



Rebound-Effekte in Unternehmen: Befragung zu Effizienzmaßnahmen und ihren Auswirkungen

Autor*innen:

Patrick Schöpflin, Dr. Christian Lautermann und Christina Vogel

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, IÖW

Kontakt: Patrick.Schoepflin@ioew.de

Angaben zum Projekt: 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.

Hintergrund

Die ökologischen Belastungsgrenzen des Planeten werden immer weiter überschritten. Dazu tragen die gegenwärtigen Konsum- und Produktionsmuster der Industrieländer maßgeblich bei. Zwar konnten Innovationen die **Energie- und Ressourceneffizienz** in den letzten Jahren beachtlich steigern, allerdings **sank dadurch der absolute Energie- und Rohstoffverbrauch nicht im nötigen Umfang**.

Als ein Grund wird der sogenannte **Rebound-Effekt** diskutiert: Wenn etwa durch höhere Effizienz Verbrauchskosten sinken, wird Geld eingespart. Wird dieses beispielsweise für neue Güter oder Investitionen eingesetzt, können neue Verbräuche von Energie und Materialien entstehen. Während die Energie- und Ressourcenproduktivität steigt, fallen die absoluten Energie- bzw. Materialeinsparungen dann geringer aus. Ändert ein Unternehmen etwa seine Produktgestaltung und spart so Material, stellt sich die Frage, wie es mit ggf. eingesparten Kosten umgeht. Ein Rebound-Effekt kann beispielsweise dann entstehen, wenn das Unternehmen seine Produktion in Folge einer effizienzbedingten Kosteneinsparung ausweitet. In den vergangenen Jahren konnten Erkenntnisse zu Rebound-Effekten und weiteren verbrauchstreibenden Faktoren beim privaten Konsum gewonnen werden. **Wie groß Rebound-Effekte in der Produktion bzw. innerhalb von Unternehmen sind und wie sie entstehen und wirken, ist hingegen bisher kaum erforscht.**

Vor diesem Hintergrund ist es das Ziel des **Forschungsvorhabens „Ganzheitliches Management von Energie- und Ressourceneffizienz in Unternehmen“ (MERU)**, Rebound-Effekte in Unternehmen konzeptionell und empirisch zu untersuchen. Es werden Empfehlungen für Wirtschaft und Politik entwickelt, wie Rebound-Effekte begrenzt oder unerwünschte Folgen für das Erreichen von energie- und ressourcenpolitischen Zielen vermieden werden können. MERU wird vom **Bundesministerium für Bildung und Forschung** gefördert → www.meru-projekt.de/

Inhalt

- I. Zielstellung & Methodik**
- II. Ergebnisse:**
 - 1) Effizienzmaßnahmen**
 - Charakterisierung
 - Hintergrund und Zielsetzung
 - 2) Auswirkungen der Effizienzmaßnahmen**
 - Messen und Monitoring
 - Wirkungsdefizite und Rebound-Effekte
- III. Schlussfolgerungen & Ausblick**

Ziele der Befragung

Effizienzmaßnahmen und damit verbundene Effizienzsteigerungen sind Ausgangspunkt für die Entstehung möglicher Rebound-Effekte. Die Befragung soll daher zum einen dazu dienen, die **Hintergründe und Eigenschaften verschiedener Effizienzmaßnahmen** zu eruieren (Ergebnisse I). Hierzu wurden Informationen zu der Entstehung, Zielsetzungen, Akteure und operativen Durchführung der Maßnahmen ausgewertet. Um die verschiedenen Effizienzmaßnahmen vergleichen zu können, wurden jeweils der Ansatzpunkt, die Effizienzquelle und die Wirkungsweise der Maßnahmen dokumentiert. Dadurch wurde ersichtlich, inwieweit die Maßnahmen ein Endprodukt oder einen Unternehmensprozess betreffen und durch welche Veränderungen Effizienzeinsparungen erzielt wurden (siehe hierzu Folie 8).

Zum anderen sollen die **Auswirkungen der Effizienzmaßnahmen** möglichst genau beschrieben und analysiert werden (Ergebnisse II). Hierzu wurden, soweit verfügbar, die mit der Effizienzmaßnahmen verbundenen erwarteten sowie realen Energie- und Materialeinsparungen erfasst. Der Vergleich dieser Daten lieferte Hinweise über mögliche Wirkungsdefizite und das Auftreten von Rebound-Effekten. Dabei wurde auch erhoben mit welchen Methoden die Wirkungen der Maßnahmen gemessen wurden und welche Limitierungen dabei aufgetreten sind. Ergänzend zu den Wirkungsdefiziten geben außerdem vorhandene Übertragungsmöglichkeiten der Maßnahme auf andere interne oder externe Bereiche Hinweise auf das weitere Ausmaß der (möglichen) positiven Auswirkungen.

Vorgehen und Methodik

- 1** Im Vorfeld der Interviews wurden Unternehmen ausfindig gemacht, die nachweislich und erfolgreich **Energie- oder Materialeffizienzmaßnahmen durchgeführt** haben.
- 2** Anschließend wurde nach **Informationen über die Durchführung und Ergebnisse dieser Maßnahmen** recherchiert. Dabei erwiesen sich insbesondere Initiativen, Förderprogramme, Wettbewerbe und öffentlich zugängliche Best-Practice-Darstellungen (z.B. von Energieagenturen, Wettbewerben und Initiativen) als informativ.
- 3** Die Vorabinformationen über die Maßnahmen dienten als **Grundlage für die anschließenden leitfadengestützten Interviews**, in denen vertiefend die Hintergründe, Auswirkungen und Bewertungen der Maßnahme erörtert wurden.
- 4** Die Dokumente der Vorabrecherche und die Interviews wurden anschließend **qualitativ-vergleichend ausgewertet**. Durch den Vergleich von ähnlichen, aber doch unterschiedlichen Fällen ist es möglich, sowohl Besonderheiten der Effizienzmaßnahmen und deren Auswirkungen sowie mögliche Zusammenhänge der Maßnahmen zu identifizieren.

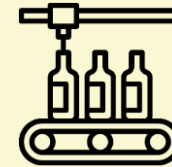
Welche Unternehmensbranchen wurden befragt?



**Produzierendes
Gewerbe –
Zwischenprodukt**
7 Unternehmen



**Chemie- &
Pharmaindustrie**
5 Unternehmen



**Lebensmittel-
industrie**
2 Unternehmen



**Produzierendes
Gewerbe –
Endprodukt**
5 Unternehmen



**Forschung &
Entwicklung**
3 Unternehmen



**Maschinenbau-
& Automobil-
industrie**
2 Unternehmen



**Logistik &
Operations-
Management**
3 Unternehmen



**Papier- &
Druckindustrie**
3 Unternehmen



**Abfall &
Recycling**
1 Unternehmen

Welche Unternehmen wurden befragt?

Unternehmensgrößen

8 Kleinunternehmen

< 50 Mitarbeiter*innen
< 10 Mio. € Jahresumsatz

9 Mittlere Unternehmen

< 250 Mitarbeiter*innen
< 50 Mio. € Jahresumsatz

14 Großunternehmen

> 250 Mitarbeiter*innen
> 50 Mio. € Jahresumsatz

Die Kunden der befragten Unternehmen bilden ebenfalls ein breites Spektrum ab. So beliefern ungefähr zwei Drittel der befragten Unternehmen andere Industriekunden, etwas weniger Unternehmen liefern an Handelsunternehmen. Sieben befragte Unternehmen verkaufen ihre Produkte zusätzlich an private Endkunden.

Positionen der Ansprechpartner*innen in den Unternehmen:

| Position im Unternehmen | Häufigkeit* |
|--|-------------|
| Geschäftsleitung | 13 |
| Nachhaltigkeits-, Umwelt-, Energiemanagement | 9 |
| Technische Leitung | 8 |
| Management am Standort | 7 |
| Strategische Produktentwicklung | 4 |
| Sonstige | 1 |

* Die Anzahl der Ansprechpartner*innen ist größer als die Anzahl der durchgeführten Interviews, da einige Interviews mit mehreren Personen geführt wurden.

Die Effizienzmaßnahmen im Überblick

Die folgenden Folien sollen einen Überblick über die 34 erfassten Effizienzmaßnahmen* geben. Zusätzlich zu einer kurzen **Maßnahmenbeschreibung** gibt die Tabelle Aufschluss über diese Kategorien:

- ❖ **Ansatzpunkt**, d.h. wurde die Maßnahme an einem Produkt, Kernprozess oder unterstützenden Prozess des Unternehmens durchgeführt? Handelt es sich um eine technische und/oder organisatorische Maßnahme?
- ❖ **Effizienzquelle**, d.h. durch welche Veränderungen wurden Effizienzeinsparungen erzielt? Hierbei wurden folgende Unterkategorien verwendet:

| Prozess | Produkt |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Innovative Systemlösungen • Komponententausch • Anlagentausch • Abwärmenutzung und –vermeidung • Effizienzsteigerung der Kälteerzeugung und freie Kühlung • Substitution von Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen • Kreislaufführung von Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen • Automatisierung und Steuerung (inkl. Sensorik) • Reduzierung Verschnitt und Ausschuss • Optimierung organisatorische Planung • Optimierung organisatorische Abläufe | <ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung der Rezyklierfähigkeit • Substitution knapper und umweltschädlicher Einsatzstoffe • Materialeinsparungen durch optimiertes Produktdesign • Verlängerung der Lebensdauer von Produkten und Verbesserung der Reparaturfreundlichkeit • Effizienzprodukt/-dienstleistung: Effizienzsteigerung in der Nutzungsphase [ermöglicht Effizienzgewinne beim Kunden] |

Eigene Aufstellung basierend auf: Erhardt, R., & Pastewski, N. (2010). Relevanz der Ressourceneffizienz für Unternehmen des produzierenden Gewerbes (Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO). S.24/25; Blaeser-Benfer, Andreas (2012): Kurzstudie Materialeffizienz in kleinen und mittleren Unternehmen (RWK Kompetenzzentrum), S.12

* Ein Unternehmen ist mit 4 Maßnahmen vertreten, zu diesen wurden unabhängige Interviews mit unterschiedlichen Ansprechpartner*innen geführt.

Die Effizienzmaßnahmen im Überblick

Ansatzpunkt: Kernprozess (technisch)

| Nr.* | Maßnahme | Effizienzquelle | Wirkungsweise |
|------|---|--|---|
| 1 | Optimierung eines automatisierten Prozesses | Automatisierung und Steuerung | Energieeinsparungen durch Anpassung von Prozessintervallen |
| 3 | Entwicklung eines verbesserten Prozessgeräts | Innovative Systemlösung | Reduktion von Gewicht, Masse und Bauraum eines Geräts |
| 5 | Einführung eines CNC-gesteuerten Cuttingsystems mit integriertem Nestingsimulationsprogramm | Automatisierung und Steuerung, Reduzierung von Verschnitt und Ausschuss | Materialeinsparungen durch automatisierte und präzisere Schnittführung |
| 13 | Ersatz einer Maschine durch eine effizientere Anlage | Innovative Systemlösung, Automatisierung und Steuerung | neues Druckverfahren |
| 14 | Entwicklung einer innovativen Anlage | Innovative Systemlösung | neuartige Anlage mit u.a. kompaktere Bauweise und dadurch reduziertem Antriebs- und Transportbedarf |
| 15 | Optimierung und Automatisierung aller Fertigungsschritte | Automatisierung und Steuerung | vollautomatische, flexible Fertigungslinie |
| 20 | Zentralisierung und Anschaffung besser steuerbarer Kompressoren | Komponentenaustausch Automatisierung und Steuerung Abwärmenutzung und/oder -vermeidung | neue energieeffizientere Anlage mit integriertem Leitsystem und Wärmetauscher |
| 21 | Optimierung der Abwasserbehandlungsanlage | Innovative Systemlösung | Energieeinsparungen durch Reduzierung der Prozessschritte |

*Nummerierung folgt der chronologischen Reihenfolge der Interviews.

Die Effizienzmaßnahmen im Überblick

Ansatzpunkt: Kernprozess (technisch)

| Nr.* | Maßnahme | Effizienzquelle | Wirkungsweise |
|------|---|--|--|
| 22 | Entwicklung und Installation einer innovativen Flaschenwaschmaschine für Bügelverschlüsse | Innovative Systemlösung | Entwicklung einer optimierten Maschine |
| 24 | Nutzung von bisher ungenutztem Dampf zur Stromerzeugung | Abwärmenutzung und/oder -vermeidung | Energieeinsparung durch Abwärmenutzung |
| 25 | Materialförderung durch Förderschnecken, statt Gebläse | Innovative Systemlösung, Komponententausch | Energieeinsparungen und Lärmreduzierung durch optimiertes Verfahren |
| 27 | Installation einer neuen bedarfsgerechten Druckluftanlage | Komponententausch, Automatisierung und Steuerung | Energieeinsparung durch bedarfsgerechte Druckluftanlage |
| 29 | Nutzung von Produktionsabfällen zur Wärmeerzeugung | Abwärmenutzung, Komponententausch | Abwärmenutzung durch Kooperation mit einem Nahwärmenetzbetreiber |
| 30 | Automatisierung des Prozessschritts und Wechsel des eingesetzten Schlickers | Automatisierung und Steuerung, Substitution von Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen | Optimierung des Tauchraums |
| 31 | Realisierung einer innovativen, rondellartigen Lackieranlage | innovative Systemlösung | Entwicklung einer innovativen Rondelllackieranlage |
| 32 | Kreislaufführung des Abwassers | Kreislaufführung von Betriebsstoffen | Behandlung und Kreislaufführung des Abwassers |
| 33 | Kreislaufführung von Brunnenwasser zur Kühlung | Kreislaufführung von Betriebsstoffen | effizientere und ganzheitliche Nutzung der eingesetzten Energie durch Kreislaufführung |

*Nummerierung folgt der chronologischen Reihenfolge der Interviews.

Die Effizienzmaßnahmen im Überblick

Ansatzpunkt: Kernprozess (organisatorisch)

| Nr.* | Maßnahme | Effizienzquelle | Wirkungsweise |
|------|---|---|--|
| 9 | Qualitätssicherung und Empowerment beim Lieferanten | Optimierung organisatorische Abläufe Verringerung Verschnitt/Ausschuss | Verringerung der Ausschussquote in der Beschaffung |
| 11 | Optimierung der Zeiten zwischen Lagerung und Beladung | Optimierung organisatorische Abläufe | Verkürzung energieintensiverer Kühlphasen im Fahrzeug bei der Beladung |

Ansatzpunkt: Kernprozess (technisch und organisatorisch)

| Nr.* | Maßnahme | Effizienzquelle | Wirkungsweise |
|------|--|--|---|
| 2 | Selbst entwickelte Isolationslösung an einer Maschine | Abwärmenutzung und/oder -vermeidung, Optimierung organisatorische Abläufe | Reduktion von ungenutzter Heizenergie, vereinfachte Wartung/Reparatur durch Modularisierung |
| 7 | Optimierung der Abwärmenutzung | Abwärmenutzung und/oder -vermeidung, Optimierung organisatorische Planung | verbesserte Nutzung von Prozesswärme |
| 12 | Computerunterstützte Tourenplanung sowie Anschaffung sparsamer Fahrzeuge und Förderung von verbrauchsarmer Fahrweise | Komponentenaustausch, Automatisierung und Steuerung, Optimierung organisatorische Planung, Optimierung organisatorische Abläufe | Reduktion der gefahrenen Kilometer pro Menge (Planung) sowie des Kraftstoffverbrauchs pro Kilometer (Fahrzeuge und Fahrweise) |
| 23 | Maßnahmenbündel zur Reduzierung des TOC Gehalts im Enteisungswasser und zur Kompensierung von Rückhaltevolumen | Komponententausch, Optimierung organisatorische Abläufe | Reduzierung des TOC Gehalts im Abwasser durch optimierte Maschine und finanzielle Anreize zur Verhaltensänderung |

*Nummerierung folgt der chronologischen Reihenfolge der Interviews.

Die Effizienzmaßnahmen im Überblick

Ansatzpunkt: unterstützender Prozess (technisch)

| Nr.* | Maßnahme | Effizienzquelle | Wirkungsweise |
|------|----------------------------|---|--|
| 18 | Erneuerung der Beleuchtung | Komponentenaustausch | energieeffizientere Beleuchtungselemente |
| 19 | Erneuerung der Beleuchtung | Komponentenaustausch Automatisierung und Steuerung | energieeffizientere Beleuchtungselemente und verbesserte Steuerung |

Ansatzpunkte: unterstützender Prozess (technisch und organisatorisch)

| Nr.* | Maßnahme | Effizienzquelle | Wirkungsweise |
|------|---|---|--|
| 4 | Automatisierung in Kombination mit Nutzersoftware | Automatisierung und Steuerung Optimierung organisatorische Abläufe | Energieeinsparungen durch automatische Steuerung der Beleuchtung und Anstoßen von Verhaltensänderung mit Hilfe von Echtzeitinformationen |

Die Effizienzmaßnahmen im Überblick

Ansatzpunkte: Produkt und Kernprozess (technisch)

| Nr.* | Maßnahme | Effizienzquelle | Wirkungsweise |
|------|---|---|--|
| 34 | Innovative, material- und energieeffiziente Herstellung von Werkzeugen im 3D-Druckverfahren | Innovative Systemlösung, Substitution von Betriebsstoffen, Materialeinsparungen durch optimiertes Produktdesign | Materialeinsparungen und eine Reduzierung des Gewichts der Werkzeuge |
| 6 | Entwicklung eines Verfahrens zur Garnherstellung aus recycelter Baumwolle | Kreislaufführung von Roh-, Betriebs- und Hilfsstoffen, Substitution knapper und umweltschädlicher Einsatzstoffe | Verwendung recycelter Materialien und Reduktion des Primärrohstoffbedarfs |
| 17 | Erneuerung der Klimatechnik in den Produktionshallen für Verbesserung der Produktqualität | Komponentenaustausch, Automatisierung und Steuerung, Verringerung Verschnitt/Ausschuss | energieeffizientere Klimatechnik und Verringerung Reklamation/Rücklauf durch verbesserte Produktqualität |

Ansatzpunkt: Produkt

| Nr.* | Maßnahme | Effizienzquelle | Wirkungsweise |
|------|----------------------------------|--|---|
| 26 | Entwicklung einer Großverpackung | Materialeinsparungen durch optimiertes Produktdesign | Optimierte Verpackung (Reduzierung von Verschnitt und Abfall) |

*Nummerierung folgt der chronologischen Reihenfolge der Interviews.

Die Effizienzmaßnahmen im Überblick

Entwicklungsunternehmen [Effizienzsteigerung beim Kunden]

Ansatzpunkt: Kernprozess (technisch)

| Nr.* | Maßnahme | Effizienzquelle | Wirkungsweise |
|------|--|--|--|
| 10 | Neue Mischeinheit für Gasbrenner mit 3D Druck | Innovative Systemlösung, Komponententausch, Effizienzprodukt/-dienstleistung: Effizienzerhöhung in der Nutzungsphase | Senkung des Energieverbrauchs und der Stickoxid-Emissionen durch Vermeidung von Luftüberschuss |
| 28 | Entwicklung einer Software mit der Produktionsvorgänge anhand von digitalen Zwillingen simuliert werden können | Reduzierung von Verschnitt und Ausschuss, Effizienzprodukt/-dienstleistung: Effizienzerhöhung in der Nutzungsphase [ermöglicht Effizienzgewinne beim Kunden] | Energie- und Materialeinsparungen durch die Nutzung von digitalen Zwillingen |

Ansatzpunkt: Produkt

| Nr.* | Maßnahme | Effizienzquelle | Wirkungsweise |
|------|---|--|--|
| 16 | Entwicklung einer dünneren Zinkbeschichtung für Oberflächen für langlebigere Produkte | Materialeinsparungen durch optimiertes Produktdesign, Verlängerung der Lebensdauer von Produkten, Effizienzprodukt/-dienstleistung: Effizienzerhöhung in der Nutzungsphase [ermöglicht Effizienzgewinne beim Kunden] | Materialeinsparungen durch reduzierte Beschichtungsdicke bei gleichbleibendem Korrosionsschutz |

Zielsetzung der Maßnahmen

Die **Zielsetzung** von Unternehmen, die mit der Maßnahme verfolgt wird, muss **ganzheitlich** betrachtet werden, da ökologische Reduktionsziele in der Regel mit ökonomischen Zielen einhergehen. Die jeweilige Schwerpunktsetzung kann bei verschiedenen Maßnahmen variieren, wie hier beispielhaft an Aussagen aus den Interviews verdeutlicht:

„Es ging nicht explizit darum Energie zu sparen, sondern darum, den Prozess wirtschaftlicher zu machen.“ (M 2)

Ökonomische
Ziele im
Vordergrund

„Letztendlich steht die Energie auch für das Geld, das dahintersteht. Es wäre Augenwischerei, wenn man sagt: Das wird losgelöst von ökonomischen Zahlen betrachtet.“ (M 11)

Ökologische
Ziele im
Vordergrund

„Hauptziel war die Stabilisierung der klimatischen Bedingungen in der Produktionshalle und damit insbesondere der Produktqualität.“ (M 17)

Zielsetzung der Maßnahmen

Die **Ökologischen Reduktionsziele** lassen sich dabei folgende Umweltkategorien zuschreiben:

Energie

CO₂ Emissionen

Material

Abfälle

Betriebsstoffe

- ❖ In vielen Fällen wurden Ziele aus mehreren Umweltkategorien verfolgt.
- ❖ Die Reduktion des Energieverbrauchs, die in der Regel direkt mit der Reduzierung von CO₂-Emissionen einhergehen, war dabei fast immer ein Ziel der Maßnahme.
- ❖ Maßnahmen zur Einsparung von Material, Betriebsstoffen und Abfällen waren seltener vertreten.

Ökonomische Ziele können dabei u.a. die folgenden Aspekte umfassen, die in den Interviews genannt wurden:

- ❖ Direkte Einsparung finanzieller Kosten (inkl. Personal- und Zeitaufwand)
- ❖ Sonstige betriebliche Ziele:
 - ❖ Verbesserung der Produkt- und/oder Prozessqualität (z. B. Verringerung des Ausschuss, Vereinfachung der Wartung, Produktivitätssteigerung)
 - ❖ Flexibilität, Automatisierung oder Standardisierung in Fertigungsprozessen
 - ❖ Sensibilisierung der Mitarbeiter*innen hinsichtlich ihres Energieverbrauchs

Wie kommt es eigentlich zu Effizienzmaßnahmen?

Durch wen wurde die Maßnahme getrieben?

- ❖ Überwiegend durch die eigene Forschung und Entwicklung sowie Innovationsförderung
- ❖ Häufig auch Anstoß und Durchsetzung durch die Geschäftsführung

Beispiel: *Durch die Teilnahme an Vorträgen / das Lesen von Fachzeitschriften hat die Geschäftsführung neue Ideen entwickelt und diese im Unternehmen umgesetzt. Hürden bildeten die anfängliche Skepsis und der Widerstand von Mitarbeitenden gegenüber Veränderungen bei funktionierenden Prozessen.*

- ❖ Teilweise auch Vorschläge durch Mitarbeitende oder Kunden

Beispiel: *Eine Maßnahme wurde immer wieder angeregt, da Mitarbeitende ein Problem feststellten und eine Lösung vorschlugen. Sie fungierten daher als Ideengeber und Treiber.*

Wie wurde das Potenzial entdeckt? Zwei Extrembeispiele...

- ❖ Es wurde systematisch und gezielt nach Effizienzpotentialen für einen (Teil-)Prozess gesucht

Beispiel: *Ein Unternehmen ließ eine Doktorarbeit zu Einsparmöglichkeiten anfertigen.*

- ❖ Das Potenzial wurde zufällig entdeckt

Beispiel: *Bei der Störung und dem Ausfall eines Produktionsprozesses wurde festgestellt, dass die Störung keine Auswirkung auf die Qualität hatte. Der Prozess konnte entsprechend angepasst und schlanker gestaltet werden.*

Investitionen für die Effizienzmaßnahmen

Effizienzmaßnahmen erfordern in der Regel Investitionen. Dies sind finanzielle Beträge und häufig auch immaterielle Güter wie Zeit, Arbeitskraft oder Mut zu Neuem. Nur in seltenen Fällen, beispielsweise bei der Optimierung organisatorischer Abläufe, ist eine Effizienzmaßnahme ohne finanzielle Investition umsetzbar. Die finanziellen Investitionen unterscheiden sich dabei sowohl in Höhe (im Vergleich zu anderen Maßnahmen des Unternehmens) als auch in ihrer Herkunft.

Bei der Einschätzung der **Investitionshöhe** für die betrachteten Effizienzmaßnahmen (im Verhältnis zum Unternehmen und zu anderen Maßnahmen) zeigt sich eine Bandbreite:

| Niedrig | Durchschnittlich | Substantiell |
|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • <i>externe Beratung</i> • <i>Programmierkosten für eine Steuerungssoftware</i> | <ul style="list-style-type: none"> • <i>Modifizierung einer Maschine</i> • <i>Austausch größerer Einzelkomponenten</i> | <ul style="list-style-type: none"> • <i>Neue Anschaffung oder grundlegende Veränderung an einer Maschine/Anlage</i> |

Bei der **Herkunft der Investitionsmittel** zeigt sich, dass viele Effizienzmaßnahmen aus der Kombination eines Unternehmensbudgets (z.B. für den Standort / die Abteilung / von der Geschäftsführung) sowie Fördermitteln finanziert wurden.

Beispiele Förderprogramme:

- *Umweltinnovationsprogramm*
- *Deutsche Bundesstiftung Umwelt*
- *Bundesförderung für Energieeffizienz in der Wirtschaft (BAFA)*
- *EU-Förderung*

Amortisationszeit der Effizienzmaßnahmen

Eng verknüpft mit den finanziellen Investition ist die **Amortisationszeit**. Die Bedeutung, die von den Unternehmen der Amortisationszeit der Maßnahme in der Entscheidungsfindung zugeschrieben wurde, variierte bei den betrachteten Beispielen stark.

„Hat im Vorfeld keine Rolle gespielt. Hauptanliegen war es, nachhaltig erfolgreich zu sein und sich von anderen abzugrenzen.“ (M 6)

„Amortisation wichtig, aber nicht das Entscheidungskriterium.“ (M 13)

Die Amortisationszeit spielt keine Rolle.

Die Amortisationszeit spielt eine entscheidende Rolle.

„War nicht unbedingt das erste Interesse.“ (M 9)

„Der Return on Investment muss sich lohnen.“ (M 31)

Insgesamt äußerten viele interviewte Unternehmen, dass Umweltaspekte und der finanzielle Rahmen zusammenbetrachtet werden müssen. Bei zukunftsorientierten Projekten sind dann auch längere Amortisationszeiten akzeptabel.

Amortisationszeit der Effizienzmaßnahmen

Die **Dauer der Amortisationszeit** bei den betrachteten Maßnahmen variiert stark:

Beispiele:

- *1 Jahr oder weniger: In der Regel bei Maßnahmen mit geringer Investition*
- *3-5 Jahre: bereits substantielle Maßnahmen, z.B. die Anschaffung einer neuen Maschine*
- *Mehr als 10 Jahre: z.B. die Automatisierung weitgehend aller Fertigungsschritte, Entwicklung einer neuen Anlage*

Allgemeine interne Vorgaben für die Amortisationszeit sind sehr unterschiedlich:

Beispiele:

- *Maximal 5 Jahre als interne Regelung*
- *5 Jahre für Umweltschutzmaßnahmen akzeptabel, normalerweise zwischen 1 und 2 Jahren*
- *Gibt nicht die eine Vorgabe, abhängig von Maßnahme als solche*

Es wurden verschiedene Faktoren genannt, die **Effizienzmaßnahmen mit höheren Amortisationszeiten** im allgemeinen ermöglichen können:

Beispiele:

- *Langfristige Denkweise in der Geschäftsführung*
- *Vorhandensein eines Nachhaltigkeitstopfes, um Projekte im laufenden Betrieb zu finanzieren*
- *Ausweisung der Maßnahme als Umweltschutzmaßnahme*

In einigen Fällen wurde eine Amortisationszeit vor Umsetzung der Maßnahmen nicht berechnet, beispielsweise bei organisatorischen Maßnahmen, die mit keinen oder nur minimalen finanziellen Investitionen verbunden waren.

Grundlage: Bestimmung der Einsparpotentiale

Bei der Bestimmung der Effizienz- und Einsparpotentiale wirkt eine **Vielzahl an Akteuren** mit. Zudem **werden verschiedene Methoden** angewandt, die in der Genauigkeit, Fundiertheit und Vollständigkeit von Berechnungen oder Abschätzungen variieren.

Akteure:

- ❖ Im Unternehmen selbst werden die Mitarbeitenden oft einbezogen.
Beispiel: Azubis wurden mit Messgeräten ausgestattet, um Vorabmessungen vorzunehmen.
- ❖ Im Zusammenhang mit Anlagen wird häufig eng mit den Herstellern zusammengearbeitet.
Beispiel: Die neue Maschine wurde gemeinsam mit dem Anlagenhersteller entwickelt.
- ❖ Weiterhin finden Kooperationen mit Externen statt.
Beispiele: Beratungsleistungen und Zusammenarbeit mit Universitäten, z.B. für dynamische Simulation.

Methoden:

- ❖ Experimentell mit systematischen Messungen
Beispiel: Es wurden zwei Versuchs-/Pilotanlagen aufgebaut und mit Messtechnik ausgestattet.
- ❖ Abschätzung/Berechnungen mit punktueller Messung
Beispiel: Der Energieverbrauch pro Zeiteinheit wurde zwei Mal gemessen und anschließend auf das ganze Jahr hochskaliert.
- ❖ Rezeption externer Daten (z. B. Herstellerangaben, Testberichte)

Messen und Monitoring als zentrale Herausforderungen

Arten des Monitoring:

- ❖ Systematisches Monitoring: Wesentliche Leistungsparameter werden überwacht und aufgezeichnet.

Beispiel: *Der Materialverbrauch / Energieverbrauch / Abfall wurden über ein Jahr gemessen, um anschließend Erwartungen und Realität gegenüber zu stellen.*

- ❖ Punktuelle Messung und Abschätzung:

Beispiel: *Es wurde die Isolierung an einer Anlage ausgetauscht. Anschließend wurde der Effekt für 24h gemessen und dann für einen längeren Zeitraum hochgerechnet.*

Herausforderungen für systematisches Monitoring:

- ❖ Wird von den Unternehmen grundsätzlich als wichtig erachtet, erweist sich aber in der Praxis nicht überall als machbar oder sinnvoll im Kosten-Nutzen-Verhältnis.
- ❖ Einspareffekte können z.T. nicht isoliert überprüft werden, da viele Faktoren und Variablen einwirken (z.B. die Auslastung, das Wetter, Dichte der Maschinen und Menschen im Gebäude).
- ❖ Die externe Förderung begünstigt in manchen Fällen durch seine Anforderungen die Nachhaltigkeit eines systematischeres Monitorings.

„Gebäudeenergieverbrauch sinkt, aber was genau auf Maßnahme zurückzuführen ist – weiß man nicht.“ (M 4)

„Einspareffekte dieser Maßnahmen isoliert nachzuprüfen ist nicht möglich, man kann nicht einfach nur auf den Stromzähler schauen, da zu viele sonstige Einflussfaktoren.“ (M 11)

Positive Folgewirkungen von Effizienzmaßnahmen...

Sensibilisierung von Mitarbeitenden und Kunden:

Beispiel: Kunden wurden durch Informationsveranstaltungen auf eine neue, im Unternehmen eingesetzte Technologie aufmerksam gemacht. Dadurch konnte das Unternehmen Direktkunden für sich gewinnen und den Weg über Zwischenhändler einsparen.

„Kunden unserer Kunden wurden sensibilisiert.“ (M 6)

„Verantwortung in den Köpfen der Mitarbeiter ist auch dem Projekt zu verdanken.“ (M 9)

Ausweitung und Übertragbarkeit

- ❖ Innerhalb eines Unternehmensbereichs

Beispiel: Nach der erfolgreichen Optimierung an einem Produktionsmittel durch Veränderung des Prozessintervalls wurden nahezu alle Produktionsmittel umgerüstet.

- ❖ In andere Unternehmensbereiche

Beispiel: Die Maßnahme wurde auf vergleichbare Produktionsmittel mit ähnlichen Prozessparametern ausgeweitet, da ein bestimmter Prozessschritt in den verschiedenen Prozessen im Unternehmen fast immer gleich war.

- ❖ Auf andere Unternehmen oder Partner (z.B. Ausweitung der Maßnahme auf weitere Unternehmen innerhalb eines Konzerns)

Beispiel: Ein Unternehmen fungierte als Benchmark in Bezug auf den Stand der Technik. Andere Unternehmen zogen nach.

Ökologische Zielerreichung

Abgleich zwischen erwarteten und tatsächlichen Einsparungen: Die Vorher-/Nachher-Messung und der Soll/Ist- Abgleich erlauben grundsätzlich die Identifizierung von Wirkungsdefiziten:

Wurden die **ökologischen Einsparziele...**

- ❖ Erreicht oder übertroffen?
- ❖ Teilweise bzw. knapp verfehlt oder sind überhaupt nicht eingetreten?
 - **Wirkungsdefizite, denen Rebound-Effekte zu Grunde liegen können!**

Limitation: Da die Methoden zur Berechnung des Einsparpotentials und zum Monitoring der Verbräuche in den betrachteten Praxisbeispielen häufig nur eine grobe Quantifizierung ermöglichen (vgl. F. 22), ist in dem meisten Fällen keine quantifizierbare Aussage zur Zielerreichung möglich. In den meisten der betrachteten Fälle fehlen...

- ❖ mindestens quantitative Angaben zu den Einsparzielen
- ❖ Angaben zu spezifischen und absoluten Verbräuchen und Einsparungen

Nichtsdestotrotz lassen sich bei den meisten der betrachteten Effizienzmaßnahmen aus den vorliegenden Daten qualitative Aussagen zur ökologischen Zielerreichung ableiten.

Wirkungsdefizite von Effizienzmaßnahmen

Rebound-ähnliche Effekte:

- ❖ **Planungs-/Prognosefehler** und **Umsetzungsprobleme**: Bei der Planung und Durchführung von Effizienzmaßnahmen treten Fehler und Probleme auf (z. B. Störungen bei Überführung der Produktion in Regelbetrieb, Minderauslastungen, Rahmenbedingungen und Abläufe waren im Detail nicht bekannt)
- ❖ **Burdenshifting**: Mit der Durchführung der Effizienzmaßnahme gehen Auswirkungen in anderen Umweltmedien oder Mehrverbräuche in anderen Lebenszyklusphasen eines Produktes einher (d.h. in der vor- oder nachgelagerten Wertschöpfungskette)
- ❖ **Unabhängige gegenläufige Begleiteffekte**: Gestiegene Anforderungen von Außen (z.B. Sicherheit, neue technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft) führen dazu, dass in einem Prozess mehr Ressourcen eingesetzt werden müssen, um diese zu erfüllen.

Rebound-Effekte als spezifische Wirkungsdefizite:

Eine erfolgreich umgesetzte Effizienzmaßnahme führt im Zuge ihrer Durchführung oder auch im Nachgang zu Verhaltensveränderungen und/oder anderweitigen Anpassungen, die neue Ressourcenverbräuche auslösen.

- Bei den befragten Unternehmen wurden die mit der Durchführung der Effizienzmaßnahme einhergehenden Vorteile für die Verfolgung **weiterer betrieblicher Ziele** genutzt. Dies führt zu Anpassungen, wodurch die theoretisch möglichen ökologischen Einsparungen der Maßnahme nicht vollständig erreicht werden.

Mehrproduktion und Wachstum: Der Output-Effekt (I)

Output-Effekt: Die Effizienzsteigerung ermöglicht es, aus der gleichen Menge an Ressourcen mehr Produkte/Leistungen herzustellen. Wenn die Produktion entsprechend ausgeweitet wird, bleiben die Einsparungen zwar pro Stück bestehen, aber durch die Erhöhung der Stückzahlen sinken die absoluten Verbräuche nicht in dem Umfang, in dem es theoretisch möglich wäre.

Beispiele:

- *Maßnahme hat Wachstum ermöglicht. Ohne die Effizienzsteigerung wäre das nicht möglich gewesen. (M 9)*
- *Reduktion der Zykluszeit erlaubt eine Verdopplung des Produktionsvolumens. (M 34)*
- *Neues Produkt eröffnet Zusatzmarkt, so konnten neue Kunden gewonnen werden. (M 6)*
- *Neue Anlage mit höherer Produktivität, daher konnte die Kapazität der Anlage auf 30 Mio. Stück pro Jahr gesteigert werden. (M 14)*

Output-Effekt (2): Schwierige Bewertung

Produktionskapazität ist nicht direkt **Produktionsvolumen**: Tatsächliche Produktions- und Absatzzahlen sind abhängig von vielen Faktoren, beispielsweise der Nachfrage oder der Unternehmensstrategie.

Beispiele:

- *Produktionskapazitäten deutlich erhöht. Allerdings: Faktische Produktionsausweitung nicht so stark, wie im Zuge der Maßnahme geplant. (M 15)*
- *Mit der vollständigen Automatisierung verdoppelt sich die Produktionskapazität. Aber: Tatsächliche Produktionszahlen auf Grund von fehlender Nachfrage sogar gesunken. (M 30)*

Auswirkungen auf den Markt sind schwierig abzuschätzen. Häufige Selbsteinschätzung der Unternehmen: Ihre Produkte verdrängen umweltschädlichere Produkte der Konkurrenz und der Gesamtmarkt wächst dadurch nicht.

Beispiele:

- *Es werden nur Produkte von weniger umweltschädlichen Anbietern, die mehr Ausschuss und Abfall haben, ersetzt. Der Markt wird nicht größer, wenn sie als Unternehmen mehr produzieren (M 5).*
- *Ersetzen mit ihrem Produkt Produkte von anderen Anbietern, die sonst konventionell hergestellt werden (M 6).*

Zusätzliche Nutzen: Der Re-Utilisations-Effekt (1)

Re-Utilisation-Effekt: Die Effizienzsteigerung ermöglicht potenziell niedrigere Ressourcenverbräuche in der Nutzung von Technologien, Prozessen und betrieblichen Funktionen. Diese theoretischen Einsparmöglichkeiten werden jedoch nicht oder nur anteilig umgesetzt, da die Effizienzsteigerung zur Erhöhung der Leistung der Technologien, Prozesse und betrieblichen Funktionen verwendet wird.

Beispiele für Leistungssteigerung in **Kernbereichen des Unternehmens:** Bei der Nutzung einer Technologie wird die volle Realisierung möglicher Einsparungen weniger gewichtet als die Erreichung anderer betrieblicher Ziele.

- Prozessqualität

Beispiel: *Erhöhtes Beleuchtungsniveau im Zuge der Umstellung der Beleuchtungstechnik: Interne Qualitätssicherung verbessert durch einfachere Produktionsbewertung. (M 18)*

- Produktqualität

Beispiel: *Höhere Effizienz der Klimatechnik wurde zur Stabilisierung der klimatischen Bedingungen und damit der Produktqualität verwendet und nicht zum Einsparen von Energie. (M 17)*

- Sicherheit

Beispiel: *Auch bei Effizienzsteigerungen von Fahrzeugen wird ein erhöhter Kraftstoffverbrauch in Kauf genommen, um Sicherheitsansprüche besser zu gewährleisten. „Sicherheit hat Vorrang“ (M 12)*

Re-Utilisations-Effekt (2)

Beispiele für Leistungssteigerung in **Unterstützungsbereichen des Unternehmens**: Bei der Nutzung einer Technologie wird die volle Realisierung möglicher Einsparungen weniger gewichtet als die Schaffung von mehr oder zusätzlichem **Komfort** (auf individueller oder betrieblicher Ebene).

Beispiele:

- *Es passiert auch, dass Mitarbeitende denken, das Fahrzeug ist so effizient, dann muss ich nichts machen. (M 12)*
- *Denkbar, dass Leute das Licht brennen lassen, wenn Sie wissen, dass die Beleuchtung jetzt effizienter ist. (M 4)*
- *Durch die Verfügbarkeit, dass man keine fossilen Energieträger mehr verbrennt, gibt es neue Begehrlichkeiten, z. B. das einzelne Bereiche mehr beheizt werden sollen. (M 7)*

Rebound-Effekte und Intention

Sowohl die Mehrproduktion (Output-Effekt) als auch die Erreichung zusätzlicher Nutzen (Re-Utilisations-Effekt) werden von den Unternehmen **in der Regel intendiert** und auch schon in die Zielsetzung der Maßnahme eingeschrieben (vgl. F.14).

Beispiele:

- *Perspektivisch sollen mit der neuen Technologie neue Aufträge akquiriert und gegebenenfalls auch neue Märkte erschlossen werden. Ziel ist es zu wachsen. (M 34)*
- *Maßgebend war die Stabilisierung der klimatischen Bedingungen in der Produktionshalle, um eine konstantere und bessere Produktqualität zu erreichen. (M 17)*

Die Verfolgung dieser Ziele ist also häufig schon ein Grund für die Umsetzung der Maßnahme:

- ❖ In diesen Fällen wird die Maßnahme aus **Unternehmensperspektive** häufig als positiv bewertet, auch wenn nicht das komplette ökologische Einsparpotential erreicht wurde.
- ❖ Aus **ökologischer Sicht** bleibt das Wirkungsdefizit allerdings bestehen: Die absoluten Umwelteinsparungen werden nicht in ihrem vollen Ausmaß erreicht.

Schlussfolgerungen (1)

- ❖ Der überwiegende Teil der betrachteten Maßnahmenbeispiele fokussiert auf **technische Effizienzsteigerungen** des unternehmerischen Kernprozesses, insbesondere durch eine Automatisierung und Steuerung sowie innovative Systemlösungen. Seltener sind **organisatorische Prozessoptimierungen** (Planung und Abläufe) und Effizienzmaßnahmen, die beim **Produkt** ansetzen (z. B. Substitution knapper und umweltschädlicher Einsatzstoffe sowie Materialeinsparungen durch optimiertes Produktdesign). Gemeinsam ist allen Maßnahmen, dass ökologische Reduktionsziele mit **ökonomischen und sonstigen betrieblichen Zielen** einhergehen – wobei die Schwerpunktsetzung sehr unterschiedlich ist.
- ❖ Die Bedeutung der **Amortisationszeit** für die Maßnahmenumsetzung variiert bei den betrachteten Beispielen stark. Insgesamt äußerten viele befragte Unternehmen, dass Umweltaspekte und der finanzielle Rahmen zusammen betrachtet werden müssten. Bei zukunftsorientierten Projekten seien dann auch längere Amortisationszeiten akzeptabel. Größere Investitionen könnten zum Teil allerdings nur über zusätzliche Förderprogramme finanziert werden.
- ❖ Zum Teil werden die erzielten Umwelteinsparungen **systematisch gemonitort**. Dies ist allerdings nicht überall machbar sinnvoll im Kosten-Nutzen-Verhältnis, da beispielsweise viele Faktoren zusammenwirken und einzelne Variablen nicht isoliert betrachtet werden können.
- ❖ Oftmals haben die Maßnahmen über die beabsichtigten Einsparungen hinaus **weitere positive Effekte**, wie die Sensibilisierung von Mitarbeitenden und Kunden für Energie- und Ressourceneffizienz. Einige betrachteten Beispiele waren so erfolgreich, dass sie auf andere Bereiche innerhalb oder sogar außerhalb des Unternehmens übertragen wurden.

Schlussfolgerungen (2)

- ❖ **Rebound-Effekte** als spezifische (ökologische) Wirkungsdefizite – In einigen Fällen ermöglichten die mit der Durchführung der Effizienzmaßnahme einhergehenden Vorteile die **Verfolgung weiterer Ziele**:
 - Mehrproduktion und Wachstum (Output-Effekt)
 - Erreichung zusätzlicher Nutzen (Re-Utilisations-Effekt)
 - In Kernbereichen des Unternehmens (z. B. Prozessqualität)
 - In Unterstützungsbereichen des Unternehmens (z. B. Komfort für Mitarbeitende)Dadurch werden die theoretisch möglichen ökologischen Einsparungen der Maßnahme nicht vollumfänglich erreicht.
- ❖ Die Verfolgung dieser **Ziele** ist dabei häufig schon ein **Grund für die Umsetzung der Maßnahme** und damit direkt in die Maßnahme eingeschrieben. In diesen Fällen wird die Maßnahme aus unternehmerischer Sicht häufig als positiv bewertet, auch wenn nicht das vollständige ökologische Einsparpotential erreicht wurde.
- ❖ Unternehmen müssen sich dieser **Zielkonflikte** zwischen Umweltschutz und anderen betrieblichen Zielen bewusst machen: Diese können zwar trotzdem noch zu Gunsten von anderen betrieblichen Zielen aufgelöst werden, aber die ökologischen Kosten in Form von nicht erreichten, aber theoretisch möglichen, ökologischen Einsparungen werden deutlich.
- ❖ Werden Rebound-Effekte in Kauf genommen, sollten Maßnahmen entwickelt und geprüft werden, wie diese nicht erreichten Einsparungen durch **nachträgliche Anpassungen** oder **weitere Effizienzmaßnahmen** noch realisiert werden können.