ (MERU) entwickelte Konzept zur Beschreibung und Erklärung von unternehmensbezogenen Rebound-Effekten. Zunächst werden Rebound-Effekte von anderen Umsetzungs- und Wirkungsdefiziten von Effizienzstrategien abgegrenzt, um die kontraintuitive Wirkweise von Effizienzsteigerungen auf absolute Ressourcenverbräuche besser nachvollziehen zu können. Anschließend wird das Grundverständnis der Entstehung von unternehmensbezogenen Rebound-Effekten als ein Prozess im Zuge und nach einer erfolgreich durchgeführten Effizienzsteigerung vorgestellt. Rebound-Effekte werden dabei mithilfe einer schematischen Wirkungskette zwischen einer erfolgreichen Effizienzsteigerung, den anschließenden Verhaltensänderungen (d.h. Entscheidungen und Aktivitäten im Unternehmen) und deren Konsequenzen für energetische und stoffliche Ressourcenverbräuche konzipiert.

Als Ausgangspunkt für die Entstehung von Rebound-Effekten machen wir spezifische Eigenschaften von Effizienzmaßnahmen aus. Die mit einer Effizienzsteigerung verfolgten finanziellen, ökologischen und technologischen Vorteile beschreiben wir als Auslöser möglicher Rebound-Effekte. Abschließend führen wir die Überlegungen in einem detaillierten Prozessmodell zusammen. Ausgehend von einer Effizienzsteigerung mündet es über Verhaltensänderungen im Unternehmen in einer Typologie unternehmensbezogener Rebound-Effekte.

Rebound-Effekte bilden dabei das Ergebnis unterschiedlicher Rebound-Mechanismen (vgl. Lange et al 2021), die die Wirkungsdefizite bei der ökologischen Entlastung durch Effizienzsteigerungen erklären können. Das entwickelte Rebound-Prozessmodell und die dazugehörige Rebound-Typologie bieten damit einen umfassenden konzeptionellen Rahmen für Rebound-Effekte auf Unternehmensebene. Mithilfe dieser Konzeptionalisierung kann skizziert werden, wie und warum absolute Ressourcenverbräuche im Nachgang von Effizienzsteigerungen höher ausfallen können als aufgrund einer isolierten Betrachtung der Effizienzsteigerung allein anzunehmen wäre. Mithilfe dieses Verständnisses können außerdem Handlungsmöglichkeiten zur Verringerung der Wirkungsdefizite auf Unternehmensebene aufgezeigt werden.

Kapitel 4 fasst die Überlegungen zusammen und zieht Schlussfolgerungen. Trotz Rebound-Effekten sind unternehmerische Effizienzbemühungen sinnvoll und nötig, um den ökologischen Problemdruck zu senken. Wichtig ist jedoch ein größeres Bewusstsein bei Unternehmen und in der Politik, dass Effizienzmaßnahmen oft nicht die theoretisch möglichen Einsparungen erbringen. In Unternehmen können gezielte Bemühungen auf strategischer und operativer Ebene sowie die Einbindung der Mitarbeitenden helfen, Wirkungsdefizite von Effizienzmaßnahmen nicht nur zu mindern, sondern Effizienzmaßnahmen positiv zu verstärken (Verstärkungs- bzw. Reinforcement-Effekt).

2. Stand der Forschung zu Rebound-Effekten

Rebound-Effekte können im Zuge von bzw. nach erfolgreicher Umsetzung von **Effizienzmaßnahmen** durch Verhaltensänderungen entstehen. Sie mindern die theoretisch mögliche, erwartete Senkung des absoluten Ressourcenverbrauchs durch die Effizienzsteigerung. Wenn Maßnahmen zur Steigerung der Energie- oder Materialeffizienz (auch) zu ökologischen Entlastungen führen sollen, so bilden Rebound-Effekte eine spezifische Form von **Wirkungsdefizit** dieser Effizienzmaßnahmen. Die Verhaltensänderungen können die verbrauchssenkende und damit umweltentlastende Wirkung der Maßnahme teilweise oder in Gänze aufzehren und im Extremfall zu zusätzlichen Belastungen führen (vgl. Hertwich 2005). **Verhaltensänderungen** bezeichnen dabei sowohl unbewusste, wenig bis gar nicht reflektierte Reaktionen auf die Effizienzsteigerungen, als auch bewusste, wohlüberlegte Entscheidungen und Aktivitäten, mit denen die Vorteile der Effizienzsteigerung in Produktion und Konsum genutzt werden.

Die grundlegende Wirkungsweise des Rebound-Effekts ist bereits frühzeitig in den 1860ern durch William Stanley Jevons im Zusammenhang mit Effizienzsteigerungen der Kohleverbrennung in Dampfmaschinen beschrieben worden (Jevons [1865]; 2001): Wider Erwarten hatte die substanzielle Effizienzsteigerung der Dampfmaschine durch James Watt – eine sechsfach höhere Energieausbeute aus der gleichen Menge Kohle gegenüber den zuvor angewandten Verfahren in Dampfmaschinen – nicht zu Einsparungen im Gesamtverbrauch von Kohle geführt. Vielmehr hat sie die Nutzung der Ressource Kohle als Energiequelle deutlich vergünstigt und im Zeitverlauf zu immer weiteren Anwendungen der Dampfmaschine in verschiedenen Industrien geführt. Im Ergebnis wurde nach der Kohle-einsparenden Effizienzsteigerung eine größere absolute Menge Kohle verbraucht als zuvor (hier spricht man vom „**Jevons‘ Paradox**“, benannt nach dem ersten Beobachter des Effekts). Dieses Ausgangsbeispiel bildet damit auch gleich einen Spezialfall des Rebound-Effekts, den sogenannten „**Backfire**“-Effekt (siehe Abbildung 1). Bei ihm kommt es nach der Effizienzsteigerung zu einer absoluten Verbrauchssteigerung von Ressourcen.

Abbildung 1: Schematische Darstellung des Rebound-Effekts



Quelle: Wolff et al. (2023).

Die kontraintuitive und bisweilen kontraproduktive Wirkung von manchen Effizienzsteigerungen ist damit schon länger bekannt. Das Phänomen wurde jedoch erst in den späten **1970er Jahren** wieder aufgegriffen und im Kontext der **Energienutzung privater Haushalte** untersucht (Khazzoom 1980). Später wurde es als ein mögliches Problem für die effektive Senkung von Treibhausgasemissionen identifiziert, sofern diese nur auf Energieeffizienzmaßnahmen fußen (Brookes 1990). Das Konzept des Rebound-Effekts bezieht sich bisher zumeist auf Energieverbräuche (d.h. elektrischer Strom oder Treibstoff). Es wurde nur in seltenen Fällen auf den Verbrauch anderer Ressourcen oder Materialien übertragen (Berbel et al. 2015, 2018; Meyer et al. 2007; Meyer et al. 2012; Pfaff & Sartorius 2015; Schmidt et al. 2019; Chen 2021).

Auch in den vergangenen Jahren wurde der Rebound-Effekt hauptsächlich **konsumseitig** in Hinblick auf die Nutzung von (energie-)effizienteren Produkten durch Haushalte erforscht (Greening et al. 2000; Sorrell 2007; Jenkins et al. 2011; Santarius 2015). Unternehmen sind hier nur mittelbar durch die Entwicklung und Bereitstellung dieser Produkte berücksichtigt. Das Problem der Rebound-Effekte wurde damit vornehmlich im Konsum bei den Haushalten verortet, obwohl die historischen Wurzeln auf der **Produktionsseite** liegen. Auch Jevons hat aufgrund der Höhe der Verbräuche und bestehenden Anreize zur Ausweitung der Nutzung von Ressourcen ursprünglich für eine deutlich größere Relevanz des Effekts auf Seiten der Produktion argumentiert (Jevons [1865]; 2001: 99).

Das **Ausmaß des Rebound-Effekts** wird für gewöhnlich als ein Prozentwert angegeben, der das Verhältnis zwischen theoretisch möglicher, auf Grundlage der Effizienzsteigerung (ohne Verhaltensänderungen) erwarteter Einsparung und tatsächlicher Einsparung beschreibt. Beispielsweise werden bei einem Rebound-Effekt von 30% entsprechend 70% der Einsparungen realisiert und die verbleibenden 30% durch Veränderungen und Anpassungen des Verhaltens aufgezehrt. Im Extremfall des bereits genannten und in Abbildung 1 oben visualisierten „backfire“-Effekts ist der Ressourcenverbrauch nach einer Effizienzsteigerung entgegen der Erwartung höher als zuvor und bildet damit einen Rebound-Effekt von über 100% (vgl. Sorrell 2007; 2009). Aus einer ökologischen Perspektive sind diese Art von Effizienzmaßnahmen kontraproduktiv, da nach der erfolgreichen Effizienzsteigerung ein höherer Ressourcenverbrauch auftritt als vor der Effizienzsteigerung.

Durch das Auftreten von Rebound-Effekten werden effizienzsteigernde Maßnahmen zur ökologischen Entlastung jedoch keinesfalls überflüssig: Außer im (Ausnahme- und Extrem-) Fall eines Backfires bewirken Effizienzmaßnahmen auch trotz Rebound-Effekten immer noch Ressourceneinsparungen. Der Backfire-Effekt jedoch ist bisher kaum nachgewiesen,¹ wenngleich er auch nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden kann (Sorrell 2009). Dass es Rebound-Effekte gibt, sollte deshalb nicht als Anlass missverstanden werden, Effizienzbemühungen als nutzlos zu werten. Vielmehr ist zu fragen, wie Effizienzmaßnahmen in Unternehmen möglichst ökologisch effektiv umgesetzt werden können und wie sie in ein ganzheitliches Management von Energie- und Materialeffizienz eingebunden werden können.

¹ Einer der wenigen Ausnahmebereiche ist der Verbrauch von Wasser in der Landwirtschaft (vgl. Berbel et al. 2015).

2.1. Bestehende Typologien von Rebound-Effekten

Im Rahmen der Forschung werden verschiedene Arten von Rebound-Effekten beschrieben. Bisher wird vor allem zwischen Rebound-Effekten auf unterschiedlichen Analyseebenen (Mikro-, Meso-, Makro-Ebene), zwischen direktem und indirektem Rebound-Effekt sowie zwischen Effekten mit unterschiedlicher Quelle unterschieden.

In Hinblick auf die **Analyseebene** – konkret: die wirtschaftliche **Mikro-, (teils Meso-) und Makro-Ebene** – dominieren in der Literatur bisher Untersuchungen des Kauf- und Nutzungsverhalten von Haushalten auf der Mikro-Ebene (Santarius 2015). Im Laufe der Zeit wurde die Untersuchung von Rebound-Effekten auf Industrie- und Sektor-Ebene im Rahmen der Produktion bis hin zu den gegenläufig wirkenden Effekten höherer Energieeffizienz auf der Makroebene ganzer Volkswirtschaften ausgeweitet (Jenkins et al. 2011; Santarius 2015; Lange et al. 2021). Dabei werden die erwarteten Einsparungen durch Effizienzsteigerungen jeweils den tatsächlichen Ressourcenverbräuchen auf den jeweiligen Analyseebenen gegenübergestellt. Rebound-Effekte sind damit als Mehrebenen-Phänomene aufzufassen. Sie können aufgrund von vielfältigen Wechselwirkungen (Verstärkungen, aber auch Aufhebungen) zwischen den einzelnen Ebenen nicht einfach als Summe aufaddiert werden, sondern sollten spezifisch für jede Betrachtungsebene bestimmt werden (Sorrell 2007; Lange et al. 2021).

Neben dieser Strukturierung nach Betrachtungsebene werden in der wissenschaftlichen Literatur **direkte** und **indirekte Rebound-Effekte** unterschieden. Die Basis dieser Unterscheidung bildet dabei die (Un-)Mittelbarkeit des Zusammenhangs zwischen der Effizienzsteigerung und den (den Rebound-Effekt charakterisierenden, höher als erwarteten) Ressourcenverbräuchen. Bei direkten Rebound-Effekten ergibt sich der höher als erwartete Verbrauch daraus, dass ein effizienterer Prozess oder ein effizienteres Produkt anders als vorher genutzt werden. Beispielsweise kann ein effizienteres, weil weniger Treibstoff verbrauchendes Auto bei gleichen Kosten längere Strecken gefahren werden, so dass letztlich weniger oder kein Treibstoff eingespart wird. Die Zuordnung zwischen Effizienzsteigerung und Wirkungsdefizit ist hier vergleichsweise einfach. Bei indirekten Effekten stellt die ursprüngliche Effizienzsteigerung nur eine entferntere Ursache oder ermöglichende Bedingung für Auswirkungen an anderer Stelle dar, die nur unter bestimmten Umständen zur Geltung kommen können. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn finanzielle Einsparungen durch das treibstoffsparende Auto nicht (oder nicht nur) für weitere Strecken oder häufigere Fahrten genutzt, sondern für anderweitigen Konsum ausgegeben werden und damit Ressourcenverbräuche anstoßen. Um ein Wirkungsdefizit als indirekten Rebound-Effekt klassifizieren zu können, muss also eine kausale Verbindung zwischen der Effizienzsteigerung und den höher als erwarteten Ressourcenverbräuchen über längere Ursache-Wirkungs-Ketten hergestellt werden.

Rebound-Effekte werden häufig auch nach der **Quelle** des Wirkungsdefizits kategorisiert und damit nach dem Ursprung des höher als erwartet auftretenden Ressourcenverbrauchs. Dazu zählen im Bereich des Konsums vor allem Einkommens- und Substitutionseffekte. Bei **Einkommenseffekten** führt die Effizienzsteigerung zu einem höheren verfügbaren Einkommen, das für den häufigeren Erwerb oder die intensivere Nutzung des gleichen Produkts (oder auch anderer Produkte oder Dienstleistungen) verwendet wird und so zu zusätzlichem Ressourcenverbrauch führen kann. Im Fall des **Substitutionseffekts** wird ein weniger effizientes Produkt durch ein effizienteres und damit in der Nutzung finanziell günstigeres Produkt ausgetauscht (beispielsweise kann die Geldeinsparung durch ein effizientes Drei-Liter-Auto dazu führen, dass jemand nicht mehr Bahn fährt, da man sich nun Autofahren leisten kann Santarius 2015). Die Energieintensität und der gesamte Energieverbrauch des Konsums nehmen zu, weil weniger

energieintensive Konsumgüter durch an sich energieintensivere, aufgrund der Effizienzsteigerung nun jedoch bezahlbare Güter ersetzt werden (Khazzoom 1980; Jenkins et al. 2011).

Auf Seiten der Produktion werden bisher hauptsächlich Output- und Faktorsubstitutionseffekte diskutiert. Bei **Output-Effekten** entstehen höher als zuvor erwartete Ressourcenverbräuche, wenn Produktions- und Absatzzahlen in der Folge von kosten- und preissenkenden Effizienzsteigerungen steigen. Bei **Faktorsubstitutionseffekten** kommt es zu einer zunehmenden Energie- oder Materialintensität von Produktionsprozessen, wenn menschliche Arbeitskraft durch die im Vergleich effizienteren Energie- und Materialdienstleistungen von Maschinen ersetzt wird (Saunders 1992; 2014; Jenkins et al. 2011; Santarius 2015; 2016).

Seltener und eher nur konzeptionell werden höher als erwartete Ressourcenverbräuche und Rebound-Effekte durch das „Re-Investment“ freigesetzter finanzieller Mittel, durch „Re-Design“ oder „Embodied Energy“ behandelt. Bei **Re-Investment** handelt es sich um die Verwendung von Finanzmitteln, die durch eine Effizienzsteigerung eingespart wurden und die nun beispielsweise genutzt werden, um das Produktportfolio zu diversifizieren, was wiederum mit Ressourcenverbräuchen verbunden ist. Der „**Re-Design**“-Effekt bezeichnet Veränderungen im Produktdesign, die mögliche Verbrauchsreduktionen durch höhere Leistung (anteilig) aufzehren (Santarius 2016). Unter dem Begriff „**Embodied Energy**“ ordnen manche Autoren die zur Bereitstellung oder Durchführung der Effizienzsteigerung notwendigen Energie als Rebound-Effekt ein (Jenkins et al. 2011; Santarius 2016).²

In der Diskussion werden noch **weitere Effekt-Typen** sporadisch genannt, wie z. B. (1) allgemeine sekundäre Effekte („secondary effects“), d. h. weiter entfernte Konsequenzen von Effizienzsteigerungen (z. B. Preisanpassungen auf Rohstoffmärkten), die ursprüngliche Einsparungen (teilweise) aufzehren, (2) „transformational effects“, die qualitative und strukturelle Veränderungen beim Nutzungsverhalten umfassen, (3) „frontier effects“, die die Entwicklung neuartiger Produktkategorien und ganzer Industrien beschreiben, oder (4) thermodynamische Effekte, bei denen die Effizienzsteigerung direkt in höhere Leistung umgesetzt wird (Galvin 2020). Bei all diesen Effekten können die Einsparungen in Folge von Effizienzsteigerungen (alleine oder in Kombination) durch weiter entfernte, höher als erwartete Ressourcenverbräuche gemindert werden. Allerdings sind Veränderungen in der Nutzung ressourceneffizienterer Technologien oft nur schwierig auf die Effizienzsteigerung selbst zurückzuführen.

2.2. Bestehende Erklärungsansätze des Rebound-Effekts

Bisher kommen in der Literatur vor allem auf vier (Typen von) Ursachen von Rebound-Effekten zur Sprache: ökonomische, technische, psychologische und soziale Ursachen.

Der Schwerpunkt der Diskussion liegt dabei auf den **ökonomischen Ursachen**, d.h. auf den finanziellen Einsparungen durch Effizienzsteigerungen. Wie oben aufgeführt, entstehen aufgrund höherer Ressourceneffizienz und damit geringeren Verbräuchen häufig geringere Kosten für die Verbraucher*innen, die dadurch ihren Konsum ausweiten können. In Unternehmen ermöglichen finanzielle Einsparungen infolge einer Effizienzsteigerung Preissenkungen bzw. höhere Margen. Diese finanziellen Mittel können für andere Zwecke und Ziele des Unternehmens verwendet werden und ihrerseits neue Ressourcenverbräuche anstoßen (Khazzoom 1978; Saunders 1992; Santarius 2015).

² Andere Autor*innen klassifizieren Embodied Energy allerdings nicht als Rebound-Effekt, siehe folgendes Kapitel.

Daneben werden von manchen Autor*innen auch **technische Ursachen** aufgeführt. Hier geht es bisher insbesondere darum, dass zur Herbeiführung und Durchführung der Effizienzsteigerung Ressourcen notwendig sind; zumeist wird auf „Embodied Energy“ (oder „graue Energie“) fokussiert (Jenkins et al. 2011; Santarius 2015; 2016). Allerdings werden Ressourcenverbräuche durch graue Energie von manchen Autor*innen explizit *nicht* als Rebound-Effekt klassifiziert (Friedrichsmeier & Matthies 2015; Font Vivanco et al. 2016). Grund ist, dass Verbräuche grauer Energie nicht *nach* Umsetzung einer Effizienzmaßnahme auftreten, sondern direkt mit ihrer Einführung verbunden bzw. der Einführung sogar vorgelagert sind. Diese Art von Effekt entspricht damit nicht der eingangs gegebenen Definition von Rebound-Effekten; sie wird daher auch in der weiteren Betrachtung ausgeschlossen (vgl. Kapitel 3.1). Nichtsdestotrotz sind technische Ursachen von Rebound-Effekten aufgrund der Leistungssteigerung durch höhere Effizienz denkbar, die im Zuge oder Nachgang der Effizienzsteigerung zu Veränderungen des Verhaltens führen können. Beispiele werden in Kapitel 3.2.2 unter dem Begriff der „technologischen Vorteile“ von Effizienzsteigerungen diskutiert.³

Die Literatur diskutiert auch mögliche **psychologische Ursachen** von Rebound-Effekten (Santarius 2015; Santarius & Soland 2018). Hier wird in Betracht bezogen, dass nach einer Effizienzsteigerung von Produkten und Dienstleistungen deren Umweltverträglichkeit durch Anwender*innen neu bewertet wird. Diese Neubewertung kann Verhaltensänderungen nach sich ziehen, die mit höher als erwarteten Ressourcenverbräuchen einhergehen. Dabei bildet die ökologische vorteilhafte Effizienzsteigerung selbst den Grund für eine Präferenz- bzw. Verhaltensänderung bei den Konsument*innen (während bei der ökonomischen bzw. finanziellen Erklärung von Rebound-Effekten unterstellt wird, dass die Präferenzen der Akteure gleichbleiben und einfach ein höheres Budget zur Nutzung zur Verfügung steht).

Schließlich gelten Routinen und Alltagspraktiken als mögliche **soziale Ursachen** von Rebound-Effekten (Winther & Wilhite 2015; Galvin & Gubernat 2016; Sonnberger & Gross 2018). Dazu gehören z.B. komfortorientierte Heizroutinen angesichts effizienterer Technologien oder die Anpassung von Nutzungsverhalten an (vermeintliche) technische Anforderungen und Infrastrukturen. Zum Beispiel wird in Wärmepumpen-geheizten Häusern oft Luftzirkulation ermöglicht, statt Türen zu weniger beheizten Räumen zu schließen (Winther & Wilhite 2015).

2.3. Erkenntnisse zum Ausmaß des Rebound-Effekts

Das grundsätzliche Auftreten von Rebound-Effekten ist in der wissenschaftlichen Diskussion nahezu unstrittig: Es wird die Einschätzung geteilt, dass Ressourceneffizienzsteigerungen häufig mit geringeren Kosten und Preissenkungen einhergehen, die bei nicht-gesättigter Nachfrage zu Mengenanpassungen im Konsum führen. Demgegenüber ist das Ausmaß von Rebound-Effekten und ihre Einsparungen aufzehrende Wirkung in der Literatur sehr umstritten (Sorrell 2009; Sorrell et al. 2009; Gillingham et al. 2013). Auf **Konsumseite** zeigen Übersichtsstudien, dass die Höhen von Rebound-Effekten aufgrund von Verhaltensänderungen in verschiedenen Bereichen des Konsums konvergieren. Hauptsächlich wurden dabei Rebound-Effekte des private Mobilitätsverhaltens untersucht (10–30%), der Beheizung von Wohnräumen (10–30%) sowie von deren Kühlung (1–26%) (Jenkins et al. 2011, 15).

Demgegenüber zeigt die mikroökonomische Forschung für Rebound-Effekte auf der **Produktionsseite** drastisch unterschiedliche Ergebnisse. Im Rahmen der Untersuchungen, die sich zumeist auf **Branchen- oder Sektorebene** mit unterschiedlichen Bereichen der

³ Vgl. auch die in der Literatur benannten „thermodynamischen Effekte“ (Kapitel 2.1).

Volkswirtschaft auseinandergesetzt haben, lag der Schwerpunkt bisher auf Energie in Produktionsprozessen der Leicht- und Schwerindustrie sowie Treibstoffverbräuchen des Warentransports. Das Ausmaß der dort identifizierten Rebound-Effekte reicht dabei von relativ geringen Aufzehrungen der Einsparungen bis hin zu einem mehrfachen Backfire der möglichen Einsparungen. Je nach Untersuchungskontext und -zeitraum unterscheiden sich die Ergebnisse stark. So werden den Studien zufolge z. B. nur 4% der Einsparungen im EU15-weiten Warentransport im Zeitraum zwischen 1995 und 2012 wieder aufgezehrt (Llorca & Jamasb 2017), während sich in der Schwerindustrie in China die Verbräuche nach Effizienzsteigerungen mit einem Rebound-Effekt von 334% mehr als verdreifachen (Li und Lin 2017). Einige empirische Studien sind in Tabelle 1 (oben) aufgeführt. Eine allgemeine Tendenz und konvergierende Werte wie in Bereichen des Konsums sind nicht zu erkennen. Festzuhalten ist nur, dass die tendenziell höheren und höchsten Rebound-Effekte in Studien zu verzeichnen sind, die China – also eine Wachstumsregion – als geographische Region mit Betrachtungszeiträumen zwischen den 1980er und 2010er Jahren gewählt haben.

Im Hinblick auf das bisher in Studien beschriebene Ausmaß des Rebound-Effekts ist jedoch festzuhalten, dass diese Studien bis auf wenige Ausnahmen zumeist nur **direkte Effekte** untersuchen und damit die indirekten, räumlich und zeitlich weiter entfernten Wirkungen nicht berücksichtigen. Damit dürfte die Größe des Gesamteffekts aufgrund des Studiendesigns systematisch unterschätzt worden sein (Dimitropoulos 2007; Barker et al. 2009). Makroökonomische Studien zu Rebound-Effekten auf Ebene gesamter **Volkswirtschaften** stellen im Mittel eine Minderung in Höhe von 50% der theoretisch möglichen Einsparungen fest (Brockway et al. 2021).

Tabelle 1: Empirische Befunde zum Ausmaß von Rebound-Effekten in unterschiedlichen Branchen, Ländern und Zeiträumen

Autoren	Jahr	Land	Branche	Ressource	Zeitraum	Ausmaß des Rebound-Effekts
Bentzen	2004	US	Produktionsgewerbe	Energie	1949-1999	24,00%
Matos & Silva	2011	PT	Straßengüterverkehr	Treibstoff	1987-2006	24,10%
De Borger & Mulalic	2012	DK	Straßengüterverkehr	Treibstoff	1980-2007	kurzfristig 10%, langfristig 17%
Evans & Schäfer	2013	US	Luftverkehr	Treibstoff		16 - 21%
Lin & Li	2014	CN	Schwerindustrie	Energie	1980-2011	74,30%
Wang & Lu	2014	CN	Straßengüterverkehr	Treibstoff	1999-2011	Super-Einsparung; Landesweit -9%, Osten -11%, Zentralchina -29% und Westen -13%
Lin & Xie	2015	CN	Lebensmittel	Energie	1980-2012	34,39%
Li et al.	2016	CN	36 aggregierte Branchen	Energie	1998-2011	88,42%
Lin & Tian	2016	CN	Leichtindustrien	Energie	1980-2012	37,70%
Lin & Zhao	2016	CN	Textilindustrie	Energie	1990-2012	20,99%
Zhang et al.	2017	CN	Industrie insgesamt	Energie	1995-2012	39,00%
Du et al.	2017	CN	Bau	Elektrizität	1990-2014	59,50%
Lin & Tan	2017	CN	Energieintensive Branchen	Energie	2006-2012	90,75%
Li & Lin	2017	CN	Schwerindustrie	Energie	1994-2012	334,30%
Li & Lin	2017	CN	Leichtindustrien	Energie	1994-2012	189,70%
Zhang et al.	2017	CN	Produktionsgewerbe	Energie	1995-2012	28,00%
Lin et al.	2017	CN	Nichteisenmetall-Industrie	Energie	1986-2014	83,02%
Yang & Li	2017	CN	Energieerzeugung	Fossile Energieträger	1985-2010	11,60%
Llorca & Jamasb	2017	15 EU-Länder	Straßenlogistik	Treibstoff	1992-2012	3,8% (hohe Schwankungen zwischen einzelnen Ländern, z. B. DK mit 66,8%)
Ruzzenenti & Basosi	2017	EU	Straßengüterverkehr	Energie	1998-2007	-74,00%
Ruzzenenti & Basosi	2017	EU	Straßengüterverkehr	Energie	1998-2011	-146,00%
Ruzzenenti & Basosi	2017	EU	Straßengüterverkehr	Energie	1998-2007	

Autoren	Jahr	Land	Branche	Ressource	Zeitraum	Ausmaß des Rebound-Effekts
Ruzzenenti & Basosi	2017	EU	Straßengüterverkehr	Energie	1998-2011	
Song et al.	2018	CN	Landwirtschaft	Wasser	1998-2014	61,49%
Amjadi et al.	2018	SE	Chemie	Treibstoff	2000-2008	62,00%
Amjadi et al.	2018	SE	Chemie	Elektrizität	2000-2008	76,00%
Ouyang et al.	2018	CN	Industriesektoren der untersuchten Region	Energie	2003-2013	40,04% (Geographischer Fokus: Yangtze River Delta urban agglomeration)
Amjadi et al.	2018	SE	Stahlindustrie	Treibstoff	2000-2008	65,00%
Amjadi et al.	2018	SE	Stahlindustrie	Elektrizität	2000-2008	86,00%
Wang et al.	2018	CN	Stahlindustrie	Energie	1985-2015	73,88% im Durchschnitt
Amjadi et al.	2018	SE	Bergbau	Treibstoff	2000-2008	58,00%
Amjadi et al.	2018	SE	Bergbau	Elektrizität	2000-2008	82,00%
Amjadi et al.	2018	SE	Papierindustrie	Treibstoff	2000-2008	64,00%
Amjadi et al.	2018	SE	Papierindustrie	Elektrizität	2000-2008	84,00%
Sorrell & Stapleton	2018	GB	Straßengüterverkehr		1970-2014	49-61%, 21 bis 137%
Li et al.	2019	CN	Industriesektoren der untersuchten Regionen	Energie	1996-2015	66,70% bis 112,31% je nach Region und Zeitraum
Li et al.	2020	CN	Industrie gesamt	Energie	2006-2015	36% (National), 38% (Osten), 41% (Zentral), und 30% (Westen)
Wei et al.	2020	CN	Energieintensive Industrien	Kohle	1990-2016	35,07%
Bruns et al.	2021	US	Industrie gesamt	Energie	1992-2016; 1973-2016	Circa 100% (1992-2016: Jahresdaten), 1973-2016: Quartalsdaten)
Berner et al.	2022	DE	Produktionsgewerbe	Energie	2003-2014	4,50% bis 5,30%
Lin & Zhu	2022	CN	Bergbau	Energie	2012-2016	46,40%
Zheng et al.	2022	CN	Transportindustrie	Energie	2003-2017	82% (kurzfristig) bis 123% (langfristig)

Quellen: diverse (siehe linke Spalte), eigene Zusammenstellung (chronologisch, alphabetisch).

2.4. Fazit

Die langjährige Forschung zu Rebound-Effekten zeigt, dass relative Einsparungen im Verbrauch von Ressourcen nicht zwangsläufig zu proportional sinkenden absoluten Gesamtverbräuchen dieser Ressourcen führen. In letzter Zeit werden Rebound-Effekte zunehmend als ein Problem für effektive Beiträge von Effizienzsteigerungen zur Entlastung der Umwelt diskutiert. Rebound-Effekte sorgen dafür, dass die umweltentlastende Wirkung der Ressourceneffizienzsteigerungen geringer ausfällt als erwartet. Dies gilt nicht nur für Energieverbräuche in Form von Treibstoffen und Elektrizität, sondern auch für die Nutzung anderer Ressourcen, wie Wasser, Flächen und Material.

Die Entstehung von Rebound-Effekten ist insbesondere problematisch, wenn – wie häufig der Fall – angenommen wird, dass sich Effizienzsteigerungen eins zu eins in absolute Verbrauchsenkungen umsetzen, und damit in voller Höhe zur ökologischen Entlastung veranschlagt werden (vgl. Brockway et al. 2021 zu den Szenarien und Annahmen der CO₂-Projektionen und Modellierungen gesamter Volkswirtschaften, bei denen mit prognostizierten Effizienzsteigerungen auf diese Weise verfahren wird). Je nach Ausmaß der tatsächlich auftretenden Rebound-Effekte sind jedoch noch größere Anstrengungen notwendig, da die angenommenen und in Modellrechnungen unterstellten Wirkungen der Maßnahmen angesichts von Rebounds nicht im veranschlagten Ausmaß realisiert werden können. Weitere Maßnahmen wären nötig, um diese Wirkungsdefizite zu kompensieren und zur nötigen ökologischen Entlastung zu führen.

Den Schwerpunkt der empirischen Forschung bilden immer noch Studien zu Rebound-Effekten auf Seiten des Konsums durch private Haushalte. Allerdings wird in letzter Zeit dem Rebound-Effekt auf Seiten der Produktion und Bereitstellung von Dienstleistungen mehr Aufmerksamkeit gewidmet. Dies ist u.a. deshalb wichtig, weil durch die Gestaltung des Angebots von Produkten und Dienstleistungen weitreichende Entscheidungen auch für den Verbrauch durch Haushalte getroffen werden. Zugleich besteht auf Seiten der Produktion keine zur Sättigung der Nachfrage analoge Grenze für Ressourcenverbräuche. Aktuell überwiegt auf der Produktionsseite noch die Erforschung mit volkswirtschaftlichen Methoden, die das Geschehen relativ abstrakt untersucht und damit nur unzureichend die Realität betrieblicher Entscheidungen und Aktivitäten als Verhaltensänderungen und Ursprung von Rebound-Effekten erfasst. Im Folgenden entwickeln wir deshalb einen konzeptionellen Rahmen, der sich stärker an Prozessen und Entscheidungen von Unternehmen orientiert.

3. Das MERU-Konzept: Abgrenzung, Typologie und Erklärung von unternehmensbezogenen Rebound-Effekten

Ziel des hier entwickelten („MERU“-) Ansatzes ist es, das Konzept des Rebound-Effekts stärker mit dem Geschehen in Unternehmen in Verbindung zu bringen. Um zu einem besseren Verständnis von unternehmensbezogenen Rebound-Effekten beizutragen, werden wir die Rolle von unternehmerischen Entscheidungen und Aktivitäten in den Mittelpunkt unseres Ansatzes stellen. Ein besseres Verständnis der Entstehung von Rebound-Effekten kann in Unternehmen Handlungsoptionen aufzeigen, durch die Rebound-Effekte gemindert oder vermieden werden können.

Bevor wir die Entstehung von Rebound-Effekten einerseits mithilfe eines Prozessmodell (Kapitel 3.2) und andererseits mithilfe von Thesen (Kapitel 3.3) zu erklären suchen, grenzen wir

Rebound-Effekte jedoch zunächst von anderen Wirkungsdefiziten unternehmerischer Effizienzmaßnahmen ab (Kapitel 3.1). Damit versuchen wir, die teilweise diffuse Auseinandersetzung in Rebound-Diskussionen stärker zu strukturieren.

3.1. Rebound-Effekte als spezifische Wirkungsdefizite von Effizienzmaßnahmen

Im Rahmen einer nachhaltigen Entwicklung sollen energetische und stoffliche Effizienzmaßnahmen die absoluten Energie- und Materialverbräuche mindern, um zur Entlastung der ökologischen Umwelt beizutragen. Rebound-Effekte beschreiben dabei das Phänomen, dass – wie zu Beginn aufgezeigt – die theoretisch möglichen und erwarteten Minderungen oft nicht oder nicht in vollem Umfang realisiert werden. Rebound-Effekte sind also ein spezifisches Wirkungsdefizit von Effizienzbemühungen. Neben Rebound-Effekten existieren aber noch weitere Effekte, die die Wirkung von Effizienzmaßnahmen und -strategien einschränken können. Dabei kann die Ursache der geringer als erwarteten Verbrauchsminderung kausal mit der Effizienzmaßnahme verbunden sein (dann sprechen wir von „Wirkungsdefiziten“) oder sie ist unabhängig davon (dann sprechen wir von „gegenläufigen Effekten“). Die folgende Abbildung visualisiert,

Abbildung 2: Wirkungsdefizite von Effizienzmaßnahmen



Quelle: Wolff et al. (2023).

Wirkungsdefizite können vor, während, oder im Nachgang zu einer Effizienzmaßnahme entstehen:

- **Prognose- und Planungsfehler sowie Umsetzungsprobleme:** Vor oder während der Durchführung von Effizienzmaßnahmen treten Schwierigkeiten wie Fehlprognosen, Planungsfehler, Umsetzungsprobleme oder Bedienungsfehler auf, die dazu führen, dass Effizienzpotenziale nicht voll ausgeschöpft werden. Diese wirkungsmindernden Faktoren können

mit besseren Prognosen und Planungen, im Zuge der Umsetzung oder im Nachgang grundsätzlich behoben werden, um die angestrebte bzw. erwartete Effizienzsteigerung doch noch zu erreichen.

- **„Burden-Shifting“:** Die Durchführung der Effizienzmaßnahme führt zu Mehrverbräuchen in anderen Umweltmedien oder in anderen Lebenszyklusphasen eines Produktes (d.h. in der vor- oder nachgelagerten Wertschöpfungskette). Hierzu zählen auch Ressourcenverbräuche, die in der Literatur und Praxis meist als (ökologischer) „Rucksack“ bezeichnet werden und in Form von „grauer Energie“ („Embodied Energy“) und „grauem Material“ („Grey Matter“) zur Erzielung und Herbeiführung der Effizienzsteigerung notwendig sind. Graue Energie und graues Material werden von einigen wenigen Autor*innen z. T. als Rebound-Effekte kategorisiert (vgl. Kapitel 2.2). Solche Verschiebungen von Verbräuchen können jedoch bei sorgfältiger Auseinandersetzung mit der Maßnahme (z. B. mithilfe von Lebenszyklusanalysen/ LCAs) prinzipiell bekannt sein (vgl. Friedrichsmeier & Matthies 2015; Font Vivanco et al. 2016) und werden nicht durch Verhaltensänderungen im Zuge der Effizienzsteigerung ausgelöst.
- **Rebound-Effekte:** Eine erfolgreiche Effizienzmaßnahme führt im Zuge ihrer Durchführung oder auch im Nachgang zu Verhaltensveränderungen und/oder anderweitigen Anpassungen, die neue Ressourcenverbräuche auslösen. Die Verbrauchsminderungen, die mit der Effizienzmaßnahme theoretisch möglich gewesen wären, werden daher nicht voll erzielt. Bei „theoretisch möglichen“ Minderungen handelt es sich um erwartete Einsparungen: Oft wird implizit oder explizit erwartet, dass diese 1:1 in geringere Verbräuche umsetzbar sind. Dabei bildet der Rebound-Effekt wiederum einen Sammelbegriff für die Konsequenzen für Ressourcenverbräuche unterschiedlicher (Rebound-)Mechanismen, die zu diesen Wirkungsdefiziten führen (Sorrell 2009; Lange et al. 2021; vgl. auch Kapitel 3.4).

Gegenläufige Effekte sind kausal unabhängig von einer Effizienzmaßnahme, mindern aber ebenfalls deren Wirkung oder verhindern im Extremfall ihr Zustandekommen:

- **Efficiency Gaps:** In diesem Fall werden Maßnahmen zur Effizienzsteigerung gar nicht erst umgesetzt, obwohl sie sowohl ökonomisch als auch ökologisch sinnvoll wären. Gründe hierfür können struktureller Natur sein und beispielsweise aus verzerrten Energiepreisen, Unsicherheit über deren zukünftige Entwicklungen und einer mangelnden Kapitalausstattung für notwendige Investitionen bestehen. Auch politische und regulatorische Rahmenbedingungen, Einstellungen der Entscheidungsträger*innen gegenüber Energieeffizienz und Risikowahrnehmung hinsichtlich der notwendigen Investition, ein Mangel an Informationen und Fehlanreize können eine Rolle spielen (Hirst & Brown 1990; vgl. Jaffe & Staffins 1994 mit einer alternativen Aufstellung nach Markt- und Nicht-Marktversagen in diesem Zusammenhang).
- **Nachfrageeffekte:** Unabhängig von einer Effizienzsteigerung steigt die Nachfrage nach einem Produkt und mit Nachfrage und Output im Unternehmen die Ressourcenbedarfe zu ihrer Herstellung.
- **Sonstige gegenläufige Begleiteffekte:** Unabhängig von einer Effizienzsteigerung steigen Ressourcenbedarfe für Prozesse/ Produkte durch externe Anforderungen (an Sicherheit, Umweltschutz etc.). Ein Beispiel sind steigende Anforderungen aus einer neuen technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft, die dazu führen können, dass die potenziellen Energieeinsparungen gemindert werden.

3.2. Die Entstehung von Rebound-Effekten als Prozess

Wie geschildert, entstehen Rebound-Effekte definitionsgemäß nach erfolgreich durchgeführte Effizienzmaßnahmen, wenn die Effizienzmaßnahme selbst zu Verhaltensänderungen (Entscheidungen, Aktivitäten) führt, die die tatsächlichen Ressourceneinsparungen gegenüber den theoretisch möglichen Einsparungen mindern (vgl. Hertwich 2005). Um dieses Phänomen greifbarer zu machen, fassen wir die erfolgreiche Durchführung einer Effizienzmaßnahme und ihre unmittelbaren und mittelbaren Folgen für Ressourcenverbräuche – expliziter als die Literatur in ihren Definitionen und Typologisierungen bisher – als einen Prozess mit mehreren Schritten auf, den wir mit dem Geschehen im Unternehmen in Verbindung bringen. Diese analytische Zerlegung in insgesamt vier Schritte kann Entscheidungsträger*innen in Unternehmen helfen, die Entstehung von Rebound-Effekten und die Rolle des eigenen Handelns besser zu verstehen und Strategien zur Problemminderung zu entwickeln.

Abbildung 3: Entstehung von Rebound-Effekten als Prozess – Grundlogik



Quelle: eigene Darstellung.

Den **ersten Schritt** bei der Entstehung des Rebound-Effekts bildet die Planung einer Maßnahme, mit der die Ressourceneffizienz eines Produkts oder Prozesses im Unternehmen gesteigert werden soll. Dies beinhaltet in der Regel eine Abschätzung oder Prognose der künftigen Nutzungsmuster und Bedarfe.

Im **zweiten Schritt** folgt die Durchführung der Maßnahme. Mit ihr werden in der Regel finanzielle, ökologische, technologische und/ oder sonstige betriebliche Vorteile angestrebt. Diese Vorteile – als spezifische Ziele der Effizienzsteigerung – stehen dabei in mehr oder weniger enger Verbindung zu den weiteren Zielen des Unternehmens (Erhöhung des Umsatzes, Ausweitung des Produktportfolios, etc.).

Die Effizienzmaßnahme kann durch ihre spezifischen Zielsetzungen charakterisiert werden; d. h. wie viele Kosten oder Ressourcen (Materialien und Energie) sollen eingespart werden, wie viel leistungsfähiger kann/soll das Produkt oder der Prozess durch die Effizienzsteigerung werden? Auf Basis dieser spezifischen Ziele zur Einsparung von Ressourcen ergeben sich dann die theoretisch möglichen Einsparungen als Vergleichsgrundlage für den Rebound-Effekt.

Im **dritten, an die Effizienzmaßnahme anschließenden Schritt** entstehen nach deren erfolgreicher Durchführung die finanziellen, ökologischen und/ oder technologischen Vorteile der Effizienzsteigerung. Diese direkten Folgen können als Ursachen für Entscheidungen und Aktivitäten als Verhaltensänderungen im Unternehmen ausgemacht werden, die im weiteren Verlauf – je nach Art der Nutzung der verschiedenen Vorteile durch das Unternehmen – zu Rebound-Effekten führen können.

Im anschließenden **vierten Schritt** finden nach oder bereits im Zuge der Effizienzsteigerung innerhalb des Unternehmens Entscheidungen, Aktivitäten und anderweitige Verhaltensänderungen statt (z.B. veränderte Anlagennutzung, Finanzentscheidungen), die der Nutzung der

kostensenkenden oder leistungssteigernden Vorteile der Effizienzsteigerungen dienen. Die derart entstehenden Veränderungen in Kern- und Unterstützungsprozessen wirken sich gegebenenfalls nicht nur auf Ressourcenverbräuche im Unternehmen aus, sondern können auch Konsequenzen für Ressourcenverbräuche innerhalb der Lieferkette, auf Absatzmärkten sowie in der Nutzung durch Konsument*innen ausüben.

Im **fünften Schritt** können dann die Konsequenzen dieser Entscheidungen und Aktivitäten im Unternehmen – und ggf. darüber hinaus (Lieferkette, Absatzmärkte, Kunden) – für die Höhe der Ressourcenverbräuche ausgemacht werden. Erst jetzt ist es auf Grundlage der tatsächlichen Einsparungen und der Verbindung zu den Verhaltensveränderungen möglich abzuschätzen, ob eventuelle Wirkungsdefizite als Rebound-Effekte einzuordnen sind.

Die mit der Effizienzmaßnahme angestrebten Vorteilen bestimmen maßgeblich den weiteren Prozess der Entstehung von Rebound-Effekten und werden deshalb im Folgenden näher beleuchtet. Im abschließenden fünften Abschnitt werden dann die zwei weiteren Prozessschritte erläutert, die über die Nutzung der finanziellen und technologischen Vorteile von Effizienzsteigerungen zu Rebound-Effekten führen.

3.2.1. Verständnis von Effizienz als Bezugsrahmen für den Rebound-Effekt

Den Ausgangspunkt der Entstehung und damit auch zur Untersuchung des Rebound-Effekts bilden Effizienzmaßnahmen, die im Unternehmen den Energie- oder Materialeinsatz pro Output oder Service-Einheit verringern und damit dessen Ressourceneffizienz erhöhen. Dabei ist das Verständnis der Output- bzw. Service-Einheit zentral für die Festlegung des jeweils angewandten Effizienz-Begriffs und damit auch das Verständnis des möglicherweise entstehenden Rebound-Effekts.

Mit der ökonomisch-ökologischen Maßgröße der **Effizienz** wird grundsätzlich das Verhältnis zwischen einem Ressourcen-Input und einem Service-Output bezeichnet. Beim Ressourcen-Input kann zwischen energetischen Ressourcen (→ Energieeffizienz) und stofflichen Ressourcen (→ Materialeffizienz) unterschieden werden. Aus ökologischer Perspektive ist dabei entscheidend, dass unterschiedliche Quantitäten und Qualitäten der Energie- und Material-Inputs unterschiedliche Quantitäten und Qualitäten an Umweltbelastungen implizieren. Beim Service-Output kann man unterschiedlich weitgehende Betrachtungshorizonte anlegen, die dadurch weitreichende Implikationen für das Effizienzverständnis haben: Der Service kann dabei ...

- das hergestellte Produkt bezeichnen (→ Produkteffizienz)
- bestimmte Funktionen, die dieses Produkt erfüllen soll (→ Funktionseffizienz)
- oder ein Bedürfnis des Konsumenten, das der Service befriedigen helfen soll (→ Bedürfniseffizienz).

Dabei wird die Effizienz eines Produkts, einer Funktion oder einer Bedürfniserfüllung formal als Gleichung $\frac{\text{Service}}{\text{Ressourcen}} = \frac{\text{Produkt} \rightarrow \text{Funktion} \rightarrow \text{Bedürfnis}}{\text{Energie/Material}}$ gefasst. Diese Gleichung sollte je nach betrachteter Anwendung hinsichtlich des Ressourcen-Inputs und Service-Outputs näher spezifiziert werden, um ein gemeinsames Verständnis des Effizienzbegriffs und damit auch der Effizienzsteigerung zu erhalten. Eine **Effizienzsteigerung** ist die Vorbedingung für das mögliche Eintreten eines Rebound-Effektes. Formal dargestellt besteht die Effizienzsteigerung aus einer Veränderung des Verhältnisses zwischen Ressourcen-Inputs und Services als Outputs,

die entweder zur Output-Erhöpfung a) $\frac{\text{mehr Service}}{\text{geg. Ressourcen}}$ oder zur Reduzierung des Inputs b) $\frac{\text{geg. Service}}{\text{weniger Ressourcen}}$ verwendet werden kann.

Die Planung und Durchführung einer **Effizienzmaßnahme** ist wiederum die Vorbedingung für eine Effizienzsteigerung in einem Unternehmen – und damit Ausgangspunkt für die Behandlung von Rebound-Effekten in Unternehmen.

3.2.2. Effizienzmaßnahmen und ihre Rebound-relevanten Eigenschaften

Neben diesem grundlegenden Effizienzverständnis ist das Verständnis einer Effizienzmaßnahme von Bedeutung, dass insbesondere in der späteren Bewertung der ökologischen Effektivität einer spezifischen Maßnahme eine zentrale Rolle spielen dürfte. Im Folgenden stehen deshalb zunächst die Ziele und Eigenschaften der Effizienzmaßnahmen, die zu einer höheren Ressourceneffizienz führen, sowie deren mit der Umsetzung angestrebten Vorteile im Fokus, die eine Relevanz für das Verhalten der Akteure in Unternehmen haben und damit als Ursachen für den Rebound-Effekt in Frage kommen. Damit andere Umsetzungs- und Wirkungsdefizite vom Rebound-Effekt abgegrenzt werden können, ist – wie oben bereits beschrieben – zunächst die *erfolgreiche* Umsetzung einer Effizienzmaßnahme von Bedeutung. Hier können im Idealfall bereits andere Wirkungsdefizite identifiziert werden, die aufgrund einer nicht vollständigen oder anderweitig mangelhaften Umsetzung einer Effizienzmaßnahme entstehen. Der Rebound-Effekt tritt definitionsgemäß erst nach der erfolgreichen Realisierung einer Effizienzsteigerung auf, grundsätzlich gilt: Ohne Effizienzsteigerung kein Rebound-Effekt.

Zu den Rebound-relevanten Eigenschaften von Effizienzmaßnahmen können deren **Ziele und angestrebten Vorteile**, die **Wirkweise der Effizienzsteigerung**, sowie deren **finanziellen und materiellen Voraussetzungen** identifiziert werden.

Als **Ziele der Effizienzsteigerung** kann die **Herbeiführung finanzieller, ökologischer und technologischer Vorteile** ausgemacht werden. Neben den **ökologischen Vorteilen** des niedrigeren Energie- und Materialeinsatzes entstehen weitere Vorteile finanzieller und technologischer Natur, die sich durch auf der Input-Seite kostensenkenden und auf der Output-Seite leistungssteigernden Wirkung der Effizienzsteigerung ergeben. **Finanzielle Vorteile** entstehen, da mit einem geringeren Ressourcenverbrauch pro Stück häufig niedrigere Kosten für Unternehmen und ihre Kunden einhergehen oder das primäre Ziel zu ihrer Durchführung bilden (Saunders 1992). Aufgrund eines relativ niedrigeren Ressourceneinsatzes sinken die Kosten (oder impliziten Preise) in der Herstellung oder für Erwerb und Nutzung des von der Effizienzerhöhung verbesserten Produkts oder Dienstleistung. Werden niedrigere Kosten nicht als Preissenkung an Kunden weitergereicht, können durch die höheren Margen im Verlauf höhere Einnahmen entstehen, die in Folge im Unternehmen für andere Zwecke verwendet und damit weitere Ressourcenverbräuche anstoßen können (Santarius 2015).

Neben finanziellen Vorteilen werden verschiedene **technologische Vorteile** durch Effizienzsteigerungen erreicht. Mit einem gleich hohen (oder niedrigeren) Ressourceneinsatz können damit leistungs- und nutzensteigernde Veränderungen an bestehenden Produkten und Dienstleistungen (z. B. durch Erhöhung der Leistung, des Komforts, der Sicherheit) vorgenommen werden (Santarius 2016) oder wird die Entwicklung gänzlich neuartiger Produkte und Technologien ermöglicht (Jenkins et al. 2011). Diese leistungssteigernde Wirkung kann analog auch bei Prozessen innerhalb von Unternehmen auftreten bzw. explizit angestrebt werden, wenn

Effizienzsteigerungen beispielsweise für Verbesserungen der Raumluft- oder Belüftungsqualität implementiert werden.

In Hinblick auf die **Wirkweise der Effizienzmaßnahme** geht es um die Frage, auf welche Art und Weise Ressourcen eingespart werden und wo in der Wertschöpfungskette die Maßnahme ihre Wirkung entfaltet. Eine Auswahl zahlreicher Ansatzpunkte und Möglichkeiten zur Effizienzzerhöhung ist in Tabelle 2 unten abgebildet.

Für eine ganzheitliche Betrachtung der Auswirkungen auf die Ressourcenverbräuche sind weiterhin die **finanziellen und materiellen Voraussetzungen** einer Effizienzmaßnahme zu berücksichtigen, um die notwendige graue Energie und grauen Materialien sowie zur Durchführung der Effizienzmaßnahme notwendigen Investitionen zu berücksichtigen.

Weiterhin ist das Ausmaß der Effizienzsteigerung ins Verhältnis zu den Verbräuchen und Kosten pro Stück zu stellen und in den größeren Kontext (z. B. des Unternehmens) einzuordnen, um das „Gewicht“ der Effizienzsteigerung und den damit verbundenen späteren Auswirkungen besser einordnen zu können. In Tabelle 2 wird eine Annäherung an diese Eigenschaften durch verschiedene Fragen dargestellt.

Orientierung hierzu können die folgenden Fragen bieten:

- Erreicht die Effizienzmaßnahme ihr gesetztes Ziel (d. h. wird die geplante/erwartete Effizienzsteigerung realisiert)? Oder bestehen bereits Wirkungsdefizite in der bzw. direkt nach Umsetzung der Maßnahme, die bei Nachbesserung der Umsetzung prinzipiell geschlossen werden könnten?
- Wie hoch sind die tatsächlich erzielten Einsparungen von physikalischen Ressourcen? Wie und in welchem Umfang werden damit auch Kosten gesenkt? Welchen Anteil haben die physischen und finanziellen Einsparungen im Vergleich zu den gesamten (Stück-)Kosten?
- Wie ist damit das Ausmaß der Effizienzsteigerung im Verhältnis zu den Gesamtkosten und -verbräuchen des Unternehmens zu interpretieren? Handelt es sich dabei um eine substantielle Steigerung der Effizienz? Oder sind die finanziellen Auswirkungen eher gering?
- Bietet die Effizienzsteigerung weitere, andere Vorteile für das Unternehmen?
- Verändert sich aufgrund der Effizienzsteigerung die Bewertung der Umweltverträglichkeit des Verfahrens, Prozesses oder Produkts durch die Akteure?

Die hier aufgeführten direkten Folgen und damit verbundenen Vorteile von Effizienzmaßnahmen bilden dabei eine notwendige, aber noch nicht hinreichende Bedingungen zur Entstehung von Rebound-Effekten. Zu diesen ursprünglichen Ursachen muss noch eine Verhaltensänderung, d. h. eine Entscheidung und/oder daran anschließende Aktivität hinzukommen, um zu Rebound-Effekten zu führen. Diese Entscheidungen und Aktivitäten sind das Thema im folgenden Kapitel und zeigen damit auch den Entscheidungs- und Handlungsspielraum für die Akteure in Unternehmen auf, um der Entstehung von Rebound-Effekten entgegenwirken zu können.

Tabelle 2: Reboundrelevante Eigenschaften von Effizienzmaßnahmen

Ziele der Effizienzmaßnahme	Was ist die Motivation für die Maßnahme? Welche Vorteile sollen durch die Effizienzsteigerung erzielt werden?	<ul style="list-style-type: none"> • Erzielung von finanziellen und technologischen Vorteilen zur Output-Erhöhung, Kosteneinsparung, Qualitätsverbesserung, Leistungssteigerung etc. • Erzielung finanzieller, ökologischer und technologischer Vorteile • Erzielung ökologischer Vorteile zur Entlastung steht im Vordergrund, finanzielle Aspekte spielen eine nachgeordnete Rolle • Weitere Motive und Ziele, in vielen verschiedenen Mischformen...
	Wie hoch ist die angestrebte Effizienzsteigerung?	<ul style="list-style-type: none"> • Höhe der angestrebten Effizienzsteigerung in physikalischer und finanzieller Form • Isolierte Wirkung der Maßnahme per sofort, als Reduktion der Ressourcenverbräuche pro Stück, pro Prozess oder pro Zeiteinheit (auch im Verhältnis zu den Gesamtverbräuchen)
Wirkweise der Effizienzmaßnahme	Wie werden Ressourcen eingespart? Auf welche Weise entfaltet die Maßnahme ihre Wirkung?	<ul style="list-style-type: none"> • Ansatzpunkt der Effizienzmaßnahme <ul style="list-style-type: none"> ○ Produkt-, Prozess- oder Organisationsveränderung • Spezifische Wirkung der Effizienzmaßnahme <ul style="list-style-type: none"> ○ Änderung der Materialauswahl, Veränderungen im Produktdesign (weniger Material und Energie „im“ Produkt), Leicht- und Kompaktbau ○ Einsatz energiesparender Prozesse, Automatisierung und Steuerung, Kreislaufführung von Materialien ○ Veränderungen von Arbeitsabläufen, Wahl effizienterer Dienstleistungsangebote, etc. • Eigenentwicklung oder Beschaffung/Einkauf von anderen Organisationen?
	Wo in der Wertschöpfungskette ist die Effizienzmaßnahme eingeordnet?	<ul style="list-style-type: none"> • Zusammensetzung des Produkts (Produktdesign) • Primäre Wertschöpfungsprozesse: Kernprozesse in der Produktion und Bereitstellung von Dienstleistungen • Unterstützende Prozesse im Unternehmen (Beleuchtung, Kühlung, Heizung ...) • Im Unternehmen oder in der Lieferkette
Finanzielle und materielle Voraussetzungen der Effizienzmaßnahme	Ist mit der Maßnahme eine Investition verbunden?	<ul style="list-style-type: none"> • Höhe und Art der Investition (Erweiterungs- oder Ersatzinvestition) • Amortisationszeit
	Welche technischen und materiellen Voraussetzungen sind mit der Maßnahme verbunden?	<ul style="list-style-type: none"> • Anschaffung neuer Anlagen, Baugruppen und Ausrüstungen für die Effizienzsteigerung • Höhe der Ressourcenverbräuche in der Lieferkette im Vergleich zu den erzielten Einsparungen im Unternehmen

Quelle: eigene Zusammenstellung.

3.3. Typologie unternehmensbezogener Rebound-Effekte

Aufbauend auf dem oben skizzierten Prozessmodell werden im Folgenden die finanziellen und technologischen Vorteile von Effizienzsteigerungen mit Entscheidungen und Aktivitäten in Unternehmen in Verbindung gebracht, die als an die Effizienzsteigerung anschließende Verhaltensänderungen die Entstehung von Rebound-Effekten erklären können. Die im folgenden dargestellte Typologie unternehmensbezogener Rebound-Effekte baut dabei auf der bestehenden Literatur zu Rebound-Effekten (insbesondere der Typologie von Santarius 2016) auf. Sie räumt jedoch der Beschreibung des Entstehungsprozesses von Rebound-Effekten mehr Raum in der Erklärung ein, indem sie die Rolle der Entscheidungen zur Nutzung der Vorteile von Effizienzsteigerungen und die daran anschließenden Aktivitäten in Unternehmen stärker in den Vordergrund stellt.

Ausgangspunkt aller im Folgenden beschriebenen Typen von Rebound-Effekten bildet eine erfolgreich durchgeführte Effizienzmaßnahme, die zu einer Effizienzsteigerung mit finanziellen, ökologischen oder technologischen Vorteilen geführt hat. Die an die Effizienzsteigerung anschließenden Entscheidungen in Unternehmen können dabei als zentrale Weichenstellungen bei der Entstehung von Rebound-Effekten aufgefasst werden. Die Entscheidungen zur Nutzung der Vorteile der höheren Effizienz dürften darüber hinaus bereits vor der Umsetzung der Effizienzsteigerung bestehen bzw. ein entscheidender Grund für deren Umsetzung sein. Für ein besseres Verständnis der unternehmensbezogenen Rebound-Effekte ist deshalb die Einbettung der Effizienzsteigerungen in die weiteren Ziele bzw. das Zielsystem des Unternehmens von Bedeutung; denn erst diese weiteren Ziele, zu deren Erreichung die Steigerung der Effizienz beitragen soll, erlauben eine (kausale) Erklärung für die Minderung oder das Ausbleiben ökologischer Entlastungen durch Rebound-Effekte.

Die zentralen Fragen, denen dieser Abschnitt nachgeht, lauten deshalb: Warum werden Effizienzsteigerungen durchgeführt und wozu werden die damit verbundenen finanziellen, ökologischen und technologischen Vorteile verwendet? Welche Entscheidungen und Aktivitäten sind damit verbunden? Wie und warum entstehen unternehmensbezogene Rebound-Effekte?

Im Folgenden werden verschiedene Typen von unternehmensbezogenen Rebound-Effekten beschrieben, die höher als auf Grundlage der Effizienzsteigerung erwartete Ressourcenverbräuche erklären. Diese Effekte, die die ökologischen Vorteile mindern, entstehen demzufolge durch eine spezifische Nutzung der finanziellen und technologischen Vorteile zur Verfolgung verschiedener Ziele der Unternehmen. Zentral sind dabei Entscheidungen über Produktion und Absatz bestehender Produkte und Dienstleistungen, die Gestaltung von Kern- und Unterstützungsprozessen in der Produktion und der Bereitstellung von Dienstleistungen, Produktentwicklung und -design sowie dem Umfang des Produktportfolios. Je nach Ausprägung dieser Entscheidungen und daran anschließenden Aktivitäten zu deren Umsetzung können höher als zuvor erwarteten Ressourcenverbräuche den folgenden Typen von Rebound-Effekten zugeordnet werden:

- **Output-Effekte**, die durch eine Steigerung der Produktion und des Absatzes zur Marktdurchdringung und Marktentwicklung entstehen;
- **Faktor-Substitutions-Effekte**, die durch Austausch von Produktionsverfahren und damit verbundener zunehmender Nutzung von Energiedienstleistungen entstehen;
- **Re-Utilisation-Effekte**, die durch leistungssteigernde Veränderungen der Produktionsverfahren und Produktionsorganisation entstehen;
- **Re-Design-Effekte**, die durch leistungssteigernde Veränderungen des Produktdesigns entstehen;

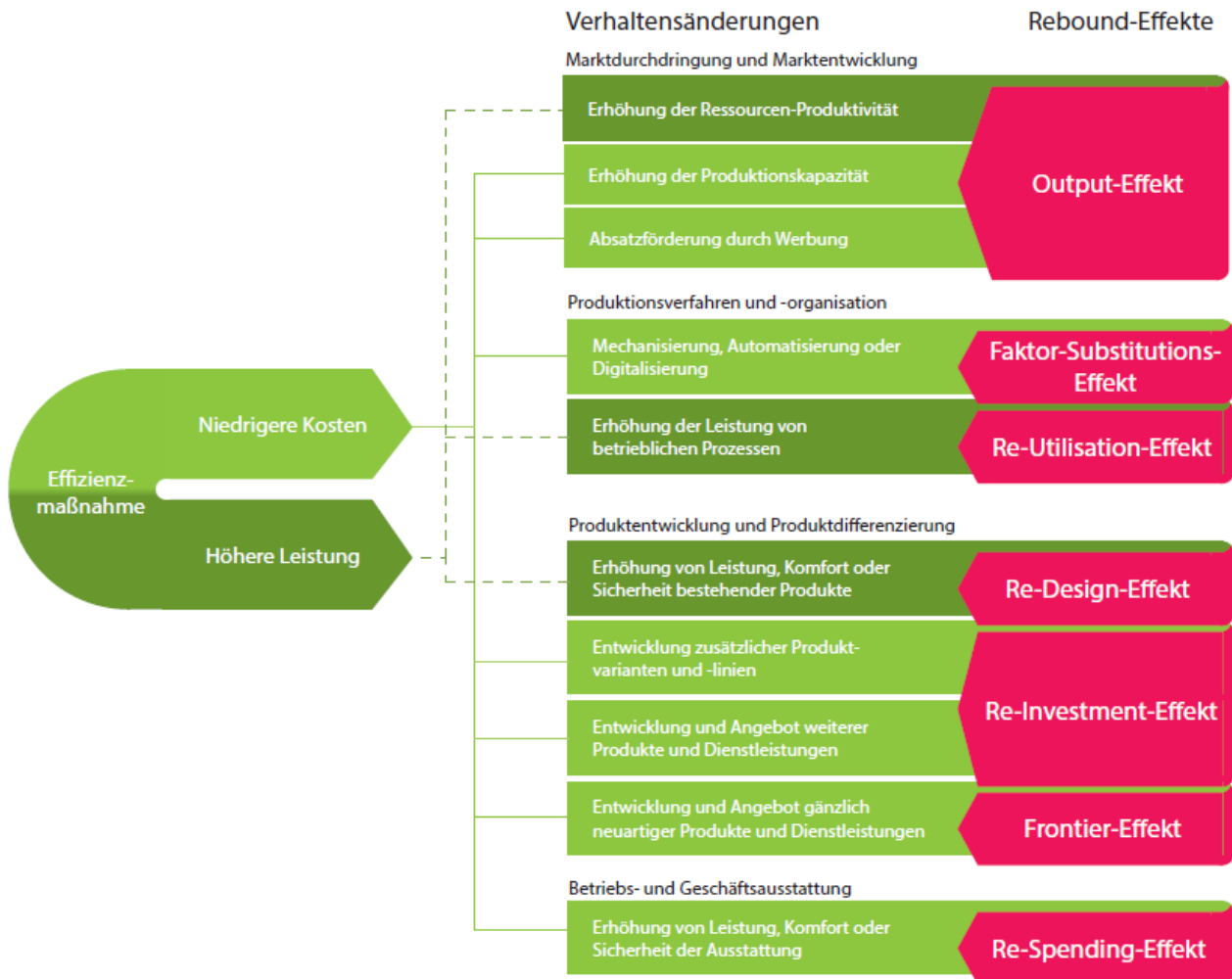
- **Re-Spending-Effekte**, die durch Verwendung eingesparter zusätzlicher finanzieller Mittel für reguläre laufende Ausgaben entstehen;
- **Re-Investment-Effekte**, die durch Verwendung kumulierter finanzieller Einsparungen zur Produktentwicklung, Produktdifferenzierung oder Diversifikation entstehen;
- **„Frontier“-Effekte**, die durch Entwicklung gänzlich neuartiger Produkte und Dienstleistungen entstehen.

Abbildung 4 unten bietet einen graphischen Überblick über die Pfade zur Entstehung dieser verschiedenen Rebound-Effekte. Ausgehend von der Effizienzsteigerung werden in den nächsten Abschnitten die Entscheidungen zur Nutzung der finanziellen und technologischen Vorteile und die daran anschließenden Aktivitäten von Unternehmen als Erklärungsansätze für unternehmensbezogene Rebound-Effekte erläutert. Diese Verhaltensänderungen erlauben es dann, die höher als erwarteten Ressourcenverbräuchen plausibel mit einer Handlungsperspektive zu verzahnen. Eine tabellarische Übersicht der Typen mit praktischen Beispielen findet sich im Anhang zu diesem Papier.

Die weithin geläufige Unterscheidung zwischen direkten und indirekten Effekten kann in ihrer Einfachheit als problematische Kategorisierungsgrundlage angesehen werden, die vereinfachend und abstrahierend auf Ebene des Geschehens in Unternehmen nur heuristisch funktioniert (denkbar ist z. B. eine Re-Investition kumulierter aufgrund der Effizienzsteigerung eingesparter finanzieller Mittel in die Erweiterung der Produktionskapazität; diese Re-Investition in die Erhöhung des bestehenden Outputs kann damit als Mischform eines direkten und indirekten Effekts angesehen werden). Die explizite Einstufung als direkter oder indirekter Effekt wird deshalb hier nicht verfolgt. Vielmehr gehen wir davon aus, dass ein Kontinuum von direkten zu indirekten Rebound-Effekten existiert.

Da Effizienzsteigerungen, insbesondere durch die eher indirekt wirkenden Effekte, auch räumlich-zeitlich weiter entfernte Folgen haben können, sind deshalb mehr als vier Schritte bei der Entstehung denkbar. Die Wahl der **Systemgrenzen** und des Betrachtungszeitraums ist demnach von zentraler Bedeutung für das Ausmaß des Rebound-Effekts (Greening et al. 2000; Font Vivanco & Van der Voet 2014). Im Folgenden wird jeweils der Prozess von der Effizienzsteigerung über die daran anschließenden Entscheidungen und Aktivitäten zu daraus resultierenden Rebound-Effekten beschrieben.

Abbildung 4: Entstehung unterschiedlicher Typen von Rebound-Effekten



Quelle: Wolff et al. (2023).

Output-Effekte durch Absatzausweitung

Bei Output-Effekten entstehen höher als erwartete Ressourcenverbräuche durch die Nutzung der finanziellen und technologischen Vorteile höherer Effizienz, wenn diese zur Ausweitung der Produktions- und Absatzmenge eingesetzt werden. Dabei kann dies mit und ohne Kosteneinsparungen innerhalb des Unternehmens, sowie bei Kosteneinsparungen mit oder ohne Preissenkung durch das Unternehmen erfolgen.

Absatzausweitung aufgrund höherer Ressourcen-Produktivität (durch Nutzung materieller Effizienzgewinne)

Die Effizienzsteigerung ermöglicht es, aus der gleichen Menge an Ressourcen mehr Produkte oder Dienstleistungen bereitzustellen. Wenn die Produktion entsprechend ausgeweitet wird, fallen die Einsparungen, die sich mit der Effizienzsteigerung verbinden, geringer aus als dies theoretisch möglich wäre. Auch ohne Minderung von Kosten und Senkung von Preisen kann auf diese Weise die Produktion und der Absatz ausgeweitet werden.

Absatzausweitung aufgrund von Kosteneinsparungen (durch Nutzung finanzieller Effizienzgewinne zur Output-Erhöhung)

Mit Preisreduktion: Die Effizienzsteigerung führt zu niedrigeren Kosten in Kern- und Unterstützungsprozessen des Unternehmens bei der Bereitstellung von Produkten und Dienstleistungen. Werden diese finanziellen Effizienzgewinne in vollem Umfang als niedrigere Preise an Konsument*innen weitergegeben, führt dies (c. p.) zu höherer Nachfrage und bei freien (Produktions-)Kapazitäten zur Ausweitung der Produktionsmenge.

Ohne oder mit nur anteiliger Preisreduktion: Die Effizienzsteigerung führt zu niedrigeren Kosten, die jedoch nicht oder nur anteilig als Preissenkung an die Konsument*innen weitergeben werden. Die verbliebenen finanziellen Effizienzgewinne werden zur Absatzförderung (Werbung etc.) verwendet oder (nach Kumulierung) in die Erhöhung der Produktionskapazität des gleichen Outputs investiert.

Zusammengefasst: Theoretisch mögliche Einsparungen werden in allen Fällen in einen höheren Output der bestehenden Produkte umgewandelt und zur Marktdurchdringung (des gleichen Absatzmarkts) oder der Marktentwicklung (weiterer Absatzmärkte) genutzt.

3.3.1. Faktorsubstitutions-Effekte durch Veränderungen von Produktionsverfahren

Faktorsubstitutionseffekten treten durch die Nutzung von finanziellen und technologischen Vorteilen zur Leistungssteigerung in Kern- und Unterstützungsprozessen und von betrieblichen Funktionen auf. Zunehmende Mechanisierung, Automatisierung und Digitalisierung erlauben substantielle Effizienzsteigerungen im Vergleich zur menschlichen Arbeitskraft. Die Effizienzsteigerungen von Produktionsanlagen, -verfahren und -technologien können bei isolierter Betrachtung in ihrem Betrieb oder ihrer Nutzung zur Einsparung von Ressourcen führen. Der Einsatz solcher Energiedienstleistungen, d. h. der Nutzung von Energie durch Anlagen und Maschinen, wird damit im Vergleich zu menschlicher Arbeitskraft bei gleicher Produktionsmenge günstiger. Dadurch verändert die Effizienzsteigerung die relativen Kosten zwischen verschiedenen Produktionsfaktoren bei gleichem Level an Output. Dies schafft Anreize für Unternehmen, verstärkt auf (energie-basierte und im Vergleich ressourcenintensivere) Mechanisierung, Automatisierung und Digitalisierung zu setzen, statt menschliche Arbeitskraft zu nutzen. Nimmt die Substitution im Zeitverlauf zu, kommt es zu einer Verschiebung im Faktormix hin zu Energiedienstleistungen. Damit steigt die Energie- und Ressourcenintensität; mögliche Einsparungen durch die ursprüngliche Effizienzsteigerung werden durch den zunehmenden Einsatz dieser Energiedienstleistungen reduziert bzw. aufgezehrt. Im Ergebnis fallen die Minderungen der Ressourcenverbräuche niedriger aus als theoretisch möglich.

Theoretisch mögliche Einsparungen bei den Energiedienstleistungen (vor der Substitution) werden aufgrund des vermehrten Einsatzes dieser Energiedienstleistungen reduziert bzw. aufgezehrt. Dabei ersetzt die verstärkte Nutzung von Energie insbesondere menschliche Arbeit.

3.3.2. Re-Utilisation-Effekte durch Prozessverbesserungen

Bei dem hier neu eingeführten Re-Utilisation-Effekt werden die technologischen und finanziellen Vorteile der Effizienzsteigerung zur Leistungssteigerung von Kern- und Unterstützungsprozessen und betrieblichen Funktionen verwendet. Die Effizienzsteigerung ermöglicht potenziell niedrigere Ressourcenverbräuche in der Nutzung von Technologien, Prozessen und betrieblichen Funktionen. Diese theoretischen Einsparmöglichkeiten werden jedoch nicht oder nur anteilig herbeigeführt, da die Effizienzsteigerung zur Erhöhung der Leistung der Technologien, Prozesse und betrieblichen

Funktionen verwendet wird. Analog zum Re-Design-Effekt (vgl. unten) werden Einsparungen von Ressourcenverbräuchen auf der Input-Seite durch Leistungssteigerungen auf der Output-Seite des Prozesses aufgezehrt. Im Zuge der Effizienzsteigerung nutzt das Unternehmen dabei zusätzliche Energie/ Materialien zur besseren Erreichung bestehender Zwecke (z. B. Prozess- und Produktqualität) in Kern- und Unterstützungsprozessen 1) intensiver, 2) extensiver, und/oder 3) häufiger.

Theoretisch mögliche Einsparungen der Effizienzsteigerung werden dabei in Prozess-/Produktqualität oder Mitarbeiterzufriedenheit umgewandelt.

3.3.3. Re-Design-Effekte durch Leistungssteigerung von Produkten und Dienstleistungen

Re-Design-Effekte treten auf, wenn die Nutzung von technologischen und finanziellen Vorteilen der Effizienzsteigerung zur Leistungssteigerung von Produkten und Dienstleistung verwendet wird. Die Vorteile der Effizienzsteigerung ermöglichen (potenziell) niedrigere Ressourcenverbräuche bei Produkten und Dienstleistungen in der Nutzungsphase. Diese werden jedoch nicht vollständig zur Senkung von Ressourcenverbräuchen eingesetzt, sondern die Einsparpotenziale der Effizienzsteigerung werden auch zur Leistungssteigerung oder anderweitigen Verbesserungen des Nutzens (Komfort, Sicherheit etc.) in Hinblick auf (vermutete) Präferenzen der Konsument*innen verwendet.

Theoretisch mögliche Einsparungen werden dabei zur Leistungssteigerung und damit in (vermuteten) Kundennutzen umgewandelt.

3.3.4. Re-Spending-Effekte durch zusätzliche Ressourcenverbräuche aufgrund kurz- bis mittelfristiger Ausgaben

Die Effizienzsteigerung führt zu niedrigeren Kosten, die jedoch nicht oder nur anteilig als Preissenkung an die Konsument*innen weitergeben werden. Die entstehenden finanziellen Einsparungen werden für kurz- bis mittelfristige Ausgaben verwendet, die wiederum Ressourcenverbräuche anstoßen (können). In einer Gesamtunternehmensbetrachtung (bzw. noch umfassenderen Betrachtung bspw. bei Auszahlung an Mitarbeitende oder Aktionär*innen) fallen die Minderungen der Ressourcenverbräuche niedriger aus als theoretisch möglich.

Theoretisch mögliche Einsparungen werden durch die von Ausgaben angestoßenen, anderen Ressourcenverbräuche anteilig aufgezehrt oder (über-)kompensiert.

3.3.5. Re-Investment-Effekte durch zusätzliche Ressourcenverbräuche aufgrund kumulierter re-investierter finanzieller Effizienzgewinne

Die Effizienzsteigerung führt zu niedrigeren Kosten, die jedoch nicht oder nur anteilig als Preissenkung an die Konsument*innen weitergeben werden. Die finanziellen Einsparungen summieren sich im Zeitverlauf zu wachsenden Budgets. Diese können dann mittel- bis langfristige Investitionen finanzieren, die wiederum Ressourcenverbräuche anstoßen (können). Hierzu zählen die Entwicklung weiterer⁴ Produkte und Dienstleistungen sowie Diversifikation. In der Folge kann die Produktion und damit der Output dieser neuen Produkte und Dienstleistungen ausgeweitet werden.

⁴ Die leistungssteigernde Weiterentwicklung des Ausgangsprodukts fällt unter den Re-Design-Effekt, bei dem die theoretisch möglichen Verbrauchsminderungen in höhere Leistung bzw. Kundennutzen in Form von Komfort, Sicherheit oder Qualität umgenutzt werden.

Theoretisch mögliche Einsparungen werden durch die von Investitionen angestoßenen anderen Ressourcenverbräuche anteilig aufgezehrt oder (über-)kompensiert.

3.3.6. „Frontier“-Effekte durch Entwicklung gänzlich neuartiger Produkte und Dienstleistungen

Finanzielle und technologische Vorteile werden zur Entwicklung gänzlich neuartiger Produkte und Dienstleistungen verwendet. Dies wird durch effizientere Technologien oder deren Kombination ermöglicht. Die Effizienzsteigerung bzw. verschiedene Effizienzsteigerungen von Technologien in Kombination ermöglichen die Entwicklung gänzlich neuartiger Anwendungsmöglichkeiten, Produkte und Dienstleistungen. Dieser technische Fortschritt führt zur Entstehung neuartiger Produktkategorien und Industrien, deren Produktion wiederum neue Ressourcenverbräuche auslöst.

Theoretisch mögliche Einsparungen durch Effizienzsteigerungen werden dabei durch die Herstellung und Nutzung weiterer Produkte sowie zusätzliche Produktions- und Anwendungsmöglichkeiten gemindert oder aufgezehrt. Die Transformations- bzw. Produktionsmöglichkeitenkurve wird nach außen verschoben.

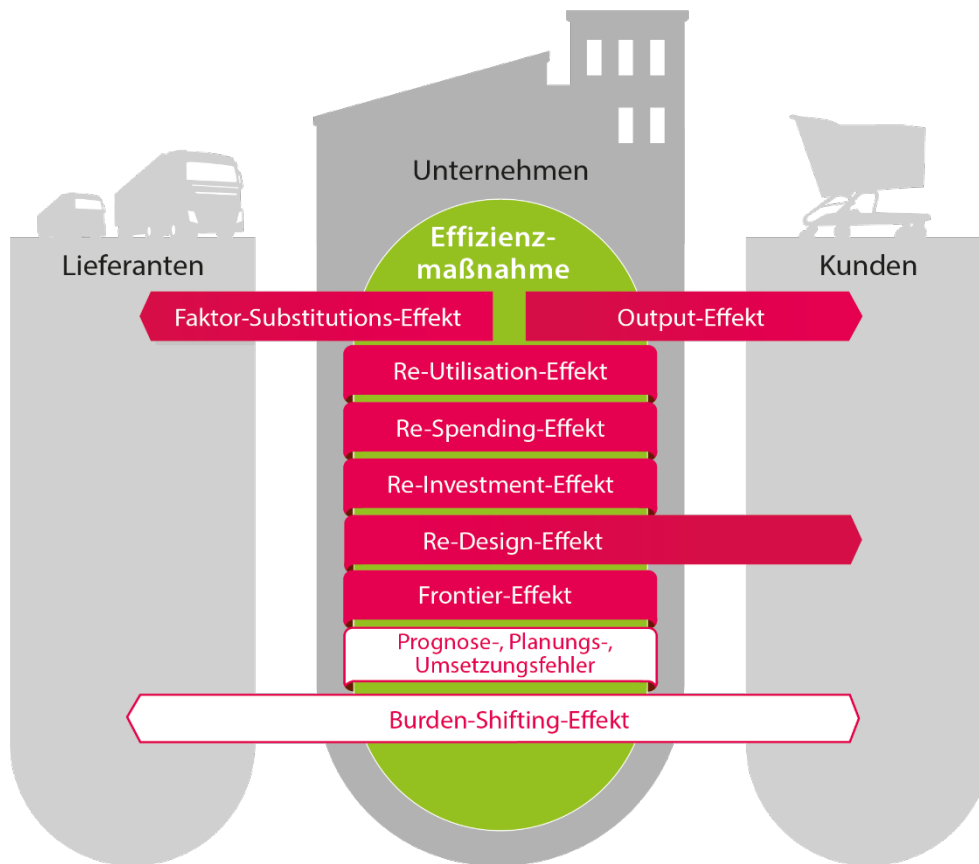
3.4. Rebound-Landkarte: Verortung von Rebound-Effekten in der Wertschöpfungskette

Im Folgenden werden die einzelnen Rebound-Effekte aus der Rebound-Typologie des Kapitels 3.3 sowie die in Kapitel 3.1 erwähnten anderen Wirkungsdefizite von Effizienzmaßnahmen auf einer „**Landkarte**“ verortet, die die Wertschöpfungskette schematisiert. Damit wollen wir aufzuzeigen, welche **Akteure** innerhalb der Wertschöpfungskette durch Verhaltensänderungen Anteil an der Entstehung von Rebound-Effekten und anderen Wirkungsdefiziten von Effizienzmaßnahmen haben. Expliziter als in der bisherigen Forschung soll so die Verbindung von Unternehmen zu anderen Akteuren der Wertschöpfungskette hergestellt werden, um die „**Orte**“ **der Entstehung** von Rebound-Effekten im Zusammenspiel von Produktion und Konsum sowie deren Wechselwirkungen aufzuzeigen. **Kunden** und **Lieferanten** werden damit konzeptionell mit in die Betrachtung von Rebound-Effekten einbezogen. Die Landkarte möglicher Rebound-Effekte spiegelt damit die Beobachtung wider, dass häufig zumindest zwei Akteure bzw. Gruppen von Akteuren an der Entstehung von Rebound-Effekten beteiligt sind (vgl. Figge et al. 2014).

Abbildung 4 zeigt, dass in der **Lieferkette** und in den **Beschaffungsmärkten** einerseits Faktorsubstitutionseffekte entstehen können, andererseits Burden-Shifting-Effekte, d.h. durch die Effizienzsteigerungen im **Unternehmen** bedingte vorgelagerte Energie- und Materialverbräuche. Im Unternehmen selbst können Prognose-, Planungs- und Umsetzungsfehler angesiedelt sein, aber auch Re-Utilisation-, Re-Spending- und Re-Investment-Effekte. **Absatzmärkte** und **Kunden** sind involviert, wenn Output-, ReDesign- und Frontier-Effekte entstehen. Hier unterscheiden sich Rebound-Effekte je nachdem, ob sie im Kontext bestehender Produkte (Re-Design), zusätzlicher Produkte (Re-Investment-Effekte infolge von Produktdifferenzierung und Diversifikation) oder gänzlich neuartiger Produkte entstehen (Frontier-Effekte).

In der Graphik sind die genuinen Rebound-Effekte (bzw. die Prozesse, die zu ihnen führen können) rot abgebildet; die ähnlichen Wirkungsdefizite (Burden-Shifting, Planung-/Umsetzungsfehler) sind weiß mit roter Umrandung eingezeichnet.

Abbildung 5: Verortung von Rebound-Effekten entlang der Wertschöpfungskette



Quelle: Wolff et al. (2023).

Die Rebound-Landkarte bildet auch unsere konzeptionellen **(System-)Grenzen** für unternehmensbezogene Rebound-Effekte ab. Mögliche Nachfrageeffekte aufgrund von Preisänderungen auf Rohstoffmärkten (vgl. Santarius 2015) sind damit beispielsweise nicht berücksichtigt, auch wenn diese durch die Aktivitäten einer Vielzahl von Unternehmen (d. h. der Wirkung einer branchenweiten Umsetzung von Technologien für höhere Ressourceneffizienz) entstehen können.

Die Rebound-Landkarte kann dazu beitragen, das bisher eher am Rande der Aufmerksamkeit stehende Phänomen **indirekter** unternehmensbezogener Rebound-Effekte mehr in den Vordergrund zu bringen, und so das Verständnis für solche indirekte Effekte – insbesondere Re-Design- und Re-Investment-Effekte – zu stärken. Diese Effekte sind als Rebound-Effekte zum Teil umstritten, da Ressourcenverbräuche (zeitlich und räumlich) weit „entfernt“ von der ursprünglichen Effizienzsteigerung auftreten.

Wichtig ist dabei darüber hinaus festzuhalten, dass die in der Landkarte aufgeführten Effekte **nicht** alle **gleichzeitig** wirken (können), da finanzielle Einsparungen durch Effizienzsteigerungen nicht mehrfach verwendet werden können. Denkbar ist jedoch auch eine zeitgleiche, dabei jedoch **nur anteilige** Wirkung der unterschiedlichen Effekte. Der Zweck der Darstellung ist eine möglichst vollständige Übersicht über Rebound-Effekte. Die gesammelte Darstellung möglicher Pfade zu unternehmensbezogenen Rebound-Effekten soll zu ergründen erlauben, warum die im Nachhinein beobachteten Ressourceneinsparungen niedriger als zuvor angenommen ausfallen (können).

3.5. Mögliche Ursachen der Entstehung von Rebound-Effekten

Im Rahmen der Rebound-Typologie haben wir geklärt, was „Quellen“ oder auch Auslöser von Rebound-Effekten sein können – von Faktorsubstitutionsprozessen über veränderte Produktionsverfahren und -organisation (Re-Utilisation) bis hin zu Re-Investment und Re-Design. Diese Quellen sind aber keine Ursachen oder Treiber, die uns zu verstehen helfen, *wieso* entsprechende Prozesse zu Rebound-Effekten führen.

Im Folgenden wollen wir der oben entwickelten Prozessperspektive noch eine **kausale Perspektive** auf die Entstehung von Rebound-Effekten zur Seite stellen. Vor dem Hintergrund unterschiedlicher Literaturbestände entwickeln wir **Thesen** dazu, welche Faktoren der Entstehung von Rebound-Effekten Vorschub leisten bzw. sich darauf auswirken, dass Unternehmen Rebound-Effekte zu identifizieren und managen versuchen. Dabei greifen wir Erklärungsansätze auf, die bereits in der Rebound-Literatur verwendet werden (vgl. Kapitel 2.2). Wir bringen aber auch Thesen ins Spiel, die sich aus anderen Literaturbeständen ableiten lassen, die unseres Wissens bisher noch nicht im Zusammenhang mit Rebound-Effekten nutzbar gemacht wurden.

Im **MERU-Vorhaben** dienen die Thesen dazu, die Auswertung der (qualitativen) empirischen (Fallstudien-) Ergebnisse zu strukturieren und fokussieren und so die Identifikation von Regelmäßigkeiten und Mustern zu ermöglichen. Ein strenges „Testen“ von operationalisierten Hypothesen kann aufgrund der geringen Fallzahl (zehn Unternehmen, 22 untersuchte Effizienzmaßnahmen) nicht erfolgen. Tatsächlich sollen die Thesen in einem „abduktiven“ Sinne ermöglichen, hypothetisch vom Einzelnen und einer Regel auf eine Regelmäßigkeit zu schließen (Friedrichs & Kratochwil 2009).

These 1 (Unternehmensstrategische Priorisierung): Die identifizierten Rebound-Effekte gehen in erster Linie darauf zurück, dass das Unternehmen andere betriebliche Zwecke gegenüber der Vermeidung von Rebound-Effekten priorisiert. Statt den ökologischen Nutzen der Maßnahme zu maximieren, werden Einbußen ihrer ökologischen Wirksamkeit in Kauf genommen, insbesondere um ihren finanziellen oder technologischen Nutzen (siehe Kapitel 3.2.2) auszuschöpfen. Mittelbar versucht das Unternehmen damit, seine Wettbewerbsposition zu verbessern – über höhere Gewinne, Stabilisierung der Marktanteile, Wachstum, oder auch über verbesserte Produktqualität oder größere Mitarbeiterzufriedenheit. Hinter der unternehmensstrategischen Priorisierung können wiederum tieferliegende Ursachen ausgemacht werden. Darunter fällt u.a. eine mangelnde Anerkennung der ökologischen Relevanz von Rebound-Effekten im Unternehmen bzw. ökologischen Problemdrucks im weiteren Sinn. Auch eine Orientierung an Normalitätsvorstellungen und ‚gängigen‘ Praktiken (wie z.B. dem „Wachstumsparadigma“) im Umfeld von Unternehmen („mimetischer Druck“) befördert eine entsprechende Prioritätensetzung im Unternehmen. Schließlich können auch ökonomisch-technische Bedingungen/ Entwicklungen (niedriges Produktivitätswachstum, hoher Kosten- oder Wettbewerbsdruck etc.) dazu führen, dass Unternehmen die (materiellen/finanziellen) Effizienzgewinne wettbewerbsstrategisch einsetzen.

Diese These wird einerseits von Ansätzen des nachhaltigkeitsorientierten Strategischen Managements (Schaltegger & Wagner 2019; Gazzola & Colombo 2014; Lamberti & Lettieri 2009; Figge et al. 2002), andererseits durch den soziologischen Institutionalismus (Powell & DiMaggio 2012, Hoffman 2001; Hoffman & Jennings 2018, Lounsbury et al. 2018) gestützt.

These 2 (Wissen, Instrumente und organisationale Strukturen): Die identifizierten Rebound-Effekte gehen in erster Linie darauf zurück, dass im Unternehmen relevantes Wissen, Instrumente und organisationale Strukturen fehlen, um Rebound-Effekte erfassen und managen zu können:

- **Wissen** z.B. zu Verbräuchen von Anlagen, Kosten der Verbräuche, Höhe finanzieller Effizienzgewinne, Verwendung finanzieller Effizienzgewinne
- **Instrumente** zur Schaffung des entsprechenden Wissens, z.B. Kennzahlen innerhalb von Umwelt- oder Energiemanagementsystemen; finanzielles Controlling, das Verwendung freiwerdender Mittel berücksichtigt; Beschaffungskriterien
- **Strukturen**, z.B. Routinen, Freiheitsgrade, Kommunikationskanäle, die ein Systemverständnis von sich gegenseitig beeinflussenden Ressourcenverbräuchen ermöglichen und die Koordination zwischen verschiedenen, von der Maßnahme betroffenen Bereichen und betrieblichen Funktionen – und damit „Prozessbeherrschung“ – erlauben.

Diese These wird durch instrumenten-bezogene Stränge der nachhaltigkeitsorientierten Strategischen Management Literatur gestützt (z.B. Baumgartner 2014; BMU et al. 2007; Figge et al. 2002; Johnson & Schaltegger 2015).

These 3 (Psychologische Faktoren): Die identifizierten Rebound-Effekte gehen in erster Linie darauf zurück, dass Akteure im Unternehmen (z.B. Entscheider/innen, Entwickler/innen, Anwender/innen) nach erfolgreicher Umsetzung der Effizienzmaßnahme die Technologie/den Prozess oder ihr gesamtes Handeln als weniger umweltschädlich wahrnehmen und in Folge ihr Verhalten ändern und Ressourcenverbräuche intensivieren. Hier spielen unterschiedliche psychologische Phänomene eine Rolle wie 1. die Wahrnehmung von Selbstunwirksamkeit und die Diffusion von Verantwortlichkeit oder 2. die moralische Rechtfertigung. Im ersten Fall führt die Senkung der Verbräuche/Emissionen einer Technologie durch eine Effizienzmaßnahme dazu, dass die beteiligten Personen ihrem individuellen Nutzungsverhalten weniger Bedeutung zumessen, weil sie diesem eine geringere Wirkung zusprechen und eine geringere individuelle Verantwortung für eine umweltschonende Nutzung sehen. In der Folge wird die betreffende Technologie in der Anwendungsphase intensiver genutzt. Im zweiten Fall sinkt nach der Effizienzmaßnahme die Motivation der beteiligten Personen, auch in anderen (Teil-)Bereichen öko-effizienter zu werden, und die Effizienzsteigerung wird im Nachgang zur moralischen Rechtfertigung von umweltbelastendem Verhalten in anderen (Teil-)Bereichen des Unternehmens genutzt.

Diese These wird durch individualpsychologische Erklärmodelle wie die Theorie des geplanten Verhaltens (Ajzen 1991) und das Norm-Aktivationsmodell von Schwartz (1977) gestützt, die wiederum für die konsumentenbezogene Rebound-Forschung durch Peters et al. (2012) und Santarius & Soland (2018) fruchtbar gemacht wurden.

In welchem **Zusammenhang** stehen nun die in den Thesen genannten **Ursachen** von Rebound-Effekten **und** die oben identifizierten **Typen von Rebound-Effekten**? Wir gehen nicht davon aus, dass bestimmte Rebound-Typen nur durch bestimmte Treiber verursacht werden können. Vielmehr kann jeder Typus und auch jeder individuelle Fall von Rebound-Effekt durch einen beliebigen oder auch durch mehrere der in den Thesen beschriebenen Treiber hervorgerufen werden. Verschiedene Treiber können also auch **zusammenspielen**. Beispielsweise kann das Entstehen eines Rebound-Effekts dadurch ermöglicht werden, dass ein Unternehmen keine Daten erhebt, um die Entwicklung von Verbräuchen nach Durchführung von Effizienzmaßnahmen zu monitoren (These 2). Diese Unterlassung kann mittelbar wiederum darauf zurückgeführt werden, dass die Unternehmensleitung andere betriebliche Ziele priorisiert (These 1). Hieraus wird deutlich, dass die Thesen **nicht** durchweg **voneinander unabhängig** sind.

4. Fazit

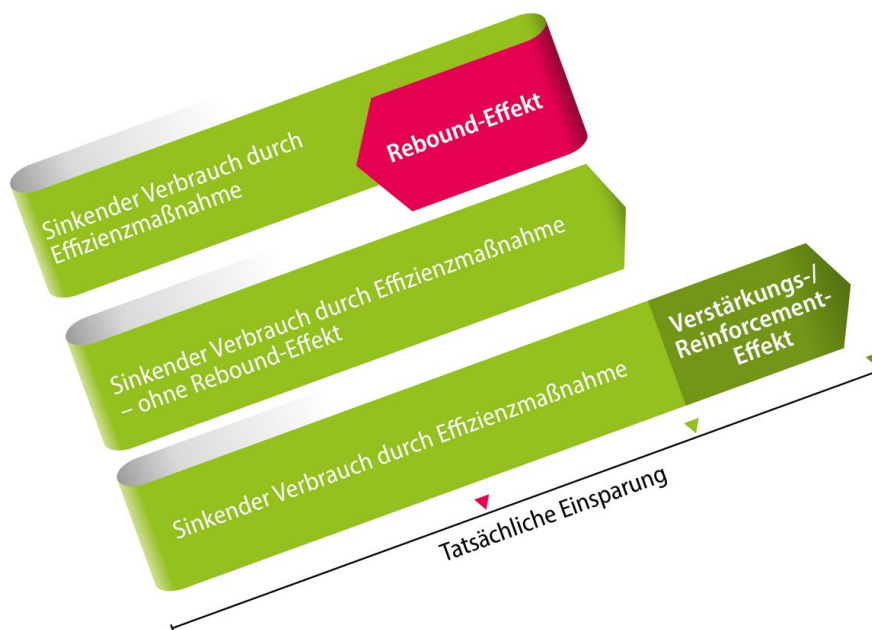
Rebound-Effekte in Unternehmen sind ein komplexes, bisher empirisch wenig untersuchtes Phänomen. In diesem Papier haben wir uns dem Phänomen zunächst durch Aufarbeitung des Stands der Forschung genährt und dann ein eigenes („MERU“-) **Konzept von unternehmensbezogenen Rebound-Effekten** entwickelt. Wir fassen unternehmensbezogene Rebound-Effekte als ein **spezifisches Wirkungsdefizit** unternehmerischer Effizienzbemühungen auf, bei dem die theoretisch möglichen und erwarteten Minderungen von Energie- und Materialverbräuchen durch eine Effizienzmaßnahme nicht oder nicht in vollem Umfang erzielt werden. In diesem Verständnis sind Effizienzmaßnahmen bzw. -gewinne der Ausgangspunkt und Auslöser von Rebound-Effekten. Andere mögliche Umsetzungs- und Wirkungsdefizite von Effizienzmaßnahmen treten teils vor und während einer Effizienzsteigerung auf (im Fall von Burden-Shifting, Prognose-, Planungs- und Umsetzungsfehlern) und nicht erst im Nachgang, wie dies charakteristisch für den Rebound-Effekt ist. Wir haben ein Prozessmodell erstellt und Thesen zu den Ursachen bzw. Treibern der Entstehung unternehmensbezogener Rebound-Effekte entwickelt. Aus der Literatur, aber auch aus empirischen Einblicken in die Entstehung von Rebound-Effekten, die wir im Rahmen des MERU-Projekts gewonnen haben, haben wir eine Typologie von sieben unternehmensbezogenen Typen von Rebound-Effekten entwickelt: Output-, Faktorsubstitutions-, Re-Utilisation-, Re-Design-, Re-Spending, Re-Investment und Frontier-Effekte. Einige der Typen sind aus der bisherigen Rebound-Forschung bekannt, andere (v.a. der Re-Utilisation-Effekt) wurden bislang noch nicht durch die Literatur beschrieben, konnten aber im Rahmen der empirischen Fallstudien von MERU empirisch identifiziert werden. Die einzelnen Typen von Rebound-Effekten lassen sich an unterschiedlichen Stellen entlang der Wertschöpfungskette verorten.

Die Auseinandersetzung mit Rebound-Effekten zeigt auch, dass diese auf Ebene von Unternehmen ein **relatives Phänomen** sind. Ob Rebound-Effekt diagnostiziert werden können, hängt nicht zuletzt damit zusammen, inwieweit bei der Berechnung von Einsparpotenzialen spätere Mehrverbräuche bereits berücksichtigt werden: Werden solche Mehrverbräuche nicht erwartet und entsprechend nicht eingepreist in die „theoretisch mögliche Einsparung“, entstehen rechnerisch Rebound-Effekte. Werden sie aber erwartet und berücksichtigt, tritt das Phänomen des Rebound-Effekts gar nicht erst auf. Die Reduktion der Effizienzwirkung ist genau so im Voraus berücksichtigt, wie die Umweltwirkungen aus der Herstellung eines Geräts (z.B. ein Thermostat), das der Effizienzsteigerung dient. Rebound-Effekte sind also nur dann eine *nicht-erwartete Konsequenz* von Effizienzmaßnahmen, wenn eine Erwartung bestand, dass Ressourcenverbräuche im Endeffekt stärker absolut sinken. Schließlich sind Rebound-Effekte nur dann eine *nicht-erwartete oder nicht erwartbare Konsequenz*, wenn Unternehmen die Mechanismen der Entstehung von Rebound-Effekten nicht kennen.

Aus Rebound-Effekten in Firmen sollte nicht abgeleitet werden, dass **unternehmerischen Effizienzbemühungen** nutzlos wären. Effizienzmaßnahmen führen in aller Regel (außer im Fall eines „Backfire“-Effekts) trotz Wirkungsdefiziten zu Ressourceneinsparungen, und diese sind unverzichtbar, um planetaren Grenzen ein- und Handlungsspielräume erhalten zu können. Nötig ist jedoch ein größeres Bewusstsein in Unternehmen dafür, dass Effizienzmaßnahmen oft nicht die theoretisch möglichen Einsparungen erbringen, und dass unterschiedliche Entscheidungen und Aktivitäten *nach* Umsetzung der Effizienzmaßnahmen entscheidenden Einfluss auf deren ökologische Wirksamkeit haben. Das Prozessmodell gibt Anhaltspunkte, wo Unternehmen ansetzen können – beispielsweise durch Monitoring von Ressourceneinspareffekten und Controlling von Finanzflüssen –, um Effizienzmaßnahmen möglichst ökologisch effektiv umzusetzen. Ein ganzheitliches Management von Energie- und Ressourceneffizienz berücksichtigt neben Rebound-Effekten auch andere – z.B. außerhalb

des Unternehmens liegende – Wirkungsdefizite von Effizienz sowie Strategien jenseits der Effizienz (z.B. Konsistenz, Suffizienz). Eine ambitionierte Strategie zum Umgang mit Wirkungsdefiziten von Effizienzmaßnahmen ermöglicht es, die Differenz zwischen der theoretisch zu erwartenden Einsparung durch eine Effizienzmaßnahme und die tatsächlich erreichte Einsparung nicht nur zu mindern, sondern so zu nutzen, dass die Effizienzmaßnahme positiv verstärkt wird. Wir sprechen dann von einem **Verstärkungseffekt** (englisch „Reinforcement“; Schaltegger, Amend & Wüst, im Erscheinen), siehe Abbildung 6.

Abbildung 6: Schematische Darstellung des Verstärkungseffekts



Quelle: eigene Darstellung.

Die Abbildung zeigt schematisiert auf, dass eine Energie- oder Materialeffizienzmaßnahme entweder zu einem Rebound-Effekt führen kann (oberer Streifen); dass sie ohne Rebound-Effekt umgesetzt werden kann (mittlerer Streifen); oder dass sie mit einem Verstärkungseffekt einher gehen kann (unterer Streifen). Hierfür ist ein bewusstes Rebound-Management nötig (Wolff et al. 2023).

Die oben (Kapitel 3.5) thesenartig herausgearbeiteten Ursachen von Rebound-Effekten können umgekehrt auch als **Hebel für solche Verstärkungseffekte** genutzt werden: eine unternehmensstrategische Priorisierung der ökologischen Wirksamkeit von Effizienzmaßnahmen (z.B. durch Einbettung von Effizienzmaßnahmen in ‚starke‘ Nachhaltigkeitsstrategien oder unternehmerische Selbstbeschränkungs-/Postwachstumsansätze); der Aufbau von Wissen, Instrumenten und organisationalen Strukturen zur Erfassung und zum Management von Rebound-Effekten; wie auch die Bewusstmachung von psychologischen Rebound-Mechanismen bei Mitarbeitenden in allen Funktionen des Unternehmens – vom Einkauf über Produktdesign und Produktion bis hin zum Marketing – können helfen, Effizienzmaßnahmen in ihrer Wirkung positiv zu verstärken (Gebauer 2022; Schaltegger, Amend & Wüst, im Erscheinen).

Im politischen Raum schließlich sollten im Kontext staatlicher Effizienzstrategien die Wirksamkeitsdefizite und Rebound-Effekte mitgedacht werden: Theoretisch erzielbare Effizienzgewinne

übersetzen sich nicht vollständig in sinkende Ressourcenverbräuche, wenn Unternehmen und Verbraucher*innen neue Bedarfe, Bedürfnisse, Wachstumschancen etc. nutzen bzw. erfüllen wollen.

5. Literatur

Ajzen, I. (1991): The Theory of Planned Behavior. *Organizational Behavior and human decision processes*, 50, 179–211.

Amjadi, G., Lundgren, T. & Persson, L. (2018): The rebound effect in Swedish heavy industry. *Energy Economics*, 71, 140-148.

Antal, M., & Van den Bergh, J. (2014): Re-spending rebound: A macro-level assessment for OECD countries and emerging economies. *Energy Policy*, 68, 585-590.

Barker, T., Dagoumas, A. & Rubin, J. (2009): The macroeconomic rebound effect and the world economy. *Energy Efficiency*, 2(4), 411.

Baumgartner, R. (2014): Managing Corporate Sustainability and CSR: A Conceptual Framework Combining Values, Strategies and Instruments Contributing to Sustainable Development. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management* 21, 258–271.

Bentzen, J. (2004): Estimating the rebound effect in US manufacturing energy consumption. *Energy Economics*, 26, 123-134.

Berbel, J., Gutiérrez-Martín, C., Rodríguez-Díaz, J. A., Camacho, E. & Montesinos, P. (2015): Literature review on rebound effect of water saving measures and analysis of a Spanish case study. *Water Resources Management*, 29(3), 663-678.

Berner, A., Lange, S., & Silbersdorff, A. (2022): Firm-level energy rebound effects and relative efficiency in the German manufacturing sector. *Energy Economics* 109.

BMU (Bundesministerium für Umwelt), Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI) (Hrsg.), Schaltegger, S., Kleiber, O., Müller, J. & Herzig, C. (Autoren) (2007): Nachhaltigkeitsmanagement in Unternehmen. Konzepte und Instrumente zur nachhaltigen Unternehmensentwicklung. Berlin: BMU; in German. *English translation "Sustainability management in business enterprises. Concepts and tools for a sustainable organisation development"*.

Brockway, P. E., Sorrell, S., Semieniuk, G., Heun, M. K. & Court, V. (2021): Energy efficiency and economy-wide rebound effects: A review of the evidence and its implications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 141, 110781.

Brookes, L. (1990): The greenhouse effect: the fallacies in the energy efficiency solution. *Energy Policy*, 18(2), 199-201.

Bruns, S. B., Moneta, A., & Stern, D. I. (2021). Estimating the economy-wide rebound effect using empirically identified structural vector autoregressions. *Energy Economics* 97.

Chakravarty, D., Dasgupta, S. & Roy, J. (2013): Rebound effect: How much to worry? *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(2), 216–228.

Chen, C. W. (2021): Clarifying rebound effects of the circular economy in the context of sustainable cities. *Sustainable Cities and Society*, 66, 102622.

- Destatis (2021): *Nachhaltige Entwicklung in Deutschland 2021. Indikatorenbericht*. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- Dimitropoulos, J. (2007): Energy productivity improvements and the rebound effect: An overview of the state of knowledge. *Energy Policy*, 35(12), 6354-6363.
- Figge, F.; Hahn, T.; Schaltegger, S.; Wagner, M. (2002): The Sustainability Balanced Scorecard. Linking sustainability management to business strategy. *Business Strategy and the Environment* 11(5), 269–284.
- Font Vivanco, D., Freire-González, J., Kemp, R. & van der Voet, E. (2014): The remarkable environmental rebound effect of electric cars: a microeconomic approach. *Environmental Science & Technology*, 48(20), 12063-12072.
- Font Vivanco, D., McDowall, W., Freire-González, J., Kemp, R. & van der Voet, E. (2016): The foundations of the environmental rebound effect and its contribution towards a general framework. *Ecological Economics*, 125, 60-69.
- Friedrichs, J. & Kratochwil, F. (2009): On acting and knowing: How pragmatism can advance international relations research and methodology. *International Organization*, 701-731.
- Friedrichsmeier, T. & Matthies, E. (2015): Rebound effects in energy efficiency – an inefficient debate? *GAIA* 24 (2), 80–84.
- Galvin, R. & Gubernat, A. (2016): The rebound effect and Schatzki's social theory: Reassessing the socio-materiality of energy consumption via a German case study. *Energy Research & Social Science* 22, 183-193.
- Gazzola, P. & Colombo, G. (2014): CSR integration into the corporate strategy. *Cross-Cultural Management Journal*, 16(2).
- Gebauer, J. (2022): Unternehmensbezogene Rebound-Effekte: Rebound-Vermeidung durch unternehmerische Selbstbegrenzung und Suffizienz. MERU-Diskussionspapier, online verfügbar.
- Gillingham, K., Kotchen, M. J., Rapson, D. S. & Wagner, G. (2013): Energy policy: The rebound effect is overplayed. *Nature*, 493 (7433), 475.
- Greening, L. A., Greene, D. L., & Difiglio, C. (2000): Energy efficiency and consumption – the rebound effect – a survey. *Energy Policy*, 28 (6-7), 389-401.
- Hertwich, E. G. (2005): Consumption and the rebound effect: An industrial ecology perspective. *Journal of Industrial Ecology*, 9(1-2), 85-98.
- Hirst, E. & Brown, M. (1990): Closing the efficiency gap: barriers to the efficient use of energy. *Resources, Conservation and Recycling*, 3(4), 267-281.
- Hoffman, A. & Jennings, D. (2018): Re-engaging with sustainability in the anthropocene era. An institutional approach. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hoffman, Andrew J. (2001): From Heresy to Dogma: An Institutional History of Corporate Environmentalism - Expanded edition. Stanford: Stanford University Press.
- IEA (2014): Capturing the Multiple Benefits of Energy Efficiency. International Energy Agency, Paris.
- Jaffe, A. B. & Stavins, R. N. (1994): The energy-efficiency gap – What does it mean? *Energy Policy*, 22(10), 804-810.

- Jenkins, J., Nordhaus, T. & Shellenberger, M. (2011): Energy Emergence: Rebound and Back-fire as Emergent Phenomena. Breakthrough Institute.
- Jevons, W. S. ([1865]; 2001): Of the economy of fuel. *Organization & Environment*, 14(1), 99-104.
- Johnson, M. & Schaltegger, S. (2015): Two decades of sustainability management tools for SMEs. How far have we come? *Journal of Small Business Management*, 54(2), 481–505.
- Khazzoom, J. D. (1980): Economic implications of mandated efficiency in standards for household appliances. *The Energy Journal* 1(4), 21-40.
- Lamberti, L., & Lettieri, E. (2009): CSR practices and corporate strategy: Evidence from a longitudinal case study. *Journal of Business Ethics* 87(2), 153-168.
- Lange, S., Kern, F., Peuckert, J., & Santarius, T. (2021): The Jevons paradox unravelled: A multi-level typology of rebound effects and mechanisms. *Energy Research & Social Science* 74 (2021): 101982.
- Li, D., Gao, M., Hou, W., Song, M., & Chen, J. (2020): A modified and improved method to measure economy-wide carbon rebound effects based on the PDA-MMI approach. *Energy Policy* 147.
- Li, J., & Lin, B. (2017): Rebound effect by incorporating endogenous energy efficiency: A comparison between heavy industry and light industry. *Applied Energy* 200, 347-357.
- Li, G., Sun, J., & Wang, Z. (2019): Exploring the energy consumption rebound effect of industrial enterprises in the Beijing–Tianjin–Hebei region. *Energy Efficiency* 12(4), 1007-1026.
- Lin, B., & Li, J. (2014): The rebound effect for heavy industry: empirical evidence from China. *Energy Policy* 74, 589-599.
- Lin, B., & Tian, P. (2016): The energy rebound effect in China's light industry: a translog cost function approach. *Journal of Cleaner Production* 112, 2793-2801.
- Lin, B., & Zhu, R. (2022): How does market-oriented reform influence the rebound effect of China's mining industry?. *Economic Analysis and Policy* 74, 34-44.
- Llorca, M., & Jamasb, T. (2017): Energy efficiency and rebound effect in European road freight transport. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 101, 98-110.
- Lounsbury, Michael; Fairclough, Samantha; Lee, Min-Dong Paul (2011): Institutional Approaches to Organizations and the Natural Environment. In: Pratima Bansal und Andrew J. Hoffman (Hg.): *The Oxford Handbook of Business and the Natural Environment*. Oxford: Oxford University Press.
- Lutz, C.; Banning, M.; Ahmann, L. & Flaute, M. (2021): Energy efficiency and rebound effects in German industry – evidence from macroeconometric modeling, *Economic Systems Research*, DOI: 10.1080/09535314.2021.1937953
- Meyer, B., Distelkamp, M., & Wolter, M. I. (2007): Material efficiency and economic-environmental sustainability. Results of simulations for Germany with the model PANTA RHEI. *Ecological Economics*, 63(1), 192-200.
- Meyer, B., Meyer, M., & Distelkamp, M. (2012): Modeling green growth and resource efficiency: new results. *Mineral Economics*, 24(2-3), 145-154.
- Peters, A., Sonnberger, M., & Deuschle, J. (2012): Rebound-Effekte aus sozialwissenschaftlicher Perspektive – Ergebnisse aus Fokusgruppen im Rahmen des REBOUND-Projektes. 75.

- Pfaff, M., & Sartorius, C. (2015): Economy-wide rebound effects for non-energetic raw materials. *Ecological Economics*, 118, 132-139.
- Powell, W. & DiMaggio, P. (2012): The new institutionalism in organizational analysis. Chicago: University of Chicago Press.
- Ryan, L. & Campbell, N. (2012): Spreading the Net: The Multiple Benefits of Energy Efficiency Improvements", *IEA Energy Papers*, No. 2012/08, OECD Publishing, Paris.
- Santarius, T. (2015): Der Rebound-Effekt. Ökonomische, psychische und soziale Herausforderungen für die Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch. Metropolis.
- Santarius, T. (2016): Investigating meso-economic rebound effects: production-side effects and feedback loops between the micro and macro level. *Journal of Cleaner Production* 134, 406-413.
- Santarius, T., & Soland, M. (2018): How technological efficiency improvements change consumer preferences: towards a psychological theory of rebound effects. *Ecological Economics* 146, 414-424.
- Schaltegger, S. & Wagner, M. (2019): Integrative management of sustainability performance, measurement and reporting. In: *International Journal of Accounting, Auditing and Performance Evaluation* 3.1 (2006): 1-19.
- Schaltegger, S.; Amend, Clara & Wüst, S. (im Erscheinen): From Rebound to Reinforcement Effects. Analyzing Underlying Mechanisms.
- Schmidt, M.; Spieth, H.; Haubach, C. Preiß, M. & Bauer, J. (2019): Effizienz, Ressourcen und der Rebound-Effekt. In: 100 Betriebe für Ressourceneffizienz – Band 2, Praxisbeispiele und Erfahrungen. Berlin & Heidelberg: Springer, 35-43.
- Schwartz, S. H. (1977): Normative Influences on Altruism. In: *Advances in Experimental Social Psychology* (Bd. 10, S. 221–279). Elsevier.
- Sonnberger, M., & Gross, M. (2018): Rebound effects in practice: An invitation to consider rebound from a practice theory perspective. *Ecological Economics* 154, 14-21.
- Sorrell, S. (2007): The Rebound Effect: An assessment of the evidence for economy-wide energy savings from improved energy efficiency. A report produced by the Sussex Energy Group for the Technology and Policy Assessment function of the UK Energy Research Centre. London.
- Sorrell, S. (2009): Jevons' Paradox revisited: The evidence for backfire from improved energy efficiency. *Energy Policy* 37(4), 1456-1469.
- Sorrell, S., Dimitropoulos, J. & Sommerville, M. (2009): Empirical estimates of the direct rebound effect: A review. *Energy Policy* 37(4), 1356-1371.
- UBA (2021): Daten zur Umwelt – Umweltmonitor 2020. Umweltbundesamt, Dessau.
- Van den Bergh, J. (2011): Energy conservation more effective with rebound policy. *Environmental and Resource Economics* 48(1), 43-58.
- Wang, Z., & Lu, M. (2014): An empirical study of direct rebound effect for road freight transport in China. *Applied Energy* 133, 274-281.
- Wei, W., Mushtaq, Z., Sharif, M., Zeng, X., Wan-Li, Z., & Qaisrani, M. A. (2020): Evaluating the coal rebound effect in energy intensive industries of China. *Energy* 207.

Winther, T. & Wilhite, H. (2015): An analysis of the household energy rebound effect from a practice perspective: spatial and temporal dimensions. *Energy Efficiency* 8(3), 595-607.

Wolff, F.; Gensch, C.-O.; Kampffmeyer, N.; Schöpflin, P.; Lautermann, C.; Gebauer, J.; Schaltegger, S.; Norris, S.; Wüst, S.; Thiel, D.; Buda, F. (2023): [Rebound-Effekte – Management und Vermeidung: Leitfaden für Unternehmen](#). Berlin / Ergolding.

Wüst, S. & Schaltegger, S. (2019): Unternehmensbezogene Rebound-Effekte. Einführung und Übersicht. (Hintergrundpapier zum MERU-Praxisdialog am 19.06.2019 in Berlin). Lüneburg: Centre for Sustainability Management. ISBN 978-3-942638-71-5

Zhang, Y. J., Peng, H. R., & Su, B. (2017): Energy rebound effect in China's Industry: An aggregate and disaggregate analysis. *Energy Economics* 61, 199-208.

Zheng, Y., Xu, H., & Jia, R. (2022): Endogenous energy efficiency and rebound effect in the transportation sector: Evidence from China. *Journal of Cleaner Production* 335.

Anhang: Typen von Rebound-Effekten und Beispiele

Effekttyp	Erläuterung: Wie kommt es dazu, dass die mit der (energetischen/ stofflichen) Effizienzmaßnahme verbundenen Minderungen der Ressourcenverbräuche geringer ausfallen als technisch möglich?	Beispiel
Output-Effekt	<p>Absatzausweitung aufgrund höherer Ressourcen-Produktivität (Nutzung materieller Effizienzgewinne)</p> <p>Die Effizienzsteigerung ermöglicht es, aus der gleichen Menge an Ressourcen mehr Produkte/Leistungen herzustellen. Wenn die Produktion entsprechend ausgeweitet wird, fallen die Einsparungen, die sich mit der Effizienzsteigerung verbinden, geringer aus als theoretisch möglich.</p> <p>Absatzausweitung aufgrund von Kosteneinsparungen (Nutzung finanzieller Effizienzgewinne)</p> <p>Mit Preisreduktion:</p> <p>Die Effizienzsteigerung führt zu niedrigeren Kosten in Kern- und Unterstützungsprozessen des Unternehmens bei der Bereitstellung von Produkten und Dienstleistungen. Werden diese finanziellen Effizienzgewinne in vollem Umfang als niedrigere Preise an Konsument*innen weitergegeben, führt dies (c. p.) zu höherer Nachfrage und bei freien (Produktions-)Kapazitäten zur Ausweitung der Produktionsmenge.</p> <p>Ohne oder mit nur anteiliger Preisreduktion:</p> <p>Die Effizienzsteigerung führt zu niedrigeren Kosten, die jedoch nicht oder nur anteilig als Preissenkung an die Konsument*innen weitergegeben werden. Die verbliebenen finanziellen Effizienzgewinne werden zur Absatzförderung (Werbung etc.) verwendet oder (nach Kumulierung) in die Erhöhung der Produktionskapazität des gleichen Outputs investiert.</p>	<p>Eine Effizienzsteigerung verringert Energie- und/oder Materialinputs in Produktzusammensetzung oder -design, in Produktionsprozessen oder der Bereitstellung von Dienstleistungen. Zum Beispiel mindert sie den Ausschuss und Verschnitt in der Produktion. Dies ermöglicht die Herstellung von mehr Produkten bei gleichbleibendem Materialinput, und damit eine Ausweitung der Produktion.</p>

Effekttyp	Erläuterung: Wie kommt es dazu, dass die mit der (energetischen/ stofflichen) Effizienzmaßnahme verbundenen Minderungen der Ressourcenverbräuche geringer ausfallen als technisch möglich?	Beispiel
	Theoretisch mögliche Einsparungen werden in allen drei Fällen in einen höheren Output der bestehenden Produkte umgewandelt und zur Marktdurchdringung (im gleichen Absatzmarkt) und Marktentwicklung (weiterer Absatzmärkte) genutzt.	
Faktor-substitutionseffekt (Mechanisierungs-, Automatisierungs-, Digitalisierungseffekte)	<p>Veränderungen von Produktionsverfahren aufgrund effizienterer Technologien</p> <p>Die Effizienzsteigerungen von Produktionsanlagen, -verfahren und -technologien führen bei isolierter Betrachtung in ihrem Betrieb oder ihrer Nutzung zur Einsparung von Ressourcen. Der Einsatz von Energiedienstleistungen (Schmidt-Bleek 1994), d. h. die Nutzung von Energie durch Anlagen und Maschinen, oder (analog) von Materialdienstleistungen wird damit im Vergleich zu menschlicher Arbeitskraft bei gleicher Produktionsmenge günstiger. Die durch die Effizienzsteigerung veränderten relativen Kosten zwischen verschiedenen Produktionsfaktoren (bei gleichem Level an Output) schafft Anreize für Unternehmen, verstärkt auf (energie-basierte und im Vergleich materialintensivere) Mechanisierung, Automatisierung und Digitalisierung zu setzen, statt menschliche Arbeitskraft zu nutzen. Nimmt die Substitution im Zeitverlauf zu, kommt es zu einer Verschiebung im Faktormix hin zu Energiedienstleistungen. Damit steigt die Energie- und Ressourcenintensität; mögliche Einsparungen durch die ursprüngliche Effizienzsteigerung werden durch den zunehmenden Einsatz dieser Energiedienstleistungen reduziert bzw. aufgezehrt. Im Ergebnis fallen die Minderungen der Ressourcenverbräuche niedriger aus als theoretisch möglich.</p> <p>Theoretisch mögliche Einsparungen bei den Energiedienstleistungen (vor der Substitution) werden aufgrund des vermehrten Einsatzes dieser Energiedienstleistungen reduziert bzw. aufgezehrt. Dabei ersetzt die verstärkte Nutzung von Energie insbesondere menschliche Arbeit.</p>	Eine Effizienzsteigerung macht die Druckluftzeugung für Produktionsprozesse günstiger. Dies ermöglicht weitere Automatisierung von Prozessen mit entsprechenden Energiebedarfen und vermindert den Einsatz menschlicher Arbeitskraft.

Effekttyp	Erläuterung: Wie kommt es dazu, dass die mit der (energetischen/ stofflichen) Effizienzmaßnahme verbundenen Minderungen der Ressourcenverbräuche geringer ausfallen als technisch möglich?	Beispiel
Re-Utilisation-Effekt	<p>Prozessverbesserungen mithilfe von effizienteren Technologien</p> <p>Die Effizienzsteigerung ermöglicht potenziell niedrigere Ressourcenverbräuche in der Nutzung von Technologien, Prozessen und betrieblichen Funktionen. Diese theoretischen Einsparmöglichkeiten werden jedoch nicht oder nur anteilig genutzt, da die Effizienzsteigerung zur Erhöhung der Leistung der Technologien, Prozesse und betrieblichen Funktionen verwendet wird. Im Zuge der Effizienzsteigerung nutzt das Unternehmen dabei zusätzliche Energie/ Materialien zur besseren Erreichung bestehender Zwecke (z. B. Prozess- und Produktqualität) in Kern- und Unterstützungsprozessen 1) intensiver, 2) extensiver, und/oder 3) häufiger.</p> <p>Theoretisch mögliche Einsparungen werden dabei in Prozess-/Produktqualität oder Mitarbeiterzufriedenheit umgewandelt.</p>	<p>Eine Effizienzsteigerung der Klimatechnik wird nicht (nur) zur Senkung von Energieverbräuchen verwendet, sondern – indem die Klimatechnik intensiver genutzt wird – (auch) zur Verbesserung der Produktqualität oder des Wärme komfort der Mitarbeitenden.</p>
Re-Design-Effekt	<p>Leistungssteigerungen von Produkten und Dienstleistungen mithilfe effizienterer Technologien</p> <p>Die Effizienzsteigerung ermöglicht (potenziell) niedrigere Ressourcenverbräuche von Produkten und Dienstleistungen in der Nutzungsphase. Diese werden jedoch nicht vollständig zur Senkung von Ressourcenverbräuchen eingesetzt, sondern die Einsparpotenziale der Effizienzsteigerung werden auch zur Leistungssteigerung oder anderweitigen Verbesserungen des Nutzens (Komfort, Sicherheit, etc.) in Hinblick auf (vermutete) Präferenzen der Konsument*innen verwendet.</p> <p>Theoretisch mögliche Einsparungen werden dabei in (vermuteten) Kundennutzen umgewandelt.</p>	<p>Effizienzsteigerungen in der Motorentech nologie werden nicht (nur) zur Senkung des Kraftstoffverbrauchs verwendet, sondern (auch) zur Steigerung der Leistung/Motorisierung und/oder Erhöhung der Sicherheit und des Komforts.</p>

Effekttyp	Erläuterung: Wie kommt es dazu, dass die mit der (energetischen/ stofflichen) Effizienzmaßnahme verbundenen Minderungen der Ressourcenverbräuche geringer ausfallen als technisch möglich?	Beispiel
Re-Spending-Effekt	<p>Zusätzliche Ressourcenverbräuche aufgrund kurz- bis mittelfristiger Ausgaben</p> <p>Die Effizienzsteigerung führt zu niedrigeren Kosten, die jedoch nicht oder nur anteilig als Preissenkung an die Konsument*innen weitergeben werden. Die entstehenden finanziellen Einsparungen werden für kurz- bis mittelfristige Ausgaben verwendet, die wiederum Ressourcenverbräuche anstoßen (können). In einer Gesamtunternehmensbetrachtung (bzw. noch umfassenderen Betrachtung bspw. bei Auszahlung an Mitarbeitende oder Aktionär*innen) fallen die Minderungen der Ressourcenverbräuche niedriger aus als theoretisch möglich.</p> <p>Theoretisch mögliche Einsparungen werden durch die von Ausgaben angestoßenen, anderen Ressourcenverbräuche anteilig aufgezehrt oder (über-)kompensiert.</p>	<p>Die finanziellen Einsparungen durch die Effizienzsteigerung werden in eine bessere Ausstattung bzw. größeren Komfort für Mitarbeitende investiert (z.B. höher motorisierte Dienstwagen, zusätzliche IT etc.), die mit zusätzlichen Energie- oder Materialverbräuchen einhergehen.</p> <p>Die finanziellen Einsparungen durch die Effizienzsteigerung werden zur Erhöhung von Löhnen, Gehältern, und Dividenden verwendet und zeitigen damit Ressourcenverbräuche im Konsum oder in der Wiederverwendung durch Aktionär*innen und Investor*innen.</p>
Re-Investment-Effekt	<p>Zusätzliche Ressourcenverbräuche aufgrund re-investierter finanzieller Effizienzgewinne</p> <p>Die Effizienzsteigerung führt zu niedrigeren Kosten, die jedoch nicht oder nur anteilig als Preissenkung an die Konsument*innen weitergeben werden. Die finanziellen Einsparungen summieren sich im Zeitverlauf zu wachsenden Budgets. Diese können dann mittel- bis langfristige Investitionen finanzieren, die wiederum Ressourcenverbräuche anstoßen (können). Hierzu zählen die Entwicklung weiterer⁵ Produkte und Dienstleitungen sowie Diversifikation.</p>	<p>Die finanziellen Effizienzgewinne werden nach einer gewissen Zeit, in der sie sich kumuliert haben, als größeres Investitionsbudget für die Erweiterung der Produktpalette verwendet (z.B. Angebot von SUVs in verschiedenen Fahrzeuggrößen) oder für den Aufbau weiterer Geschäftsbereiche.</p>

⁵ Die Weiterentwicklung des Ausgangsprodukts fällt unter den Re-Design-Effekt.

Effekttyp	Erläuterung: Wie kommt es dazu, dass die mit der (energetischen/ stofflichen) Effizienzmaßnahme verbundenen Minderungen der Ressourcenverbräuche geringer ausfallen als technisch möglich?	Beispiel
	<p>In der Folge kann die Produktion und damit der Output dieser neuen Produkte und Dienstleistungen ausgeweitet werden.</p> <p>Theoretisch mögliche Einsparungen werden durch die von Investitionen angestoßenen anderen Ressourcenverbräuche anteilig aufgezehrt oder (über-)kompensiert.</p>	
Frontier effects	<p>Entwicklung gänzlich neuartiger Produkte und Dienstleistungen ermöglicht durch effizientere Technologien</p> <p>Die Effizienzsteigerung bzw. verschiedene Effizienzsteigerungen von Technologien in Kombination ermöglichen die Entwicklung gänzlich neuartiger Anwendungsmöglichkeiten, Produkte und Dienstleistungen. Dieser technische Fortschritt führt zur Entstehung neuartiger Produktkategorien und Industrien, deren Produktion wiederum neue Ressourcenverbräuche auslöst.</p> <p>Theoretisch mögliche Einsparungen werden dabei in weitere Produktions- und Anwendungsmöglichkeiten umgewandelt. Die Transformations- bzw. Produktionsmöglichkeitenkurve wird nach außen verschoben.</p>	<p>Zahlreiche Effizienzsteigerungen u. a. im Bereich der Prozessoren, Akkus und Speicher ermöglichen erst die Erfindung, Einführung und Durchsetzung der Produktkategorie Smartphone auf dem Massenmarkt.</p>