



WORKING PAPER

Einflussfaktoren von Rebound- und Reinforcement-Effekten in Unternehmen

Eine Mixed-Methods-Untersuchung

Jan Fjornes, Julia Olliges, Alina Ulmer, Anton Barckhausen, Timon Groß

In Kooperation von

Alle Rechte vorbehalten. Die durch adelphi und die Universität Kassel erstellten Inhalte des Werkes und das Werk selbst unterliegen dem deutschen Urheberrecht. Beiträge Dritter sind als solche gekennzeichnet. Die Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und jede Art der Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtes bedürfen der schriftlichen Zustimmung der unten genannten Herausgeber. Die Vervielfältigung von Teilen des Werkes ist nur zulässig, wenn die Quelle genannt wird.

Zitiervorschlag

Fjornes, Jan; Olliges, Julia; Ulmer, Alina; Barckhausen, Anton; Groß, Timon (2023): Einflussfaktoren von Rebound-Effekten in Unternehmen. Eine Mixed-Methods-Untersuchung. Berlin: adelphi.

Impressum

Projektleitung: adelphi research gemeinnützige GmbH
Alt-Moabit 91
10559 Berlin
+49 (030) 8900068-0
office@adelphi.de
www.adelphi.de

Projektpartner: Universität Kassel
Fachbereich Wirtschaftswissenschaften
Arbeitsgruppe Umweltpolitik
Nora-Platiel-Str. 4
34109 Kassel
daskalakis@wirtschaft.uni-kassel.de
+49 (591) 804-3052

Gestaltung: adelphi

Bildnachweis: BigBlueStudio- shutterstock.com (Titelbild)

Stand: 13.03.2023

Das Projekt ReInCent wird gefördert im Rahmen vom Bundesministerium für Bildung und Forschung.



adelphi

adelphi ist eine unabhängige Denkfabrik und führende Beratungseinrichtung für Klima, Umwelt und Entwicklung. Unser Auftrag ist die Stärkung von Global Governance durch Forschung, Beratung und Dialog. Wir bieten Regierungen, internationalen Organisationen, Unternehmen und zivilgesellschaftlichen Akteuren maßgeschneiderte Lösungen für nachhaltige Entwicklung und unterstützen sie dabei, globalen Herausforderungen wirkungsvoll zu begegnen.

Unsere mehr als 300 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter leisten hochqualifizierte, interdisziplinäre Forschungsarbeit und bieten strategische Politikanalysen und -beratung sowie Beratungen für Unternehmen an. Wir ermöglichen politischen Dialog und führen weltweit Trainingsmaßnahmen für öffentliche Einrichtungen und Unternehmen durch, um sie beim Erwerb von Kompetenzen zur Bewältigung des transformativen Wandels zu unterstützen. Seit 2001 haben wir weltweit mehr als 800 Projekte in den folgenden thematischen Bereichen implementiert: **Klima, Energie, Ressourcen, Green Economy, Sustainable Business, Green Finance, Frieden und Sicherheit, Internationale Zusammenarbeit** und **Urbane Transformation**.

Partnerschaften sind ein zentraler Schlüssel unserer Arbeit. Durch Kooperationen mit Spezialisten und Partnerorganisationen stärken wir Global Governance und fördern transformativen Wandel, nachhaltiges Ressourcenmanagement und Resilienz.

adelphi ist eine wertebasierte Organisation mit informeller Unternehmenskultur, die auf den Werten Exzellenz, Vertrauen und Kollegialität fußt. Nachhaltigkeit ist die Grundlage unseres Handelns, nach innen und außen. Aus diesem Grund gestalten wir unsere Aktivitäten stets klimaneutral und nutzen ein zertifiziertes Umweltmanagementsystem.

Zusammenfassung

Bis 2030 will Deutschland 55 % der Emissionen im Vergleich zu 1990 senken und bis 2045 soll das Land klimaneutral sein. Allerdings hat die Energiepolitik der letzten 30 Jahre zwar zu einer Erhöhung der bundesweiten Energieproduktivität um über 60 Prozent geführt, der Endenergieverbrauchs ist aber kaum gesunken. Dieses Phänomen ist besonders evident im Industriesektor, wo der Endenergieverbrauch bei steigender Effizienz fast konstant geblieben ist.

Rebound-Effekte können ein Faktor sein, der zu dieser Schere beiträgt und so umweltpolitischen Zielen entgegenwirkt. Mit einem Rebound-Effekt ist gemeint, dass Energieeffizienzsteigerungen die Nutzung von Energie attraktiver machen und somit zu einem Mehrverbrauch an Energie beitragen können. Bisher wurden Rebound-Effekte vor allem in Haushalten untersucht. Weniger Studien gibt es zu Rebound-Effekten in Unternehmen. Noch weniger gibt es empirische Untersuchungen, von Einflussfaktoren auf das Auftreten dieser Effekte.

Als Gegenstück zum Rebound-Effekt, gilt der Reinforcement-Effekt, durch welchen es in Folge von Effizienzsteigerungen zu zusätzlichen Einsparungen kommt. Reinforcement-Effekte sind ökologisch und umweltpolitisch wünschenswert, da die sozio-ökologische Transformation und Energiewende vor dem Hintergrund in der Vergangenheit verpasster oder unterambitionierter Umweltziele beschleunigt werden muss.

Der vorliegende Beitrag untersucht Einflussfaktoren von Rebound-Effekten (und Reinforcement-Effekten) in Unternehmen und Mechanismen ihrer Entstehung empirisch¹.

In diesem Sinne werden folgende Forschungsfragen untersucht:

1. Welche Faktoren beeinflussen das Auftreten von Rebound-Effekten (und Reinforcement-Effekten) in Unternehmen?
2. Über welche Mechanismen treten Rebound-Effekte (und Reinforcement-Effekte) in Unternehmen auf?

Für die Untersuchung wurden eine quantitative Befragung und qualitative Interviews mit Energiebeauftragten in Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes geführt und die Daten mit einem Mixed-Methods Ansatz untersucht. Dabei wurde eine Korrelationsanalyse und eine qualitative Inhaltsanalyse (QIA) (Mayring 2010) durchgeführt. Die Analyse ist ein Grundlagenbaustein des Forschungsprojektes, auf welchem weitere Untersuchungen aufbauen.

Die Untersuchung zeigt, dass das Auftreten von Rebound-Effekten in Unternehmen vor allem mit der Unternehmensgröße, sowie der Verteilung der Entscheidungskompetenz über Energieeffizienzfragen im Unternehmen, und auch den Unternehmenszielen zusammenhängt. Unternehmen mit stärkeren Ausprägungen dieser Merkmale verwenden die durch Energieeffizienzmaßnahmen (EEM) eingesparten Mittel („EEM-Slack“) häufiger für Produktionssteigerungen, was insbesondere direkte Rebound-Effekte mit sich führt. Noch häufiger verwenden Unternehmen diese Mittel allerdings für die allgemeine Unternehmensfinanzierung und dies scheinbar unabhängig von den Einflussfaktoren. Das macht die Identifikation und damit auch die gezielte Vermeidung von Rebound-Effekten schwierig. Da es erklärtes und priorisiertes Ziel der meisten Unternehmen ist, ihre Produktionskapazitäten zu erhöhen, ihre Wettbewerbsfähigkeit und Produktivität zu steigern,

¹ Das vorangegangene Working Paper vom September 2020 analysierte den Kenntnisstand und die Informationsbedarfe mit Blick auf Rebound-Effekte in Unternehmen bei *policy makers* (Olliges et al. 2020).

liegt es darüber hinaus nahe, dass der EEM-Slack, der in die allgemeine Unternehmensfinanzierung fließt, energieintensiv verwendet wird. In diesem Sinne ist davon auszugehen, dass in Unternehmen vor allem indirekte Rebound-Effekte auftreten. Dass die Steigerung der Produktivität und auch Produktionssteigerungen priorisiert wird, übersetzt sich auch in interne Unternehmensprozesse rund um EEM, die zu direkten Rebound-Effekten führen können. Der Ausbau der Produktionskapazität oder die Weitergabe der eingesparten Kosten an die Kunden durch geringere Preise in Folge einer EEM wird in Unternehmen schon zusammen mit der EEM geplant. Der EEM-Slack wird von den für die Produktionssteigerungen nötigen Aufwendungen absorbiert.

Mit den Erkenntnissen dieser Untersuchung als Grundlage wendet sich das ReInCent-Projekt zu einer der politischen Perspektive zu. In weiteren Analysen werden die Wechselwirkungen zwischen Energieeffizienzpolitik und Rebound-Effekten in Unternehmen untersucht und auf dieser Basis Ansätze für Politikinstrumente entwickelt und evaluiert, die Rebound-Effekte in Unternehmen vermeiden können. Zum anderen dient diese Studie zusammen mit der Untersuchung von Daskalakis und Kollmorgen (2022) als Ausgangspunkt für eine repräsentative Befragung von Unternehmen, um die Einflussfaktoren und internen Prozesse rund um Rebound-Effekte in Unternehmen besser zu verstehen.

Was ist ReInCent?

ReInCent ist ein vom BMBF gefördertes Forschungsvorhaben. Ziel des Projektes ist es zu verstehen, wie und warum Rebound-Effekte auf Unternehmensseite entstehen, um darauf aufbauend Empfehlungen für die (rebound-sichere) Gestaltung von politischen Instrumenten zur Förderung von Energieeffizienz zu entwickeln. ReInCent wird dabei gemeinsam von den Verbundpartnern adelphi und der Universität Kassel (AG Umweltpolitik) und deENet als Praxispartner für die Vernetzung des Projekts mit Unternehmen durchgeführt. Das interdisziplinäre Team verbindet Kenntnisse aus der Politikwissenschaft, Innovations- und Verhaltensökonomik sowie dem Energiemanagement und nutzt ein breites Spektrum an qualitativen sowie quantitativen Methoden der empirischen Sozialforschung, um evidenzbasierte Empfehlungen für Politik und Praxis abzuleiten.

URL: <https://www.reincent.de> und <https://rebound-effekte-in-unternehmen.de>

Inhalt

1 Einleitung	9
2 Rebound-Effekte in Unternehmen	10
2.1 Definitionen	10
2.2 Ein Modell zu Bestimmungsgrößen von Rebound-Effekten in Unternehmen	11
Methodik und Material	13
2.3 Mixed-Methods-Ansatz	13
2.4 Operationalisierung und Datenmaterial	14
3 Ergebnisse der quantitativen Befragung	18
3.1 Deskriptive Statistik	18
3.2 Korrelationsanalyse	22
3.3 Diskussion der quantitativen Ergebnisse	25
4 Ergebnisse der qualitativen Befragung	26
4.1 Direkte Rebound-Effekte in Unternehmen	26
4.2 Indirekte Rebound-Effekte in Unternehmen	27
4.3 Reinforcement-Effekte	28
5 Diskussion und weiteres Vorgehen	32
5.1 Diskussion der Ergebnisse	32
5.2 Limitierungen	34
5.3 Implikationen	35
5.4 Ausblick	35
6 Literaturverzeichnis	36
Anhang	39
W- und Z-Statistik	39
Korrelationsanalyse Unternehmensgröße	40

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bestimmungsgrößen von Rebound-Effekten und Reinforcement-Effekten in Unternehmen.	11
Abbildung 2: Verteilung der Unternehmensgröße.	18
Abbildung 3: Verteilung Einbindung verschiedener Abteilungen/ Personen in EEM-Entscheidungen.	19
Abbildung 4: Verteilung Rebound-Bewusstsein in Unternehmen.	19
Abbildung 5: Häufigkeit der Anwendungsbereiche von EEM in Unternehmen.	20
Abbildung 6: Verteilung der Unternehmensziele bzw. -prioritäten.	20
Abbildung 7: Verteilung der Verwendungsbereiche des EEM-Slacks.	21
Abbildung 8: Motivatoren für die Durchführung von EEM in Unternehmen.	29

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht Einflussgrößen und Operationalisierung.	14
Tabelle 2: Deskriptive Statistik Energiemanagementsysteme.	21
Tabelle 3: Korrelationstabelle.	22
Tabelle 4: Übersicht Interviewte nach Unternehmensgrößenklasse.	26
Tabelle A1: W- und Z-Statistik.	39
Tabelle A2: Korrelationstabelle Unternehmensgröße.	40
Tabelle A3: W- und Z-Statistik der Korrelationsanalyse zu Unternehmensgröße.	41

Abkürzungsverzeichnis

AG	Arbeitsgruppe
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
CO₂	Kohlenstoffdioxid
EEM	Energieeffizienzmaßnahme
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EMAS	Eco-Management and Audit Scheme
EMS	Energiemanagementsystem
IEEN	Initiative Energieeffizienz-Netzwerke
ISO	International Organization for Standardization
QIA	Qualitative Inhaltsanalyse

1 Einleitung

Bis 2030 will Deutschland 55 % der Treibhausgasemissionen im Vergleich zu 1990 senken und bis 2045 soll das Land klimaneutral sein. Zum Erreichen dieser Ziele setzt die Regierung auf die Steigerung der Energieeffizienz und den Wechsel von fossiler auf regenerative Energieversorgung sowie die Reduktion des Energieverbrauchs (BMW 2010; z.B. EEG 2017).

Die Industrie macht 40 % des deutschen Endenergieverbrauchs aus. Entsprechend wird sie von der Politik adressiert, ihre Emissionen und Energieverbräuche zu senken (BMW, 2019). Obwohl die Energieeffizienz aber in der Industrie in den letzten Jahrzehnten deutlich angestiegen ist, ist der Endenergieverbrauch im selben Zeitraum nahezu konstant geblieben (BMW 2020). Ein Faktor, der damit reinspielen kann, sind Rebound-Effekte. Damit ist gemeint, dass Energieeffizienzsteigerungen die Nutzung von Energie attraktiver machen und somit zu einem Mehrverbrauch an Energie beitragen können (Jevons 1865, Jenkins et al. 2011). Rebound-Effekte sind somit die Differenz zwischen dem technischen Potenzial einer Energieeffizienzmaßnahme (EEM) zur Reduzierung des Energieverbrauchs und der tatsächlichen Reduzierung des Energieverbrauchs (Berkhout et al., 2000; A. Greening et al., 2000). Als Gegenstück zum Rebound-Effekt, gilt der Reinforcement-Effekt, durch welches es in Folge von Effizienzsteigerungen zu zusätzlichen Einsparungen kommt (Wüst und Schaltegger 2019)

In der bisherigen Forschung werden vor allem Rebound-Effekte in Haushalten untersucht (Studien zu Haushalten in Deutschland, siehe z.B. Santarius 2012; Semmling et al. 2016). Untersuchungen zu Rebound-Effekten in Unternehmen sind rar und es fehlt an theoretischen Konzepten, empirischen Untersuchungen und außerdem an einer passenden Definition (Sorrell and Dimitropoulos 2007; Jenkins et al. 2011, Daskalakis/Kollmorgen 2022).

Das interdisziplinäre Forschungsprojekt ReInCent zielt genau auf diese Lücke ab (siehe Infobox auf S. 5). Der vorliegende Beitrag untersucht Einflussfaktoren von Rebound-Effekten (und Reinforcement-Effekten) in Unternehmen und Mechanismen ihrer Entstehung empirisch.

In diesem Sinne werden folgende Forschungsfragen untersucht:

3. Welche Faktoren beeinflussen das Auftreten von Rebound-Effekten und Reinforcement-Effekten in Unternehmen?
4. Über welche Mechanismen treten Rebound-Effekte und Reinforcement-Effekte in Unternehmen auf?

Für die Untersuchung wurden eine quantitative Befragung und qualitative Interviews mit Energiebeauftragten in Unternehmen geführt und die Daten mit einem Mixed-Methods Ansatz untersucht. Dabei wurden eine Korrelationsanalyse und eine qualitative Inhaltsanalyse durchgeführt. Die Analyse ist ein Grundlagenbaustein des Forschungsprojektes, auf welchem weitere Untersuchungen aufbauen.

Der Rest des Beitrags ist wie folgt strukturiert: Im nächsten Kapitel werden die theoretischen Grundlagen des Rebound-Effekts in Unternehmen dargelegt. Dabei wird sich im Wesentlichen auf die Arbeit der AG Umweltpolitik der Universität Kassel rund um die theoretische Konzeption der Rebound-Effekte in Unternehmen bezogen. In Kapitel 3 werden die Datengrundlage und das methodische Vorgehen dargelegt. Die Ergebnisse der Untersuchung folgen in Kapitel 4. Der Beitrag schließt mit einer Diskussion der Ergebnisse und einem Ausblick für die weitere Forschung im Rahmen des Projektes.

2 Rebound-Effekte in Unternehmen

2.1 Definitionen

Infobox: Rebound-Effekte

Unter **Rebound-Effekten** wird verstanden, **wenn es in Folge einer Energieeffizienzmaßnahme (EEM) zu einer erhöhten Nachfrage von Energie** kommt. Dadurch wird das Einsparpotential einer EEM nicht voll ausgeschöpft. Entsprechend stehen Rebound-Effekte immer im Verhältnis zu diesem Potential. Es kann zwischen **direkten** und **indirekten Rebound-Effekten** unterschieden werden (z.B. Sorrell 2007, Jenkins et al. 2011)². Der erste liegt darin begründet, dass der implizite Preis für den Energieverbrauch durch die gestiegene Effizienz sinkt (weniger Energiebedarf pro produzierte Einheit). Ein Rebound entsteht, wenn dadurch die (direkte) Nachfrage nach Energie steigt und es zu einem Mehrverbrauch kommt. Dies kann sich zum einen darin ausdrücken, dass Unternehmen eine Anlage intensiver nutzen und ihren Output erhöhen (Output-Effekt). Zum anderen kann ein Unternehmen andere Produktionsfaktoren (z.B. Arbeit) durch die nun günstigere Energiedienstleistung ersetzen, wozu es zu einem Energiemehrverbrauch kommen kann (Substitutions-Effekt). Der indirekte Rebound-Effekt tritt auf, wenn die Einsparungen und die damit freigewordenen Mittel für andere Ziele des Unternehmens verwendet werden, die wiederum mit einem zusätzlichen Energieverbrauch verbunden sind. Dies können Reinvestitionen dieser Mittel in z.B. Produktqualität oder -diversifizierung oder Produktionsverfahren sein (siehe Wüst et al. 2022 und Daskalakis und Kollmorgen 2022 für eine Rebound-Typologie). Rebound-Effekte, die so groß sind, dass durch die Steigerung der Energieeffizienz mehr Energie verbraucht wird als vorher, werden als **Backfire** bezeichnet (Saunders 1992, Jenkins et al. 2011).

Im Rahmen vom ReInCent-Projekt wird in einem gesonderten Beitrag ein differenziertes Konzept von Rebound-Effekten in Unternehmen hergeleitet und erörtert (Daskalakis und Kollmorgen 2023). Grundlage hierzu ist im Wesentlichen der Ansatz der Carnegie School (Simon 1947; March et al. 1958; Cyert und March 1963) und dessen Weiterentwicklung (Daskalakis 2013). Besonderes Augenmerk liegt dabei auf dem Konzept des „**Slacks**“ – ein offener oder verdeckter Überschuss an (finanziellen) Ressourcen, die ein Unternehmen oder einzelne Abteilungen zur Erfüllung bestimmter Ziele verwenden kann (Cyert und March 1963; s. Daskalakis 2013). Die durch eine EEM frei gewordenen Mittel werden in diesem Beitrag als „Slack“ bzw. „**EEM-Slack**“ des betroffenen Unternehmens verstanden (Daskalakis und Kollmorgen 2022).

Das Gegenstück zum Rebound ist der **Reinforcement-Effekt** (Wüst und Schaltegger 2019). Damit ist ein negativer Rebound-Effekt gemeint. In diesem Fall werden die durch eine Energieeffizienzmaßnahme frei gewordenen Mittel (zielgerichtet) zu weiteren Senken des Energieverbrauchs verwendet. Die Mittel können beispielsweise für teurere Inputs mit geringerer Umweltbelastung oder eine zweckgebundene Reinvestition in weitere Effizienzsteigerungen im Unternehmen verwendet werden (ebd.).

² Sorrell (2007) führt diese Unterscheidung ein, allerdings auf der makroökonomischen Ebene. Jenkins et al. (2011) verwenden diese Unterscheidung auf der mikroökonomischen Ebene individueller Wirtschaftssubjekte.

2.2 Ein Modell zu Bestimmungsgrößen von Rebound-Effekten in Unternehmen

Daskalakis und Kollmorgen (2022) haben auf Basis von Daskalakis (2013, 2021) im Rahmen von ReInCent ein Modell der Bestimmungsgrößen von Rebound-Effekten in Unternehmen aufgestellt. Dieses Modell enthielt noch keine Reinforcement-Effekte (Wüst und Schaltegger 2019). In Abbildung 1 ist das ergänzte Modell dargestellt. Im Zentrum der Betrachtung steht dabei die Frage, welche Faktoren dazu führen können, dass der EEM-Slack für Maßnahmen verwendet wird, die mit einem zusätzlichen Energieverbrauch einhergehen. In diesem Fall gibt es einen Rebound-Effekt. Andersherum fragt das Modell, welche Faktoren dazu führen können, dass der EEM-Slack für Maßnahmen verwendet wird, die keinen zusätzlichen Energieverbrauch mit sich bringen. In der ergänzten Version fragt das Model zudem danach, welche Faktoren dazu führen können, dass der EEM-Slack für Maßnahmen verwendet wird, die mit zusätzlichen Energieeinsparungen einhergehen. Für das vorliegende Working Paper soll die grundsätzliche Heuristik des Modells skizziert werden, um die Auswahl untersuchter Faktoren darzulegen (s. hierzu und zu folgendem Daskalakis 2022, sowie Daskalakis und Kollmorgen 2022).

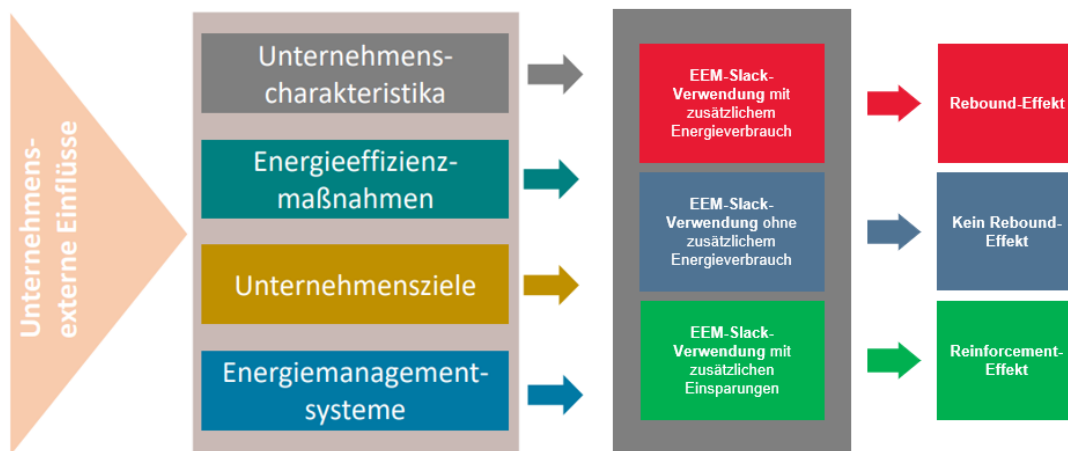


Abbildung 1: Bestimmungsgrößen von Rebound-Effekten und Reinforcement-Effekten in Unternehmen (nach Daskalakis und Kollmorgen 2022).

Bei dieser Graphik werden die Oberkategorien der Bestimmungsgrößen vereinfacht zusammengefasst. Dabei wird zwischen unternehmensexternen und unternehmensinternen Einflüssen differenziert. Es wird davon ausgegangen, dass die unternehmensexternen Einflussgrößen die unternehmensinternen Einflussgrößen beeinflussen. Die internen Einflussgrößen, die zu den „unternehmensexternen Einflüssen“ gehören, sind beispielsweise die politischen Rahmenbedingungen, externe Schocks wie die Corona-Pandemie oder der Krieg in der Ukraine sowie energieverbrauchsbeeinflussende Faktoren wie Witterungsbedingungen. Im vorliegenden Kontext sind hierbei insbesondere auch die staatlichen Maßnahmen zur Energieeffizienzförderung zu nennen. Die unternehmensinternen Bestimmungsgrößen umfassen vier Bereiche, die weiter unterteilt werden können. Zu den

„Unternehmenscharakteristika“ gehören etwa die Unternehmensgröße, die Entscheidungskompetenz im Unternehmen über Energieeffizienzmaßnahmen (EEM), sowie das Bewusstsein und die Kenntnis im Unternehmen zu Rebound-Effekten. Zum Block „Energieeffizienzmaßnahmen“ gehören die unterschiedlichen Typen von EEM, die ein Unternehmen durchführen kann. Die „Unternehmensziele“ umfassen sowohl ökonomische als auch soziale und ökologische Ziele. Unter den Block „Energiemanagementsysteme“ (EMS) fallen zertifizierte Systeme wie ISO50001 und EMAS aber auch weitere Bemühungen rund um die systematische Verbesserung der Energieeffizienz, wie das Vorhandensein eines Energiemanagement-Teams und eines separaten Budgets für Energiemanagement.

Im Folgenden soll untersucht werden, inwieweit welche der Einflussgrößen dazu führen, dass Rebound-Effekte in Unternehmen im Zusammenhang mit einer Energieeffizienzmaßnahme entstehen. Der Fokus der vorliegenden Arbeit liegt dabei auf den unternehmensinternen Einflüssen. Externe Einflüsse werden im Rahmen weiterführender Publikationen untersucht (Fjornes et al. 2023; Daskalakis und Kollmorgen 2023).

Methodik und Material

2.3 Mixed-Methods-Ansatz

Zur empirischen Untersuchung der unternehmensinternen Einflussfaktoren von Rebound-Effekten wurde ein Mixed-Methods-Ansatz gewählt. Solche Ansätze werden mitunter mit den Zielen gewählt, 1) Ergebnisse aus qualitativen Analysen einer kleinen Fallzahl durch quantitative Analysen einer größeren Fallzahl zu generalisieren; 2) quantitative Analysen von Häufigkeiten durch qualitative Analysen von Mechanismen hinter diesen Phänomenen zu kontextualisieren; 3) die Ergebnisse durch Triangulation qualitativer und quantitativer Daten und Analysen robuster zu machen (Tashakkori und Teddlie 2010). Für die Ausführungen im vorliegenden Beitrag spielen die letzten zwei Gründe eine Rolle. Die Ergebnisse der hier behandelten Erhebungen sind im Rahmen des Projekts ReInCent in eine quantitative Untersuchung zu den Bestimmungsgründen von Rebound-Effekten eingeflossen, an welcher sich über 1300 Unternehmen beteiligten (Daskalakis und Kollmorgen 2023).

Dabei folgt das Forschungsdesign einem modifizierten explanativem Modell (Hussy et al. 2013). Bei diesem Design wird zur Beantwortung der Forschungsfragen zunächst eine quantitative Analyse durchgeführt. Diese hat das Ziel erste Erkenntnisse über den Zusammenhang zwischen unternehmensinternen Faktoren und der Verwendung des EEM-Slacks als Knotenpunkt der Entstehung von Rebound-Effekten und Reinforcement-Effekten in Unternehmen zu gewinnen. Anschließend wird eine qualitative Analyse durchgeführt, um die gewonnenen Erkenntnisse zu vertiefen (ebd.). Die qualitative Analyse eignet sich besonders, um von Unternehmensvertreter:innen etwas über die Prozesse der Slack-Verwendung und des Auftretens von Rebound-Effekten und Reinforcement-Effekten im Unternehmen zu erfahren. In diesem Sinne soll die erste Forschungsfrage vor allem mit dem quantitativen Ansatz beantwortet werden. Die zweite Forschungsfrage soll entsprechend insbesondere mit dem qualitativen Ansatz beantwortet werden. Das ergänzte Modell von Daskalakis und Kollmorgen dient dabei als Orientierung für die Faktorauswahl und die grundlegende Wirklogik zwischen den Variablen.

Die oben bereits erwähnte Auswertung von Daskalakis und Kollmorgen (2022) ist als ein weiterer, eigenständiger Baustein im Rahmen des Mixed-Method-Ansatzes zu sehen. Zur Durchführung der Analyse wurde von den Autor:innen ein Datensatz erstellt, welcher für alle Unternehmen, die sich an den Interviews beteiligten, auch deren Angaben aus der quantitativen Befragung enthält. Hierzu wurden die Angaben, die im Rahmen der qualitativen Befragung gemacht wurden, kodiert. Anschließend wurden Häufigkeiten ausgewertet und Kreuztabellen erstellt. Die Untersuchung folgte dabei dem im Abschnitt 2.2 dargestellten Modell. Die Beiträge ergänzen sich und stellen somit zusammen eine umfassendere Untersuchung des Datenmaterials dar.

2.4 Operationalisierung und Datenmaterial

Vor dem Hintergrund des Mixed-Method Ansatzes würde für die erste quantitative Untersuchung im Rahmen des Projekts ReInCent von allen Projektpartnern gemeinsam ein Fragebogen entwickelt. Dieser umfasst die Themenblöcke des in Kapitel 2.2 dargestellten Modells von Daskalakis und Kollmorgen (2022). Diese sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Übersicht Einflussgrößen und Operationalisierung.

Unternehmensinterne Einflüsse	Frage	Antwortoptionen
Unternehmenscharakteristika		
Unternehmensgröße	Wir bitten Sie um folgende Angabe: Mitarbeiteranzahl des Unternehmens in Deutschland	0 bis 9 10 bis 49 50 bis 249 250 bis 499 500 bis 999 Über 1000
Entscheidungskompetenzen über EEM	Wie stark bestimmen die folgenden Abteilungen bzw. Personen in entsprechenden Funktionen die Entscheidungen rund um die Einführung von Energieeffizienzmaßnahmen? 1) Geschäftsführung bzw. Leitung 2) Energie- bzw. Umweltmanagementabteilung 3) Controlling	Überhaupt nicht stark Nicht stark Eher nicht stark Eher stark Stark Sehr stark
Bewusstsein über Rebound-Effekte	War bzw. ist der Rebound-Effekt bereits Thema in Ihrem Unternehmen?	Ja Nein Weiß ich nicht
Energieeffizienzmaßnahmen		
Anwendungsbereich EEM	In welchen von den nachfolgenden Bereichen	1) Beleuchtung

	wurden in den letzten drei Jahren Energieeffizienzmaßnahmen durchgeführt: (Mehrfachnennung möglich)	2) Prozesse 3) Druckluft 4) Heizen oder Klimatisieren 5) Gebäudehülle 6) Prozesswärme - oder Kälte 7) Antriebe oder Pumpen 8) Energieerzeugung
Unternehmensziele		
Unternehmensziele/ -prioritäten	Wenn Sie jetzt von der aktuellen Corona-Situation absehen inwieweit treffen die folgenden Aussagen für Ihr Unternehmen zu - Für uns ist es allgemein wichtig ... 1) ... Innovationen durchzuführen 2) ... Produktivität zu steigern 3) ... Energieeffizienz zu steigern 4) ... Marktanteile zu erhöhen 5) ... frühzeitig im Energiebereich gesellschaftliche Anforderungen umzusetzen 6) ... uns frühzeitig im Energiebereich auf eine neue Gesetzeslagen einzustellen 7) ... die Wettbewerbsfähigkeit zu erhöhen 8) ... im Umweltbereich federführend sein	Trifft überhaupt nicht zu Trifft nicht zu Trifft eher nicht zu Trifft eher zu Trifft zu Trifft voll zu
Energiemanagementsysteme		
Vorhandensein EnMS	Nutzen Sie ein Energiemanagementsystem nach ISO 50001, EMAS oder ein anderes Energiemanagementsystem? ³	Ja Nein

³ Im Fragebogen hatten die Befragten ursprünglich die Möglichkeit zwischen ISO50001, EMAS und anderen EnMS zu differenzieren. Für die vorliegende Untersuchung wurde hier vereinfacht.

Vorhandsein Energiemanagementbudgets	Gibt es in Ihrem Unternehmen ein eigenes Budget für das Energiemanagement?	Ja Nein
Vorhandensein EEM-Budget	Gibt es ein festes Budget für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen?	Ja Nein
Verwendung des EEM-Slacks – entscheidend für das Auftreten von Rebound-Effekten		
Verwendung des EEM-Slacks	<p>Durch Energieeffizienzmaßnahmen entstehen Kosteneinsparungen. Können Sie bitte angeben, wie häufig die eingesparten Mittel in Ihrem Unternehmen für die folgenden Ausgabenkategorien verwendet werden?</p> <p>1) ... weitere Energieeffizienzmaßnahmen 2) ... Produktionssteigerungen 5) ... allgemeine Unternehmensfinanzierung</p>	<p>Überhaupt nicht häufig Nicht häufig Eher nicht häufig Eher häufig Häufig Sehr häufig</p>

Die Befragung selber richtete sich an Energiemanager:innen⁴ in Unternehmen des produzierenden Gewerbes. Zur Gewinnung von Teilnehmenden wurde auf verschiedene Datenbanken zurückgegriffen. Kontaktiert wurden Unternehmen des Datensatzes der besonderen Ausgleichsregelung (n = 1310)⁵, der hauseigenen Datenbank des Projektpartners deENet (n = 586), sowie aus der Teilnehmendenliste der Initiative Energieeffizienz-Netzwerke und der Fördernehmer der BAFA „Bundesförderung für Energieeffizienz in der Wirtschaft – Förderwettbewerb“ (bzw. des Vorgänger-Programms „StepUp!“). Insgesamt wurden 1298 Unternehmen kontaktiert und 131 Unternehmen erfolgreich befragt (Rücklaufquote ca. 10 %). Pandemiebedingt wurde der Zeitraum der Akquise verlängert und erstreckte sich von Mai 2020 bis März 2021.

Von den 131 Befragten sind 40 Befragte aus großen Unternehmen, was zu einer Verzerrung des Datensatzes führt. Um diese Verzerrung auszugleichen, wurde eine Zufallsstichprobe von 30 Befragten aus großen Unternehmen aus der Grundgesamtheit entfernt, womit ein Datensatz von den übrigen 101 Befragten für die weitere Analyse verwendet wurde.

⁴ Hiermit sind Personen gemeint, die mit dem Energiemanagement im Unternehmen beauftragt sind. Teilweise waren das Personen, die auch für Arbeitssicherheit oder Facility Management zuständig waren.

⁵ Die Grundgesamtheit des Datensatzes zum Zeitpunkt des Abrufens (Mai 2020) betrug 2051 Unternehmen. Da ursprünglich Interviews vor Ort geplant waren, beschränkte das Projektteam sich auf Unternehmen aus Mitteldeutschland, da dieser Einzugsbereich für das Projektteam gut erreichbar war.

Die quantitativen Daten werden mittels Gruppentests und Korrelationsanalysen untersucht. Dabei wird der Zusammenhang zwischen den in Kapitel 2.2 dargelegten Einflussgrößen und der Verwendung des EEM-Slack analysiert. Für die Analyse werden die sechsstufig Likert-skalierten Variablen (z.B. „trifft gar nicht“ bis „trifft voll zu“) als ordinalskalierte (geordnete) Variablen verstanden (Pett 1997; Hansen 2003). Bei den anderen Variablen handelt es sich um nominalskalierte Variablen. Entsprechend werden für die Analysen Mann-Whitney-U-Tests (Wilcoxon Rangsummentests) und die Spearman-Korrelation verwendet (Jamieson 2004; Spooren et al. 2007). Zusammen mit der ordinalskalierten Unternehmensgröße (sechs Größenklassen von „0-9 Mitarbeitende“ bis „>1000 Mitarbeitende“) werden die Antwortmöglichkeiten für die Korrelationsanalyse in die Zahlen eins bis sechs kodiert und darauf basierend eine lineare Rangordnung definiert. Sechs stellt dabei die höchste Rangordnung dar und steht für „trifft voll zu“ / „sehr häufig“ / „sehr stark“ / „>1000 Mitarbeitende“. Eins stellt die niedrigste Rangordnung dar und steht für „trifft überhaupt nicht zu“ / „überhaupt nicht häufig“ / „überhaupt nicht stark“ / „0-9 Mitarbeitende“.

Bezüglich der Verwendung des EEM-Slacks wurden die Befragten, wie in Tabelle 1 dargestellt, gebeten, anzugeben, wie häufig die eingesparten Mittel für die Bereiche „Produktionssteigerung“, „allgemeine Unternehmensführung“ und „weitere Energieeffizienzmaßnahmen“ verwendet werden. Die Verwendung des Slacks für Produktionssteigerungen gibt einen Hinweis auf Rebound-Effekt, da Produktionssteigerungen mit einem zusätzlichen Energieverbrauch einhergehen. Durch die Verwendung des Slacks in der allgemeinen Unternehmensfinanzierung ist nicht ganz nachvollziehbar, was tatsächlich mit dem Slack passiert. Rebound-Effekte (insb. Indirekte) könnten auch hier möglich sein, sind ggf. aber nicht sichtbar. Wird der Slack für weitere Energieeffizienzmaßnahmen verwendet, ist dies ein Anhaltspunkt für eine zusätzliche Senkung des Energieverbrauchs und somit einen Reinforcement-Effekt.

Von den Befragten konnten für die qualitative Analyse mit insgesamt 27 Personen semi-strukturierte Interviews geführt werden. Aufgrund der Verzerrung im Datensatz der Kurzbefragung, gab es auch hier eine Verzerrung. Vor allem Kandidat:innen aus mittelgroßen Unternehmen (zwischen 50 und 249 Mitarbeitende) haben sich für die Tiefeninterviews bereit erklärt. Kandidat:innen ganz kleiner Unternehmen waren besonders schwierig für ein Interview zu gewinnen.

Die qualitative Analyse basiert auf der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) als analytisches Werkzeug. Aus den Ergebnissen der Kurzbefragung konnten erste Schlüsse gezogen und aufbauend auf diesen Erkenntnissen sowie der vorhandenen Literatur, ein Fragebogen für die semi-strukturierten Tiefeninterviews konzipiert werden. Hier wurden die Energiemanager:innen zum einen direkt nach dem Prozess der EEM-Slack-Verwendung und der Entscheidung darüber gefragt. Zum anderen wurden die Interviewten gebeten zu schildern, wie sich unternehmensinterne Prozesse nach einer EEM verändert haben. Schließlich wurden die Interviewten nach der Motivation hinter dem Durchführen von Energieeffizienzmaßnahmen und nach Gründen für Entscheidungen gegen EEM gefragt. Dies wurde für ergänzende Informationen getan und um weitere Anhaltspunkte für mögliche Verwendungszwecke eingesparter Mittel, sowie auf die Bereitschaft, die Mittel ökologisch zu verwenden, zu erhalten.

3 Ergebnisse der quantitativen Befragung

Im Folgenden werden die Ergebnisse entlang des in Kapitel 2.2 vorgestellten Modells von Daskalakis und Kollmorgen (2022) dargestellt. Zunächst werden die deskriptiven Statistiken des Datensatzes dargelegt.

3.1 Deskriptive Statistik

Unternehmenscharakteristika

Zu den untersuchten Faktoren aus der Gruppe der Unternehmenscharakteristika gehören die Unternehmensgröße, die Verteilung der Entscheidungskompetenzen bezüglich Energieeffizienzmaßnahmen in Unternehmen und das Bewusstsein über Rebound-Effekte in Unternehmen.

Ein Blick auf die Verteilung zeigt, dass Unternehmen mit 50 bis 249 Mitarbeitenden am häufigsten im Datensatz vertreten sind (Abb. 2). Außer ihr und der kleinsten Gruppe – den Unternehmen mit über 1000 Mitarbeitenden – machen die übrigen Gruppen jeweils 10 bis 14 % des Datensatzes aus. Diese Verteilung der Größenklassen ist im Vergleich zur Grundgesamtheit in Deutschland verzerrt. Kleinstunternehmen machen dort den größten Teil (64 %) aus und Unternehmen mit über 249 Mitarbeitenden lediglich 2,5 % (Statistisches Bundesamt 2019). Daskalakis und Kollmorgen (2022) machen die gleiche Feststellung und argumentieren, dass dies mit den verfügbaren Datensätzen zusammenhängt, die für das Anschreiben der befragten Unternehmen verwendet wurden.

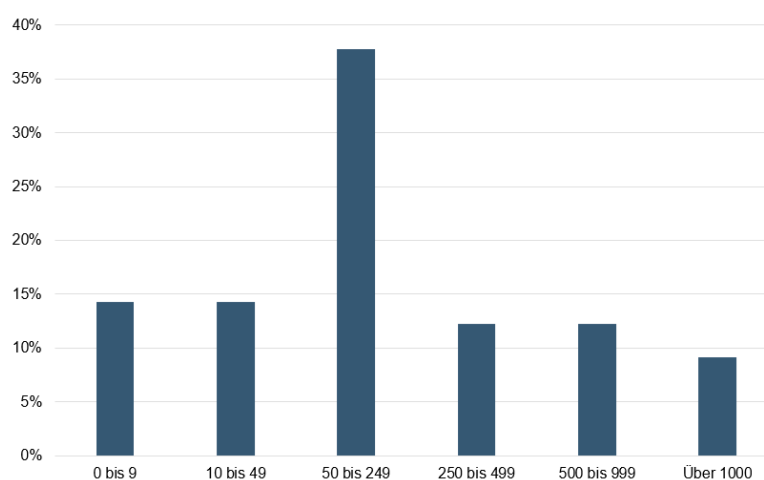


Abbildung 2: Verteilung der Unternehmensgröße.

Bezüglich der Entscheidungskompetenz über EEM der Geschäftsführung wird deutlich, dass insbesondere die Geschäftsführung in Entscheidungen über EEM eingebunden ist. In der

Häufigkeit folgt darauf die Energieabteilung. Das Controlling wird in der Regel nochmal deutlich weniger eingebunden (Abb. 3).

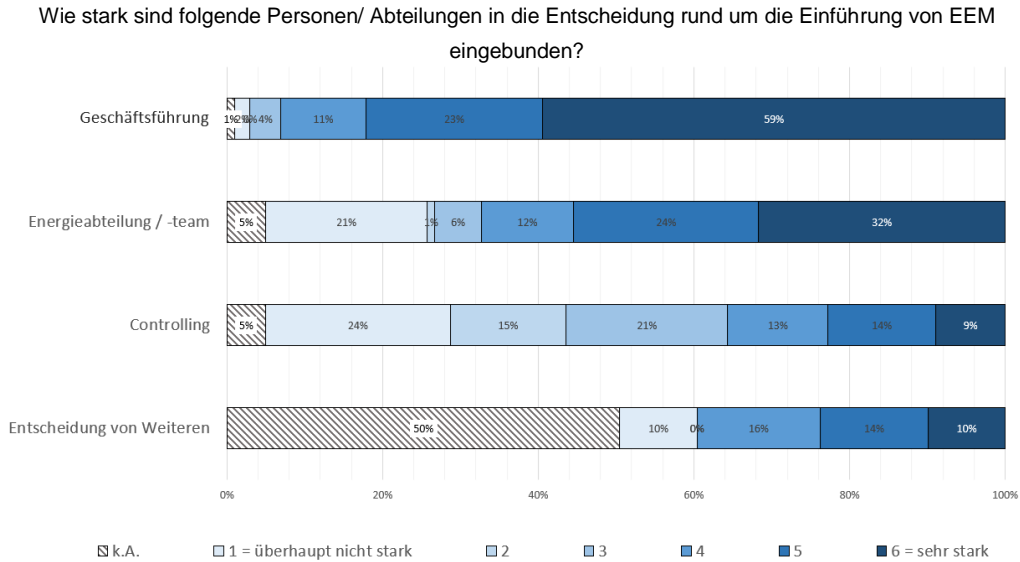


Abbildung 3: Verteilung Einbindung verschiedener Abteilungen/ Personen in EEM-Entscheidungen.

Beim **Bewusstsein über Rebound-Effekte** zeigt sich, dass das Rebound-Bewusstsein in den befragten Unternehmen eine geringe Rolle zu spielen scheint. Lediglich 24 % der Befragten gaben an, dass Rebound-Effekte Thema in ihrem Unternehmen sind (Abb. 4).

War bzw. ist der Rebound-Effekt Thema in Ihrem Unternehmen?

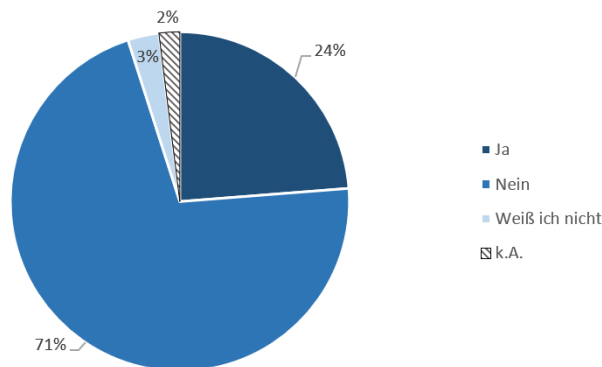


Abbildung 4: Verteilung Rebound-Bewusstsein in Unternehmen.

Energieeffizienzmaßnahmen

Bezüglich der Anwendungsbereiche der EEM zeigt sich, dass Beleuchtung am häufigsten als Bereich genannt, in dem besonders viele EEM durchgeführt wurden. Als zweithäufigster Bereich werden laufende Prozesse im Unternehmen, gefolgt von Druckluft, genannt. Untenan stehen Energieerzeugung und Gebäudehülle (Abb. 5).

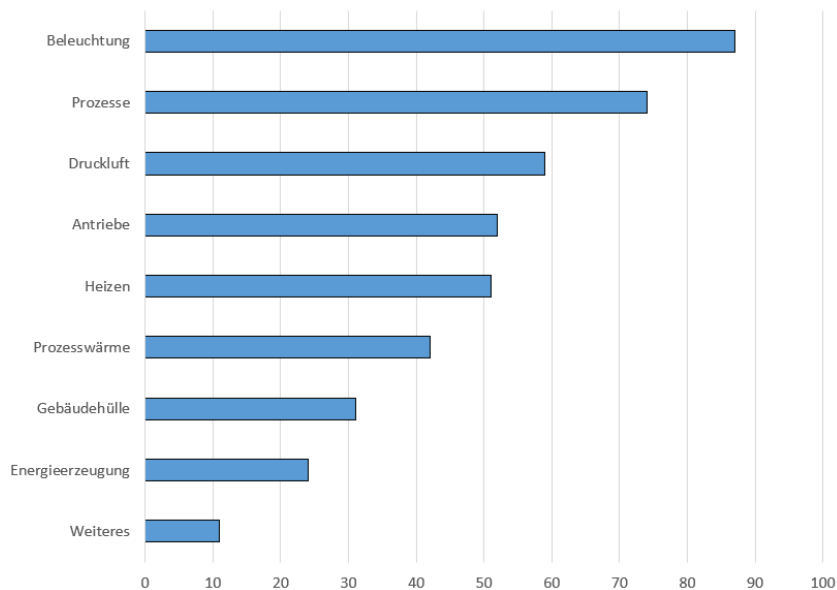


Abbildung 5: Häufigkeit der Anwendungsbereiche von EEM in Unternehmen.

Unternehmensziele

Bezüglich der **Unternehmensziele**, zeigt sich, dass es für die befragten Unternehmen besonders wichtig ist, die Wettbewerbsfähigkeit zu erhöhen und die Produktivität zu steigern. An dritter Stelle steht die Steigerung der Energieeffizienz (Abb. 6).

Wenn Sie jetzt von der aktuellen Corona-Situation absehen inwieweit treffen die folgenden Aussagen für Ihr Unternehmen zu - Für uns ist es allgemein wichtig ...

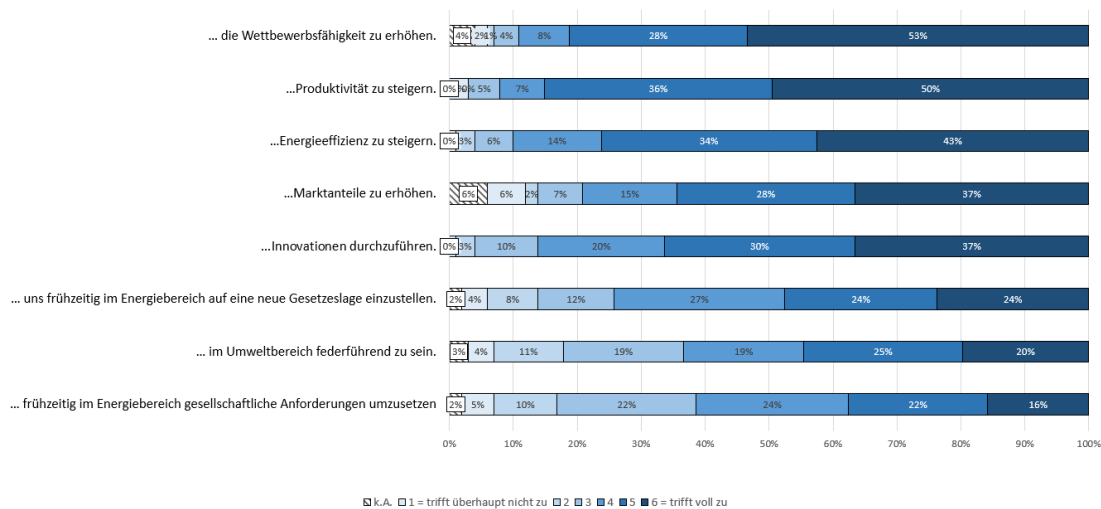


Abbildung 6: Verteilung der Unternehmensziele bzw. -prioritäten.

Energiemanagementsysteme

Bei den Energiemanagementsystemen weisen über die Hälfte der Befragten Unternehmen eine ISO 50001 auf und ebenso viele ein Energiemanagement-Team oder -Abteilung. Das ist schlüssig, da die Einrichtung eines solchen Teams im Rahmen der Zertifizierung vorgeschrieben ist. EMAS ist mit ca. 10 % wesentlich seltener in den befragten Unternehmen vertreten. Etwas häufiger, aber dennoch mit einem Fünftel bzw. Viertel der Befragten, die eine Angabe dazu gemacht haben, kommen separate Budgets für das Energiemanagement bzw. für EEM eher seltener in der Stichprobe vor (Tabelle 2).

Tabelle 2: Deskriptive Statistik Energiemanagementsysteme.

Faktor	Ja	Nein	n (ohne „k.A.“)
Abteilung Energiemanagement	56	43	99
ISO 50001	55	46	101
EMAS	10	91	101
Energiemanagementbudgets	20	64	84
EEM-Budget	15	62	77

Verwendung des EEM-Slacks

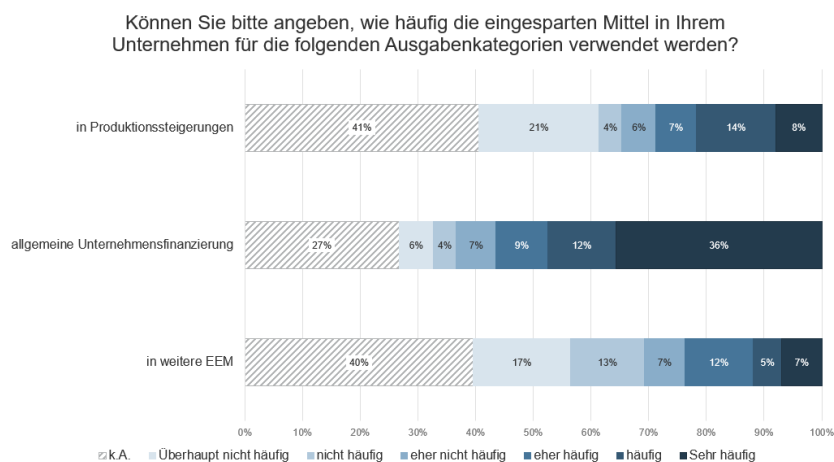


Abbildung 7: Verteilung der Verwendungsbereiche des EEM-Slacks.

Bei der **EEM-Slack-Verwendung** überwiegt die allgemeine Unternehmensfinanzierung als Zielbereich. Weniger häufig wird der EEM-Slack in neue EEM reinvestiert (Abb. 7). Zudem wurde relativ häufig „keine Angabe“ gemacht. Bei der Frage mit der stärksten Ausprägung der

allgemeinen Unternehmensfinanzierung waren dies immerhin 27 % der Befragten. Bei den anderen spezifischeren Fragen sogar bis zu 44 %.

3.2 Korrelationsanalyse

Um die Wirkung der ausgewählten Faktoren auf die EEM-Slack-Verwendung zu untersuchen, wurde je nach Skalierung der unabhängigen Variablen (binär oder sechsstufig rangskaliert) eine Spearman-Korrelation oder ein Mann-Whitney-U-Test durchgeführt. Dabei wurde die statistische Signifikanz einseitig getestet, da die Forschungsfrage auf die Wirkung der ausgewählten Faktoren auf das Auftreten von Rebound-Effekten und Reinforcement-Effekten in Unternehmen abzielt. Somit wird stets auf die Signifikanz einer positiven Assoziation der Faktoren mit den Verwendungsbereichen der EEM-Slack-Verwendung getestet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Die W- und Z-Statistik sind im Anhang zu finden (Tabelle A1).

In Tabelle 3 steht PROD für „Slack-Verwendung für Produktionssteigerung“. UF steht für „Slack-Verwendung in der allgemeinen Unternehmensfinanzierung“. EEM steht für „Slack-Verwendung für weitere EEM“. Eine Erläuterung zu den Zahlenwerten, Zeichen und Spalten ist unterhalb der Tabelle zu finden.

Tabelle 3: Korrelationstabelle.

	PROD	UF	EEM	Methode
Unternehmenscharakteristika				
Unternehmensgröße	0.32**	0.08	0.03	Spearman
Entscheidungskompetenz EEM				
Geschäftsführung	0.12	0.10	0.29**	Spearman
Controlling	0.24*	0.02	0.18	Spearman
Energiemanagement	0.32***	-0.06	0.19	Spearman
Rebound-Bewusstsein	0.15	0.19	(-) 0.07	Mann-Whitney
Energieeffizienzmaßnahmen				
Beleuchtung	(I) 0.12	(I) 0.06	0.13	Mann-Whitney
Prozesse	0.18	(-) 0.04	0.07	Mann-Whitney
Druckluft	0.23	0.12	0.09	Mann-Whitney
Heizen oder Klimatisieren	0.18	(-) 0.04	0.20	Mann-Whitney

Gebäudehülle	0.2	(-) 0.02	(-) 0.18	Mann-Whitney
Prozesswärme - oder Kälte	0.16	(-) 0.08	(-) 0.10	Mann-Whitney
Antriebe oder Pumpen	0.19	0.16	0.12	Mann-Whitney
Energieerzeugung	(-) 0.06	(-) 0.01	(-) 0.05	Mann-Whitney
Unternehmensziele				
Innovation	0.22*	-0.09	0.05	Spearman
Produktivität	0.37***	-0.14	0.06	Spearman
Energieeffizienz	0.30**	-0.01	0.19	Spearman
Marktanteile	0.23*	0.01	0.31**	Spearman
Gesellschaft	0.14	0.06	0.12	Spearman
Gesetze	0.1	-0.00	0.01	Spearman
Wettbewerb	0.05	0.05	0.18	Spearman
Umwelt	0.05	-0.03	0.24*	Spearman
Energiemanagementsysteme				
Energiemanagement- Abteilung/ -Team	0.23	0.16	0.21	Mann-Whitney
ISO50001	0.32**	0.16	(-) 0.11	Mann-Whitney
EMAS	0.15	() 0.09	() 0.13	Mann-Whitney
Energiemanagement-Budget	0.20	() 0.05	0.29*	Mann-Whitney

In den Zellen werden je nach Methode Spearmans rho und das r des U-Tests angezeigt. Im Falle des r, welches im Rahmen des U-Tests errechnet wurde, ist in Klammern ein Vorzeichen eingetragen um anzuzeigen, ob die Gruppe mit dem Merkmal einen höheren (kein Vorzeichen), niedrigeren (-) oder gleichen (|) Median aufweist. Statistisch signifikante Korrelationen sind fett markiert. *: P-Wert $\leq 0,05$ **: P-Wert $\leq 0,01$; ***: P-Wert $\leq 0,001$.

Es konnten nicht in allen Faktorgruppen signifikante Zusammenhänge gefunden werden. So bestehen auf einem 5%-Signifikanzniveau keine signifikante Korrelation zwischen den verschiedenen Slack-Verwendungen und den Anwendungsbereichen der EEM. Zudem besteht kein Zusammenhang zwischen den Einflussfaktoren und der Slack-Verwendung in Richtung der allgemeinen Unternehmensfinanzierung.

Für die Verwendung des EEM-Slacks für Produktionssteigerungen konnten signifikante Korrelationen für die Faktoren Unternehmensgröße, Entscheidungskompetenz über EEM seitens des Controllings und des Energiemanagements, sowie für mehrere

Unternehmensziele (Innovation, Produktivität, Energieeffizienz, Marktanteile) und Vorhandensein eines ISO50001 gefunden werden. Dabei korrelieren alle genannten Faktoren positiv mit dieser Art der EEM-Slack-Verwendung. Bezüglich der Wirkungsstärke weisen alle Faktoren mit Werten zwischen 0.2 und 0.4 eine mittlere Wirkungsstärke auf (Kühnel und Krebs 2010 (Wirkungsstärke für Spearman), Cohen 1992 (Wirkungsstärke für Whitney-Mann)).

Für die Verwendung des EEM-Slacks für weitere Energieeffizienzmaßnahmen konnten signifikante Korrelationen für die Faktoren Entscheidungskompetenz über EEM seitens der Geschäftsführung, sowie für die Unternehmensziele Marktanteile und Umwelt und dem Vorhandensein eines spezifischen Budgets für das Energiemanagement gefunden werden. Auch in diesem Fall korrelieren alle genannten Faktoren positiv mit diesem Verwendungsziel. Die Wirkungsstärke fällt hier mit Werten zwischen 0.2 und 0.31 ähnlich wie bei der Slack-Verwendung für Produktionssteigerungen aus. Das Energiemanagement-Budget kratzt am Schwellwert nach Cohen (1992) für einen mittleren Zusammenhang (≥ 0.3).

Einfluss Unternehmensgröße

Die Unternehmensgröße ist ein Faktor, der die Slack-Verwendung signifikant in Richtung Produktionssteigerungen beeinflusst. Es ist davon auszugehen, dass die Unternehmensgröße auch mit anderen Faktoren, die hier untersucht wurden, wie z.B. dem Vorhandensein eines Energiemanagement-Budgets oder der Verteilung der Entscheidungskompetenz über Energieeffizienzmaßnahmen korreliert. Daher wurde in einem zweiten Schritt der Zusammenhang der übrigen unabhängigen Variablen mit der Unternehmensgröße untersucht, um mögliche Interaktionen zu identifizieren und die Ergebnisse besser einordnen zu können.

Die Analyse zeigt, dass die Unternehmensgröße in fast allen Faktorgruppen mit einzelnen Faktoren korreliert (siehe Tabelle A2 im Anhang). Dabei ist die einzige negative Korrelation mit der Geschäftsführung, was nahelegt, dass die Entscheidungskompetenz der Geschäftsführung bei größeren Unternehmen geringer ausfällt. Die Wirkungsstärke liegt bei Werten zwischen 0.22 und 0.57, was bei einigen Faktoren einen starken Zusammenhang (≥ 0.5) für die Übrigen mindestens einen mittleren Zusammenhang ausweist. Die Analyse zeigt entsprechend, dass Energiemanagementsysteme, Energiemanagement-Abteilungen/-Teams und dafür dezidierte Budgets eher in größeren Unternehmen zu finden sind. Entsprechend nimmt der Einfluss des Energiemanagements auch mit der Unternehmensgröße zu.

Zwischen dem Rebound-Bewusstsein und der Unternehmensgröße konnte ebenfalls ein positiver Zusammenhang gefunden werden. Des Weiteren wurden zwischen der Unternehmensgröße und der Priorisierung statistisch signifikante positive Zusammenhänge gefunden. Diese bezogen sich auf die Ziele die Produktivität zu steigern, sowie sich frühzeitig im Energiebereich auf eine neue Gesetzeslage einzustellen. Schließlich korreliert die Unternehmensgröße mit dem Bereich der Energieeffizienzmaßnahmen. Größere Unternehmen investieren vor allem in ihre Prozesse und Druckluft.

3.3 Diskussion der quantitativen Ergebnisse

Vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse verwundert es nicht, dass kein signifikanter Zusammenhang zwischen Rebound-Bewusstsein und der EEM-Slack-Verwendung gefunden wurde und dass das Vorhandensein eines ISO50001 und eines größeren Einflusses des Energiemanagements auf Entscheidungen rund um EEM positiv mit der Verwendung des EEM-Slacks für Produktionssteigerungen zusammenhängt und nicht signifikant mit der Verwendung des Slacks für weitere EEM. Größere Unternehmen priorisieren mehr als kleinere Unternehmen die Steigerung der Produktivität und verwenden den EEM-Slack häufiger für Produktionssteigerungen. Und es sind vor allem diese Unternehmen, die auch ein ISO 50001 und ein Energiemanagement-Team aufweisen.

Umso mehr gewinnt der positive Zusammenhang zwischen einem separaten Energiemanagement-Budget und der EEM-Slack-Verwendung für weitere EEM an Bedeutung. Denn hier konnte ein signifikanter Zusammenhang gefunden werden, obwohl größere Unternehmen andere Präferenzen haben.

Als Zwischenergebnis für die erste Forschungsfrage „Welche Faktoren beeinflussen das Auftreten von Rebound-Effekten und Reinforcement-Effekten in Unternehmen?“ kann festgehalten werden, dass das Auftreten von Rebound-Effekten positiv zusammenhängt mit der Unternehmensgröße, dem Einfluss des Controllings und des Energiemanagements auf Entscheidungen über EEM, sowie mit den Unternehmenszielen der Steigerung der Innovation, Produktivität, Energieeffizienz und der Marktanteile des Unternehmens. Außerdem hängt das Auftreten von Rebound-Effekten in Unternehmen positiv zusammen mit dem Vorhandensein eines EnMS nach ISO 50001 und einer Energiemanagement-Abteilung. Diese letzten Faktoren sind insbesondere auf den Einfluss der Unternehmensgröße zurückzuführen.

Das Auftreten von Reinforcement-Effekten hängt positiv zusammen mit einem starken Einfluss der Geschäftsführung auf Entscheidungen über EEM, den Unternehmenszielen Marktanteile zu gewinnen und im Umweltbereich federführend zu sein, sowie mit dem Vorhandensein eines Energiemanagement-Budgets.

4 Ergebnisse der qualitativen Befragung

Im vorangegangenen Kapitel wurden statistische Zusammenhänge zwischen einzelnen Faktoren aus dem Modell von Daskalakis und Kollmorgen (2022) und der EEM-Slack-Verwendung und erste Antworten auf die erste Forschungsfrage gefunden. In diesem Kapitel werden 27 semi-strukturierte Interviews mit Energiemanager:innen aus Unternehmen zum Thema EEM-Slack-Verwendung ausgewertet, um zu verstehen, wie der Prozess der Slack-Verwendung stattfindet, um somit Antworten auf die zweite Forschungsfrage zu finden. Auf der Grundlage der Interviews sollen Schlüsse über die Mechanismen der Entstehung von Rebound-Effekten in Unternehmen gezogen werden.

Dabei wird auf die obigen Ergebnisse Bezug genommen, um zu verstehen, wie Unternehmensziele, Entscheidungsstrukturen und Energiemanagementstrukturen im Unternehmen mit der EEM-Slack-Verwendung und dem Auftreten von Rebound-Effekten zusammenhängen.

Für die qualitative Analyse wurde versucht Energiemanager:innen aus Unternehmen aller Größenklassen zu interviewen. Während dies prinzipiell gelungen ist, konnte aus der kleinsten Kategorie nur eine einzige Person befragt werden. Die meisten Interviewten arbeiteten für Unternehmen mit 50 bis 249 Mitarbeitenden (Tabelle 4).

Tabelle 4: Übersicht Interviewte nach Unternehmensgrößenklasse.

Größenklasse	Interviewte	Anzahl Interviewte in Größenklasse
0 bis 9	ID1	1
10 bis 49	ID2, ID3, ID4, ID5, ID6	5
50 bis 249	ID7, ID8, ID9, ID10, ID11, ID12, ID13; ID14, ID15, ID16	11
250 bis 499	ID17, ID18, ID19	3
500 bis 999	ID20, ID21, ID22, ID23	4
Ab 1000	ID24, ID25, ID26, ID27	4

4.1 Direkte Rebound-Effekte in Unternehmen

In der Untersuchung des Interviewmaterials auf direkte Rebound-Effekte zeigt sich, dass in den Unternehmen von einem Drittel der Befragten nach der Umsetzung von EEM die Produktion an den Anlagen, die von einer EEM betroffen waren, wegen der EEM erhöht wurde bzw. eine oder mehrere Anlagen durch die EEM intensiver genutzt wurden (ID12, ID16, ID17, ID19, ID21, ID23, ID24, ID25, ID26). In diesen Fällen scheint ein idealtypischer Output-Effekt stattgefunden zu haben. Dabei spielt die vom Unternehmen gezielte Steigerung der Produktivität und des Absatzes eine Rolle. Die Mechanismen sind hier zum einen die Weitergabe der Energiekostensenkung an die Kunden und die damit verbundene Mehrnachfrage nach dem Produkt und entsprechend höhere Produktion (ID21). Zum anderen ist es der mit der EEM verbundene Ausbau der Produktionskapazität. Unternehmen können durch die effizientere Anlage in derselben Zeit mehr Material durchsetzen und entsprechend

an den Markt bringen (ID12, ID16, ID19, ID23, ID25, ID26). ID17 beschreibt zudem, dass EEM oftmals so geplant werden, dass sie in Verbindung mit weiteren technischen Aspekten durchgeführt werden, mit dem Ziel die Produktion zu erhöhen. Je nach Mechanismus wird der Slack entweder von der Preissenkung oder vom Ausbau der Produktion und des Absatzes absorbiert.

Substitutions-Effekte können zudem zwei Befragte in ihren Unternehmen verzeichnen (ID3, ID6). Sie geben an, dass durch die EEM verstärkt auf die Verwendung von Technologie gesetzt und Arbeit auf diese Weise substituiert wird. ID6 formuliert dies besonders deutlich:

„Also in dem Fall. Letztendlich muss man leider sagen, dass vieles mit Personalabbau einhergeht, weil ich natürlich Sachen automatisiere. Ja, eigentlich kann man das schon. Das ist schon eigentlich ein Trend, das ist ja, als würde ich sagen okay, ich nehme einen größeren Radlader statt zwei kleinen. Also spare ich einen Mann ein und eine Maschine. Die größere Maschine verbraucht nicht doppelt so viel Energie, also Diesel in dem Fall. Somit ist das auch effizienter. Also das ist meistens dann schon in die Richtung, von daher. Ja, also, das ist eigentlich immer so. Eine Effizienzmaßnahme hat dann letztendlich immer einen Einfluss auf die vor- oder nachgelagerten Sachen, mehr oder weniger.“

Die Aussagen von ID19 und ID25 zeigen darüber hinaus, dass direkte Rebound-Effekte nicht nur auf die direkt von der EEM betroffene Stelle im Unternehmen wirken, sondern auch mit dieser Stelle verbundene Bereiche im Unternehmen beeinflussen können, da auch die „Mehrproduktion [...] verarbeite[t]“ (ID19) bzw. die angepasste Tonnage an Input-Faktoren beschafft und der angepasste Output abgesetzt werden muss (ID25). ID19 fasst zusammen: „Bei so größeren Eingriffen hängt das alles miteinander zusammen“.

Aussagen von ID26 weisen darauf hin, dass die direkten Rebound-Effekte zusammen mit diversen EEM über die Länge der Anlagenlaufzeit stetig entstehen können, wenn Anlagen stetig energetisch optimiert werden.

„Also das ist bei uns grundsätzlich der Fall. Also Papiermaschinen haben, vielleicht anders als andere Anlagen, so eine zehn Jahre Einfahrzeit, so kann man es vielleicht noch beschreiben. Also das hört sich jetzt ziemlich lange an. Aber über zehn Jahre wird dann die Produktion immer weiter gesteigert. Und wir sind mit unserer ältesten Anlage mittlerweile auch deutlich über den Erwartungshaltungen des Anlagenherstellers. Also durch Prozessoptimierung, durch eben kleinere Umbaumaßnahmen, durch Überdehnen.“ (ID26)

4.2 Indirekte Rebound-Effekte in Unternehmen

Die qualitative Analyse reproduziert die Ergebnisse aus der quantitativen Analyse hinsichtlich der Verwendung des EEM-Slacks. Befragte aus bis auf der kleinsten, aller Unternehmensgrößenklassen, sagen aus, dass die eingesparten finanziellen Ressourcen in ihren Unternehmen in die allgemeine Unternehmensfinanzierung fließen. Genauer zeigt die qualitative Analyse, dass der Slack in vielen Fällen ohne weitere Differenzierung in die Gesamtbilanz des Unternehmens eingeht und genauso behandelt wird wie Einsparungen, die in anderen Bereichen erzielt wurden (z.B. Personal, Materialkosten o.ä.) (ID2, ID8, ID9, ID11, ID12, ID15, ID16, ID17, ID18, ID20, ID22, ID23, ID21, ID25, ID26, ID27). Sie werden in der „laufenden Kostenrechnung“ weiterverarbeitet (ID2, ID14) und lassen sich bei keinem der befragten Energiemanager:innen klar ausdifferenzieren.

„Was mit dem Geld geschieht, kann man jetzt so nicht direkt sagen. Es ist nicht so, dass wir die Energiekosten auf die Kostenstellen schreiben (ID 58).

„Also im Prinzip, die Einsparungen fließen ja in das Gesamtergebnis des Betriebes mit ein. Ob das jetzt Lohnersparungen oder Energieersparungen oder Materialeinsparungen sind. Das wird dann regelmäßig wieder ausgeschüttet in neue Investitionen“. (ID23)

Dies erklärt auch, wieso so viele Befragte der quantitativen Befragung keine Angabe zur Slack-Verwendung machen konnten. Der Slack geht in der laufenden Kostenrechnung unter. Ob ein direkter oder indirekter Rebound-Effekt stattfindet, bleibt somit auch für Energiemanager:innen schwer zu ermitteln. Insbesondere weil, wie auch ID19 anmerkt, die eingesparten Ressourcen zum Teil auch durch sich ändernde Rohstoffpreise oder auch steigende Energiekostenpreise direkt kompensiert werden.

Deutlich wird in den Interviews, dass es sich bei der Verwendung des EEM-Slacks in den entsprechenden Unternehmen um einen von der Umsetzung der Energieeffizienzmaßnahme unabhängigen Prozess handelt. ID24 spricht von einer „entkoppelte[n] Entscheidung“ und „unterschiedliche[n] Diskussionsebenen“. Das Geld verbleibt somit also – sofern eine solche Abteilung im Unternehmen vorhanden ist – nicht in der Energieabteilung.

Das muss aber nicht zwangsläufig der Fall sein. So fließen durch EEM eingesparte Mittel im Fall von ID27, dessen Unternehmen ein separates Energiebudget eingerichtet hat, wieder zurück in dieses Budget, über welches das Energiemanagement verfügt:

„Wenn wir im Bereich des Energiemanagements etwas einsparen, weil wir energieeffizienter geworden sind, dann können wir uns das in unser Sparschwein stecken und sagen [...] da können wir irgendwas mit machen.“

Beim Unternehmen von ID27 handelt es sich allerdings auch wieder um ein großes Unternehmen (ab 1000 Mitarbeitende). Es bleibt offen, inwiefern so ein Prozess in kleineren Unternehmen zu finden ist.

Aussagen einzelner Befragter lassen zudem auf Rebound-Effekte über spezifische Slack-Verwendungen schließen. ID20, ID22 und ID23 berichten, dass der EEM-Slack in ihren Unternehmen u.a. für die Verbesserung der Produktqualität und Gestaltung verwendet wird. Ob dies tatsächlich zu Einsparverlusten und Rebound-Effekten führt, bleibt offen.

4.3 Reinforcement-Effekte

Acht der 27 Befragten gaben an, dass die eingesparten Ressourcen (zumindest zum Teil) wieder in Energieeffizienzmaßnahmen reinvestiert werden (ID6, ID9, ID10, ID14, ID17, ID19, ID23, ID26). Dabei liegt das Spektrum in Energieeffizienz reinvestierter Mittel unter diesen Befragten zwischen 30 % (ID9) und 100 % (ID10, ID19). ID10 berichtet besonders idealtypisch von einer EEM an der Beleuchtungsanlage einer Produktionshalle.

„Eine Halle, da haben wir eine Berechnung gemacht mit alten Leuchtmitteln. Und dann verglichen mit den neuen Leuchtmitteln. Da ist rauskommen, dass in drei Jahren hier pro Jahr 1.500 Euro Energiekosten eingespart werden konnten. Dann haben wir einen Bericht

gemacht, und haben gesagt okay, zwei Jahre später mit diesem Effekt, was man hier eingespart hat, machen wir die nächste Halle.“

Allerdings gibt ID10 zu bedenken, dass so ein Vorgehen nicht bei jeder Anlage bzw. jeder EEM praktikabel ist, da sich zum einen das Unternehmen viel verändert. Die genauen Netto-Kosteneinsparungen zu berechnen, kann somit schwierig sein. Zum anderen ist beim Unternehmen von ID10 der Wettbewerbsdruck sehr hoch, weswegen viel Geld in „die Kriegskasse“ fließt und vor allem versucht wird, die Margen zu erhöhen. Freigewordene Mittel werden somit nicht zwangsläufig in Energieeffizienz investiert, auch wenn dies Kosten sparen kann. ID19 merkt zudem an, dass zur Zeit des Interviews (2021) die ganzen Mittel in der Regel wieder in Energieeffizienz reinvestiert werden, dies aber auch damit zusammenhängt, dass sich die einzelnen Projekte zum Zeitpunkt der Befragung schnell rechnen und groß sind und entsprechend auch viele finanzielle Mittel durch die EEM frei werden. Wäre das Unternehmen an einem Punkt, wo sich die EEM nicht mehr so schnell rechnen, könnte dies auch die Reinvestitionen beeinflussen.

ID15 gibt zudem zwar nicht explizit an, dass eingesparte Mittel in weitere EEM investiert werden. Allerdings legt er dar, dass sein Unternehmen mehrere Standorte hat „die ähnlich gelagert sind“ und wenn eine EEM an einem Standort gut funktioniert, wird sie „direkt multipliziert auf alles“. So führt die erfolgreiche Umsetzung einer EEM an einem Standort zur erhöhten Investition in weitere EEM an anderen Standorten. Kein Reinforcement-Effekt aber eine zumindest Rebound-reduzierende Strategie der Slack-Verwendung legen zudem ID14 und ID26 dar. In ihren Unternehmen werden den Mitarbeitenden, die eine EEM identifiziert haben, bei erfolgreicher Durchführung einer EEM, Boni in anteiliger Höhe der erzielten Einsparungen ausgezahlt. So wird unternehmensweit ein Anreiz für alle Mitarbeitenden geschaffen sich mit dem Thema EEM auseinanderzusetzen und möglicherweise schneller und häufiger EEM identifiziert und umgesetzt.

Motivatoren für Energieeffizienzmaßnahmen in Unternehmen

Für die Identifikation von Treibern von Reinforcement-Effekten wurden die Interviewten zu den Motivatoren für Energieeffizienzmaßnahmen in Unternehmen gefragt (Abb. 8).

Für die Durchführung von EEM können unterschiedliche Aspekte eine Rolle spielen. Welche sind für Ihr Unternehmen von Bedeutung? (n = 27, Mehrfachnennung möglich)

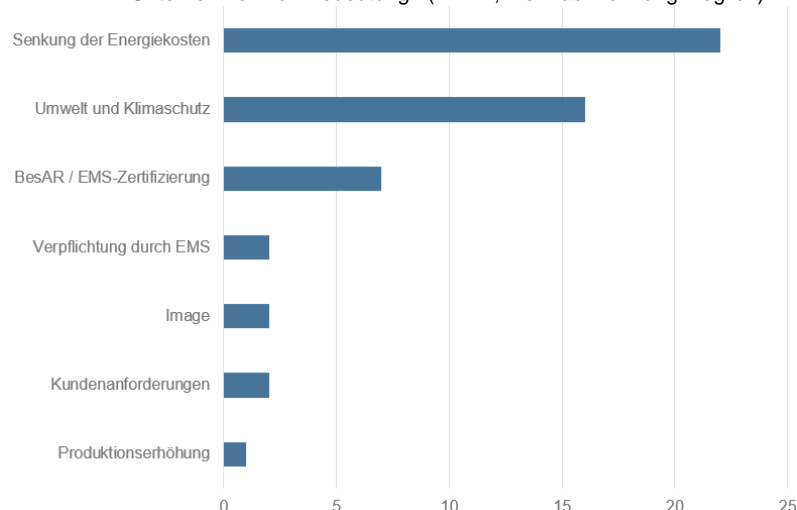


Abbildung 8: Motivatoren für die Durchführung von EEM in Unternehmen.

Ähnlich wie bei den Unternehmenszielen bzw. -prioritäten zeigt sich hier, dass wirtschaftliche Überlegungen an erster Stelle stehen. Allerdings tauchen, im Kontrast zur quantitativen Befragung ökologische Ziele direkt an zweiter Stelle auf. Im Vergleich zu allen anderen angegebenen Gründen, die allerlei unternehmerische strategische Gründe darstellen, ist der Umwelt- und Klimaschutz mit 16 Nennungen dennoch in der Minderzahl. Allerdings sollte zur Kenntnis genommen werden, dass Energieeffizienz für die befragten Unternehmen nicht nur ein Mittel für die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit und Produktivität darstellt, sondern eben auch eines um die eigenen Klimaschutzziele (bzw. Klimaneutralitätsziele) zu erreichen, sofern es welche gibt. Bei einigen Unternehmen steht dieser Aspekt sogar an erster Stelle. So sagt ID3:

„Also primär ganz klar der ökologische und nachhaltige Aspekt. Tatsächlich. Das Unternehmen gehört einem Ehepaar [...], die seit 30, 35 Jahren zu den Pionieren in Europa gehören, was Ökologie und Nachhaltigkeit angeht. Deswegen da tatsächlich der intuitive und sehr intime Wunsch, wo es geht, den Planeten zu schonen [...].“

In seinem Fall ist auch die Geschäftsführung die treibende Kraft hinter ökologischen Maßnahmen, wie der Effizienzsteigerung.

Gründe gegen Investitionen in EEM

Dass Energieeinsparungen und steigende Energieeffizienz keinen Selbstzweck für Unternehmen darstellen, wurde schon in der quantitativen Analyse deutlich. Ein ähnliches Bild zeichnet sich in den Interviews ab. Hier begründen die Befragten Situationen, in denen nicht in EEM investiert wird damit, dass Energieeffizienz nicht die Priorität des Unternehmens ist. Wirtschaftlichkeit, Wachstum, Produktionssicherheit und damit verbundene Wettbewerbsfähigkeit stehen an erster Stelle. EEM werden dann erwogen, wenn diese Bedingungen erfüllt sind (ID6, ID8, ID11, ID14, ID15, ID18, ID23, ID24, ID26). Zehn der 27 Befragten sagen sogar aus, dass die potenzielle Senkung des Energieverbrauch bei der Reinvestition eingesparter Mittel keine Rolle spielt. Besonders deutlich wird das bei ID25:

„Nein, würde keine Rolle spielen. Denn letztendlich geht es darum. Es ist natürlich beim Wirtschaftsunternehmen im weitesten Sinn immer der Fall, um unterm Strich eine größere Zahl stehen zu haben. Und natürlich, wenn ich eine Investition mache, die zum Beispiel es möglich macht, in kürzerer Zeit mehr Tonnage, also sprich mehr Gewinn zu machen. Die es aber erfordert, vielleicht einen Energiebedarf X zusätzlich zu investieren, wird man das natürlich tun, weil durch den Mehrdurchsatz natürlich der Gewinn steigt letztendlich“ (ID25)

Im Falle von ID25 ist das besonders interessant, da es sich hier sowohl um ein großes (>1000 Mitarbeitende), also auch um ein EnMS-zertifiziertes Unternehmen handelt. Beides sind Faktoren, die auf ein besonders energieintensives Unternehmen schließen lassen. Und dennoch spielen die Energiekosten für die Entscheidung für oder gegen EEM hier keine Rolle.

Ein weiterer Faktor, der von Befragten aufgeführt wird, ist die sinkende Grenzproduktivität von EEM (ID2, ID3, ID4, ID6, ID14, ID15, ID18). Unternehmen, wie von ID2, haben nach den ihnen verfügbaren Informationen ihr Effizienzpotential schon ausgeschöpft:

„Wir sind an einem Punkt angekommen, wo ich wir [...] nicht mehr viel machen können. Wir sind auch, das hat der Gutachter auch schon gesagt [...] auf einem Weg, dass wir eigentlich nur noch Maßnahmen haben im Sinne von »ich verlasse den Raum und mache das Licht aus«“

Bei ID4 erzielen weitere EEM nicht mehr genügend Kosteneinsparungen, als dass sich die Maßnahmen noch finanziell lohnen würden. Dieses Argument ist kohärent mit der oben dargelegten Argumentation von ID10 für Investitionen in EEM, wo er den Punkt macht, dass sich sein Unternehmen derzeit für Reinvestitionen in EEM entscheidet, weil sich die EEM noch schnell rechnen. Das Unternehmen befindet sich also in einem Moment, wo die Grenzproduktivität zusätzlicher EEM noch nicht abgenommen hat und „low hanging fruits“ noch „geerntet“ werden können. Ein letzter Grund gegen Investitionen in EEM ist Personalmangel. ID9, ID17 und ID26 geben an, dass ihnen für EEM das nötige Fachpersonal fehle, um weitere EEM umzusetzen.

5 Diskussion und weiteres Vorgehen

Der vorliegende Beitrag hat die Einflussfaktoren von Rebound-Effekten und Reinforcement-Effekten in Unternehmen empirisch untersucht. Entlang der Bestimmungsgrößen, die von Daskalakis und Kollmorgen (2022) im Rahmen des Projektes konzeptualisiert wurden, wurden Energiemanager:innen aus Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes quantitativ und qualitativ befragt. Ziel war es den Einfluss der abgefragten Faktoren auf die Verwendung des EEM-Slacks und interne Prozesse zu dessen Verwendung zu untersuchen. Die EEM-Slack-Verwendung und die dahinterliegenden Prozesse geben Aufschluss über die Entstehung von Rebound- und Reinforcement-Effekten in Unternehmen.

5.1 Diskussion der Ergebnisse

Einflussfaktoren

*Welche Faktoren beeinflussen das Auftreten von **Rebound-Effekten** und Reinforcement-Effekten in Unternehmen?*

Im Segment „**Unternehmenscharakteristika**“ konnten mehrere signifikante Zusammenhänge mit der EEM-Slack-Verwendung gefunden werden. Die Untersuchung zeigt, dass der EEM-Slack in größeren Unternehmen häufiger für Produktionssteigerungen verwendet wird als in kleineren Unternehmen. Eine zentrale Rolle scheint hier zum einen die Entscheidungskompetenz über die EEM-Slack-Verwendung zu spielen. Die EEM-Slack-Verwendung für Produktionssteigerungen hängt positiv mit dem Einfluss des Controllings zusammen. In großen Unternehmen nimmt der Einfluss des Controllings und des Energiemanagements zu (Kapitel 3.2; Kosmider 1994). Das Controlling folgt einer Logik der Unternehmensoptimierung und ist durch seine Aufgabe im Unternehmen an der Verbesserung unternehmerischer Performanz-Kennzahlen, wie z.B. Produktionssteigerungen und Kennzahlen zur Überprüfung der Unternehmensziele interessiert (Berry et al. 2019). Ein positiver Einfluss auf die EEM-Slack-Verwendung für Produktionssteigerungen scheint daher schlüssig.

Andersherum zeigt sich, dass sich ein stärkerer Einfluss der Geschäftsführung auf die Slack-Verwendung positiv auf die EEM-Slack-Verwendung für weitere EEM und damit auf einen Reinforcement-Effekt auswirkt. Dieses Ergebnis hängt wahrscheinlich nicht zuletzt damit zusammen, dass vor allem mittelgroße Unternehmen den Datensatz dominieren und eine werteorientierte Geschäftsführung, welche auch die Umwelt in den Fokus nimmt, häufig im Mittelstand zu finden ist (Müller und Jäger 2015). So ist es auch nicht als willkürlich, dass der Interviewte ID3 aus einem kleinen Unternehmen (10 bis 49 Mitarbeitende) von starken ökologischen Werten im Unternehmen und der Geschäftsführung als treibender Kraft hinter EEM berichtet. Dass Geschäftsführungseinfluss und ökologische EEM-Slack-Verwendung zusammenhängen, scheint also mit der Wertestruktur in Unternehmen zusammenzuhängen.

Ein Zusammenhang zwischen Rebound-Bewusstsein und der EEM-Slack-Verwendung konnte nicht gefunden werden. Zum einen hängt dies ebenfalls statistisch mit der Korrelation zwischen Rebound-Bewusstsein und Unternehmensgröße zusammen. Zum anderen scheint

dieses Ergebnis die Knowledge-Action-Gap (Kollmuss und Agyeman 2002) zu reproduzieren. Obwohl in bestimmten (in diesem Fall größeren) Unternehmen Rebound-Effekte mehr thematisiert werden, vermeiden sie diese nicht effektiv.

Im Segment „**Energieeffizienzmaßnahmen**“ konnten keine signifikanten Zusammenhänge zwischen den Faktoren und der EEM-Slack-Verwendung gefunden werden. Das impliziert, dass die Art der EEM keinen Einfluss auf die EEM-Slack-Verwendung hat.

Wie oben schon erwähnt, spielen **Unternehmensziele** und -prioritäten keine unwesentliche Rolle für die EEM-Slack-Verwendung. Eine Priorisierung von Innovation, Produktivitätssteigerungen, Energieeffizienz und Steigerung der Marktanteile wirkt sich positiv auf die Verwendung des EEM-Slacks für Produktionssteigerungen und somit Rebound-Effekte aus. Zudem nimmt die Priorisierung des Ziels der Produktivitätssteigerung mit der Unternehmensgröße zu. Dies passt zu dem Ergebnis, dass die Unternehmensgröße auch mit der EEM-Slack-Verwendung für Produktionssteigerungen zusammenhängt. In Kombination mit der qualitativen Analyse zeigt sich, dass Energieeffizienzsteigerungen für Unternehmen jeder Größe vor allem ökonomisch motiviert sind – um die Produktivität und Produktion zu steigern. Der Ausbau der Marktanteile hängt aber auch umgekehrt positiv mit dem Reinforcement-Effekt zusammen. Ebenso das Ziel, im Bereich Umwelt federführend zu sein.

Von den Faktoren des Segments „**Energiemanagementsysteme**“ spielt vor allem das Vorhandensein eines ISO 50001 für das Auftreten von Rebound-Effekten eine Rolle, da es signifikant positiv mit der EEM-Slack-Verwendung für Produktionssteigerungen zusammenhängt. Dies lässt sich ebenfalls aus dem statistischen Zusammenhang zwischen Unternehmensgröße und ISO 50001 erklären. Im Kontrast dazu wirkt das Vorhandensein eines separaten Budgets für das Energiemanagement positiv auf die EEM-Slack-Verwendung für weitere EEM und somit einen Reinforcement-Effekt. Dieser Zusammenhang gewinnt umso mehr an Bedeutung vor dem Hintergrund, dass vor allem große Unternehmen so ein separates Budget aufweisen. Somit wirkt sich dieser Faktor positiv auf den Reinforcement-Effekt auf, obwohl größere Unternehmen andere Präferenzen haben. Qualitativ konnte dieser Prozess in einem Unternehmen nachvollzogen werden. Ein Teil der eingesparten Kosten fließt in dieses separate Budget zurück und refinanziert dieses somit. Dieser Prozess erinnert an das Konzept des Intracting. Es ist allerdings fraglich, inwiefern solche Budgets und Prozess in kleinen Unternehmen Anwendung finden oder finden können.

Verwendungsprozesse des EEM-Slacks – Rebound-Effekte

*Über welche Mechanismen treten **Rebound-Effekte** und Reinforcement-Effekte in Unternehmen auf?*

Im Interviewmaterial der 27 qualitativ untersuchten Unternehmen gibt es für neun dieser Unternehmen Evidenz für das Auftreten direkter Rebound-Effekte. Vor allem der gezielte und schon geplante Ausbau der Produktionskapazität in Folge einer EEM spielt hier eine Rolle. Der EEM-Slack wird von den dafür nötigen Aufwendungen absorbiert. Dieses Ergebnis deckt sich mit Ergebnissen anderer Studien (Schöpflin et al. 2022, Berner et al. 2020). Dass die Interviews mit über einem Drittel der Befragten Evidenz für Output-Effekte aufweisen und die Unternehmen der Befragten, die EEM aktiv zur Produktionssteigerung nutzen, zeigt ergänzend zu den Erkenntnissen aus Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**, wie direkte Rebound-Effekte aus unternehmerischer Sicht wünschenswert sein können. Die Nutzung des EEM-Slacks für z.B. Produktionsausbau oder Weitergabe der

reduzierten Kosten an die Kund:innen zur Steigerung der im Unternehmen produzierten Güter stärkt die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen. Darüber hinaus legen die Aussagen einiger Befragter nahe, dass es durchaus zu einem Substitutionseffekt in Unternehmen kommt, wodurch die Effizienzsteigerung der Technologie vermehrt auf Technologie anstatt auf Arbeitskraft gesetzt wird.

Konkrete Evidenz für indirekte Rebound-Effekte konnte nicht gefunden werden. Allerdings weisen Indizien des Materials in die Richtung, dass es vor allem indirekte Rebound-Effekte sind, die in Unternehmen auftreten. Wie auch die Untersuchung von Daskalakis und Kollmorgen (2022) ergeben hat, wissen viele Energiemanager:innen nicht, was mit den durch EEM freigewordenen finanziellen Mitteln im Unternehmen geschieht. Am häufigsten fließt der EEM-Slack in die allgemeine Unternehmensfinanzierung und wird wie laufende Aufwendungen behandelt. Auch dies macht die Identifikation und damit auch die gezielte Vermeidung von Rebound-Effekten schwierig. Da es erklärtes und priorisiertes Ziel der meisten Unternehmen ist, ihre Produktionskapazitäten zu erhöhen, Wettbewerbsfähigkeit und Produktivität zu steigern, liegt es nahe, dass der EEM-Slack, der in die allgemeine Unternehmensfinanzierung fließt, energieintensiv verwendet wird. So kommt es immer zu einem indirekten Rebound-Effekt, wenn der Slack nicht durch steigende Faktorpreise absorbiert oder aktiv energieneutral ist (z.B. durch Ausschüttungen an die Mitarbeitenden) oder für weitere EEM verwendet wird (siehe auch Daskalakis und Kollmorgen 2022, Daskalakis 2022).

Verwendungsprozesse des EEM-Slacks – Reinforcement-Effekte

*Über welche Mechanismen treten Rebound-Effekte und **Reinforcement-Effekte** in Unternehmen auf?*

Acht der 27 interviewten Energiemanager:innen gaben an, dass auch mindestens ein Teil des Slacks in weitere EEM fließt. Bei zwei der Unternehmen sogar der gesamte Slack. Dies weist auf Reinforcement-Effekte hin. Dass Evidenz für die vollständige Verwendung des Slacks für weitere EEM nur in zwei Unternehmen vorliegt, legt nahe, dass dies nicht die Regel ist. Hinzu kommt, dass selbst die Energiemanager:innen dieser beiden Unternehmen zu Bedenken geben, dass dies wahrscheinlich auch kein Dauerzustand ist. Dies ist der Fall, da EEM sich nicht immer schnell rechnen, der Slack nicht immer ausreichend groß ist und beim Slack aus komplizierten Prozessoptimierungen dieser außerdem schwer nachzuverfolgen sein kann. Zudem gibt es für Unternehmen viele wirtschaftliche Gründe, in andere Bereiche als die Steigerung der Energieeffizienz zu investieren.

5.2 Limitierungen

Diese Ergebnisse müssen mit der üblichen Vorsicht betrachtet werden. Der Mixed-Method-Ansatz erwies sich als fruchtbar, jedoch kam die quantitative Befragung aufgrund der Corona-Situation nur auf ein kleines n (= 101). Darüber hinaus konnte mit dem Datensatz nicht die Verteilung der Größenklassen der Grundgesamtheit reproduziert werden. Dies kann die Befragungsergebnisse verzerren, wenngleich die Ergebnisse plausibel erscheinen. Des

Weiteren konnte die zum Zeitpunkt der Publikation währende Energiepreiskrise nicht in die Fragebögen integriert werden, da die Befragungen vor Beginn des Krieges in der Ukraine durchgeführt wurden. Es ist allerdings plausibel, dass sich das Einsparverhalten der Unternehmen und ihre Haltungen zu Energieeffizienz und Rebound-Effekten seit Beginn der Krise verändert hat. Ein zweiter Punkt ist die Methode. Mit der bivariaten Analyse konnte nicht für den Einfluss dritter Faktoren kontrolliert werden. Mit dem qualitativen Ansatz konnten keine Rebound-Effekte in den Unternehmen quantifiziert werden. Dies war aber auch nicht erklärtes Ziel des Forschungsbeitrags. Der qualitative Ansatz hat es ermöglicht, Prozesse hinter der Entscheidung der EEM-Slack-Verwendung zu untersuchen.

5.3 Implikationen

Aus der Untersuchung leiten sich Implikationen für Forschung, Unternehmen und Politik ab. Für die Forschung bleiben einige Fragen ungeklärt. Wenn der Einfluss einer wertorientierten Geschäftsführung sich positiv auf den Reinforcement-Effekt auswirkt und negativ mit der Unternehmensgröße korreliert, treten Rebound-Effekte in der Grundgesamtheit dann seltener auf als in der hier untersuchten Stichprobe? Zukünftige Forschung könnte sich näher mit diesem Zusammenhang auseinandersetzen. Außerdem wäre interessant zu untersuchen, welche Energiemanagement-Budget-Konzepte auch für kleine Unternehmen praktikabel wären.

Für Unternehmen und Politik zeigt sich, dass die unternehmensweite Zielsetzung das Auftreten von Rebound- und Reinforcement-Effekten beeinflussen kann. Um Rebound-Effekte zu vermeiden, sollten Unternehmen ökologischere Zielsetzungen priorisieren. Allerdings legen die Ergebnisse auch nahe, dass Rebound-Effekte für Unternehmen wünschenswert sein können. Es wäre Aufgabe der Politik ein ordnungsrechtliches oder ein Anreizsystem zu schaffen, um die ökologische Ausrichtung von Unternehmen und Vermeidung von Rebound-Effekten in Unternehmen zu bewirken. Förderprogramme für etwaige Energiemanagement-Budgets wären ein möglicher Ansatz.

5.4 Ausblick

Mit den Erkenntnissen dieser Untersuchung als Grundlage wendet sich das ReInCent-Projekt zum einen der politischen Perspektive zu. In weiteren Analysen werden die Wechselwirkungen zwischen Energieeffizienzpolitik und Rebound-Effekten in Unternehmen untersucht und auf dieser Basis Ansätze für Politikinstrumente entwickelt und evaluiert, die Rebound-Effekte in Unternehmen vermeiden können. Zum anderen dient diese Studie zusammen mit der Untersuchung von Daskalakis und Kollmorgen (2022) als Ausgangspunkt für eine repräsentative Befragung von Unternehmen, um die Einflussfaktoren und internen Prozesse rund um Rebound-Effekte in Unternehmen besser zu verstehen.

6 Literaturverzeichnis

- Berkhout, Peter H.G.; Muskens, Jos C.; Velthuisen, Jan W. (2000): Defining the rebound effect. In: *Energy Policy* 28 (6-7), 425–432.
- Berner, Anne; Lange, Steffen; Silbersdorff, Alexander (2022): Firm-level energy rebound effects and relative efficiency in the German manufacturing sector. *Energy Economics*. 109. 105903.
- Berry, Anthony; Broadbent, Jane; Otley, David (2019): *Management Control Theory*. 2. Auflage. London, UK: Routledge.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2010): Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Berlin: BMWi.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2019): Bekanntmachung Richtlinie für die Bundesförderung der Energieeffizienz und Prozesswärme aus Erneuerbaren Energien in der Wirtschaft – Zuschuss und Kredit (Bundesförderung für Energieeffizienz in der Wirtschaft – Zuschuss und Kredit). Fundstelle: BAnz AT 29.03.2019 B2.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2020): Energieeffizienz in Zahlen. Entwicklungen und Trends in Deutschland 2020. Berlin: BMWi.
- Cohen, Jacob (1992): Statistical Power Analysis. *Current Directions in Psychological Science*. 1 (3). 98-101.
- Cyert, Richard M.; March, James G. (1963): *A behavioral theory of the firm*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Daskalakis, Maria (2013): *Ansätze einer aktorsbasierten Innovationserklärung - Konzeptionelle Überlegungen, empirische Untersuchung und agentenbasierte Modellierung*. Kassel: Universität Kassel.
- Daskalakis, Maria (2021): *Erklärungsmodell von Rebound-Effekten in Unternehmen*. unveröffentlichtes Manuskript.
- Daskalakis, Maria (2022): *Potential von Effizienz- und Suffizienzmaßnahmen entfalten – Rebound-Effekte eindämmen*. Präsentation im Rahmen der BMBF-Abschlussveranstaltung: Rebound-Effekte aus sozial-ökologischer Perspektive, 28.04.2022, [online] https://reincident.de/sites/reincident.de/files/documents/reincident_abschlusskonferenz.pdf [abgerufen 03/2023].
- Daskalakis, Maria; Kollmorgen, Florian (2022): *Bestimmungsgrößen von Rebound-Effekten in Unternehmen. Ein empirisch fundierter Zwischenstand*. [Präsentationsfolien] Kassel: Universität Kassel, [online] https://reincident.de/sites/reincident.de/files/documents/reincident_bestimmungsgroessen_von_rebound-effekten_in_unternehmen.pdf [abgerufen 03/2023].
- Daskalakis, Maria; Kollmorgen, Florian (2023): *Rebound-Effekte in Unternehmen und ihre Relevanz für staatliche Maßnahmen zur Energiewende – empirische Ergebnisse auf Basis der Anwendung der verhaltensbasierten Theorie der Unternehmung*. Unveröffentlichtes Manuskript.
- Fjornes, Jan; Olliges, Julia; Ulmer, Alina; Barckhausen, Anton (2023): *Energieeffizienzpolitik und ihr Einfluss auf Rebound-Effekte in Unternehmen*. Berlin: adelphi.

- Greening, Lorna; Greene, David L.; Difiglio, Carmen (2000): Energy efficiency and consumption - the rebound effect - a survey. *Energy Policy*. 28(6-7). 389-401.
- Haan, Peter de; Peters, Anja; Semmling, Elsa; Marth, Hans; Kahlenborn, Walter (2014): *Rebound-Effekte: Ihre Bedeutung für die Umweltpolitik*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Hansen, John P. (2003): CAN'T MISS – Conquer Any Number Task by Making Important Statistics Simple. Part 1: Types of variables, mean, median, variance, and standard deviation. *Journal of Healthcare Quality*. 25 (4). 19-24.
- Hussy, Walter; Schreier, Margrit; Echterhoff, Gerald (2013): *Forschungsmethoden in Psychologie und Sozialwissenschaften für Bachelor* (2. Aufl.). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Jamieson, Susan (2004): Likert scales: how to (ab)use them. *Medical Education*. 38 (12). 1217-1218.
- Jenkins, Jesse; Nordhaus, Ted; Shellenger, Michael (2011): *Energy Emergence – Rebound & Backfire as emergent phenomena*. Oakland, CA: Breakthrough Institute.
- Jevons, William Stanley (1865): The coal question: can Britain survive? In: Flux, A.W. (Hg.). *The Coal Question: An Inquiry Concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of Our Coal-mines*. New York: Augustus M. Kelley.
- Kollmuss, Anja; Agyeman, Julian (2002): Mind the Gap: Why Do People Act Environmentally and What Are the Barriers to Pro-Environmental Behavior? *Environmental Education Research*. 8. 239-260.
- Kosmider, Andreas (1994): *Controlling im Mittelstand. Eine Untersuchung der Gestaltung und Anwendung des Controllings in mittelständischen Industrieunternehmen*. 2. Auflage. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Kühnel, Steffen-M.; Krebs, Dagmar (2001): *Statistik für die Sozialwissenschaften. Grundlagen, Methoden, Anwendungen*. Hamburg: Rowohlt Taschenbuch.
- March, James G.; Simon, Herbert Alexander; Guetzkow, Harold Steere (1958): *Organizations*. New York: Wiley.
- Mayring, Philipp (2015): *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken*. 12. Auflage. Weinheim Basel: Beltz Verlag.
- Müller, Nicolai; Jäger, Clemens (Hg.) (2015): *WERTEorientierte Führung von Familienunternehmen*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Olliges, Julia; Ulmer, Alina; Barckhausen, Anton (2020): *Rebound-Effekte in Unternehmen. Kenntnisstand und Informationsbedarfe in der politischen Verwaltung in Deutschland*. Berlin: adelphi.
- Pett, Marjorie A. (1997): *Nonparametric Statistics for Health Care Research*. London, UK: SAGE Publications.
- Santarius, Tilman (2012): *Der Rebound-Effekt. Über die unerwünschten Folgen der erwünschten Energieeffizienz*. Impulse zur Wachstumswende. 5. Wuppertal: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie.
- Saunders, Harry D. (1992): The Khazzoom-Brookes postulate and neoclassical growth. *The Energy Journal*. 13 (4). 131–148.
- Schreier, Margrit (2012): *Qualitative Content Analysis in Practice*. London: Sage Publications.

- Schöpflin, Patrick; Lautermann, Christian; Vogel, Christina (2022): *Rebound-Effekte in Unternehmen: Befragung zu Effizienzmaßnahmen und ihren Auswirkungen*. Analysepapier MERU-Projekt. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung: Berlin.
- Semmling, Elsa; Peters, Anja; Marth, Hans; Kahlenborn, Walter; Haan, Peter de (2016): *Rebound-Effekte: Wie können sie effektiv begrenzt werden?* Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (UBA).
- Simon, Herbert A. (1947): *Administrative behavior: a study of decision-making processes in administrative organization*. London: Macmillan.
- Sorrell, Steve (2007): *The Rebound Effect: An Assessment of the Evidence for Economy-Wide Savings from Improved Energy Efficiency*. UK Energy Research Center: London, UK.
- Sorrell, Steve; Dimitropoulos, John (2007): *Review of evidence for the rebound effect technical report 5: Energy, productivity and economic growth studies*. UKERC Working Paper UKERC/WP/TPA/2007/013.
- Spooren, Pieter; Mortelman, Dimitri; Denekens, Joke (2007): Student evaluation of teaching quality in higher education: development of an instrument based on 10 Likert-scales. *Assessment & Evaluation in Higher Education*. 32 (6). 667-679.
- Tashakkori, Abbas; Teddlie, Charles (2010): *SAGE Handbook of Mixed Methods in Social and Behavioral Research*. 2. Auflage. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications Inc.
- Wüst, Sebastian; Schaltegger, Stefan (2019): *Unternehmensbezogene Rebound-Effekte Einführung und Übersicht*. Hintergrundpapier zum MERU-Praxisdialog am 19.06.2019 in Berlin. Lüneburg: Leuphana Universität.
- Wüst, Sebastian; Schaltegger, Stefan; Wolff, Franziska; Lautermann, Christian; Schöpflin, Patrick (2022): *Konzeptioneller Rahmen zur Erforschung von unternehmensbezogenen Rebound-Effekten*. Konzeptpapier im Rahmen des Projekts „Ganzheitliches Management von Energie- und Ressourceneffizienz in Unternehmen“ (MERU). Berlin.

Anhang

W- und Z-Statistik

Tabelle A1: W- und Z-Statistik.

	PROD		UF		EEM	
	W	Z	W	Z	W	Z
Unternehmenscharakteristika						
Rebound-Bewusstsein	257	-1.16	386.5	-1.56	319.5	-0.54
Energieeffizienzmaßnahmen						
Beleuchtung	166.5	-0.98	304	-0.55	167.5	-1.02
Prozesse	221.5	-1.37	488.5	-0.32	341.5	-0.54
Druckluft	338	-1.80	611	-1.07	455.5	-0.67
Heizen oder Klimatisieren	385	-1.40	733	-0.37	381	-1.60
Gebäudehülle	335	-1.57	714.5	-0.17	354	-1.43
Prozesswärme - oder Kälte	389.5	-1.30	680.5	-0.69	448.5	-0.80
Antriebe oder Pumpen	380	-1.44	600.5	-1.37	437	-0.95
Energieerzeugung	362	-0.43	626.5	-0.10	403.5	-0.40
Energiemanagementsysteme						
Abt EnMgmt	339	-1.85	560	-1.41	370.5	-1.7
ISO 50001	282.5	-2.50	571.5	-1.37	439.5	-0.87
EMAS	155	-1.19	286.5	-0.74	190.5	-1.00
EEM-Budget	163.5	-1.08	297	-0.36	131	-1.69
EnMgmt-Budget	173.5	-1.35	361.5	-0.42	158.5	-2.06

Diese Tabelle enthält ausschließlich Informationen für Faktoren, die mit einem Mann-Whitney-U-Test untersucht wurden.

Korrelationsanalyse Unternehmensgröße

Tabelle A2: Korrelationstabelle Unternehmensgröße.

	Unternehmensgröße	Methode
Unternehmenscharakteristika		
Entscheidungskompetenz EEM		
Geschäftsführung	-0.22**	Spearman
Controlling	0.29***	Spearman
Energiemanagement	0.51***	Spearman
Rebound-Bewusstsein	0.21**	Mann-Whitney
Energieeffizienzmaßnahmen		
Beleuchtung	(I) 0.05	Mann-Whitney
Prozesse	0.28***	Mann-Whitney
Druckluft	0.33***	Mann-Whitney
Heizen oder Klimatisieren	(I) 0.19	Mann-Whitney
Gebäudehülle	(I) 0.07	Mann-Whitney
Prozesswärme - oder Kälte	0.46***	Mann-Whitney
Antriebe oder Pumpen	0.40***	Mann-Whitney
Energieerzeugung	0.11	Mann-Whitney
Unternehmensziele		
Innovation	0.03	Spearman
Produktivität	0.22**	Spearman
Energieeffizienz	0.12	Spearman
Marktanteile	0.17	Spearman
Gesellschaft	0.16	Spearman
Gesetze	0.28***	Spearman

Wettbewerb	0.13	Spearman
Umwelt	0.53*	Spearman
Energiemanagementsysteme		
Energiemanagement- Abteilung/ -Team	0.54***	Mann-Whitney
ISO50001	0.57***	Mann-Whitney
EMAS	0.22**	Mann-Whitney
EEM-Budget	0.36***	Mann-Whitney
Energiemanagement-Budget	0.36***	Mann-Whitney

Tabelle A3: W- und Z-Statistik der Korrelationsanalyse zu Unternehmensgröße.

	Unternehmensgröße	
	W	Z
Unternehmenscharakteristika		
Rebound-Bewusstsein	606	-2.02
Energieeffizienzmaßnahmen		
Beleuchtung	458	-0.53
Prozesse	546.5	-2.71
Druckluft	704	-3.19
Heizen oder Klimatisieren	908.5	-1.83
Gebäudehülle	925.5	-0.66
Prozesswärme - oder Kälte	537	-4.52
Antriebe oder Pumpen	637	-3.89
Energieerzeugung	715	-1.10

Energiemanagementsysteme

Abt EnMgmt	435	-5.33
EnMS		
ISO 50001	432	-5.60
EMAS	253.5	-2.26
EEM-Budget	220.5	-3.09
EnMgmt-Budget	325	-3.22

Diese Tabelle enthält ausschließlich Informationen für Faktoren, die mit einem Mann-Whitney-U-Test untersucht wurden.