
Roadmap Energieeffizienz 2050

Diskussionseinstieg für die 2. Arbeitsgruppensitzung

Technologie- und Marktoptionen

für eine dekarbonisierte Industrie I –

Querschnittsoptionen für alle Unternehmen

Simon Hirzel, Barbara Schlomann, Clemens Rohde - Fraunhofer ISI, September 2020

1 Technologie- und Marktoptionen für Querschnittstechnologien

Das vorliegende Arbeitspapier soll im Rahmen der „Roadmap Energieeffizienz 2050“ als **Diskussionseinstieg in die 2. Arbeitsgruppensitzung zum Thema Querschnittstechnologien¹** dienen. Ziel des Arbeitspapiers ist es, aufbauend auf einem Problemaufriss mögliche technologische und marktseitige Handlungsoptionen zur Diskussion zu stellen. Mit diesem Fokus sollen politische Optionen nicht vorweggenommen werden, sondern ein Baustein zur späteren Ausarbeitung politischer Instrumente und Maßnahmen über die Effizienzstrategie 2050 durch Öffnung der Diskussion im Themenbereich „Querschnittstechnologien“ erreicht werden. Diese Diskussion wird dann ab der 4. AG-Sitzung im Zentrum stehen. Vorbereitend werden am Schluss dieses Papiers jedoch schon einige grundsätzliche Lösungsoptionen eingeführt, die ab der 4. Sitzung vertieft betrachtet werden.

Die generelle **Bedeutung von „Querschnittstechnologien“** für die Energienachfrage in der Industrie lässt sich anhand einer Aufschlüsselung der Endenergienachfrage veranschaulichen: Abbildung 1 zeigt diese differenziert nach Strom und Wärme. Im Strombereich umfassen Querschnittstechnologien insbesondere elektromotorische Anwendungen, die in Summe über die verschiedenen Anwendungen (Antriebe, Druckluftbereitstellung, Pumpensystem, Kälte) mehr als zwei Drittel der industriellen Stromnachfrage verursachen. Daneben sind Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) sowie Beleuchtungssysteme generell auch den Querschnittstechnologien zuzurechnen. Aus der dominierenden Bedeutung des Strombedarfs bei den Querschnittstechnologien und der absehbar steigenden Stromnachfrage folgt, dass einer Steigerung der Stromeffizienz in diesem Bereich eine zentrale Rolle zukommt. Betrachtet man die im Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) festgeschriebenen Sektorziele, so ist aufgrund deren statistischer Abgrenzung jedoch festzustellen, dass Stromeinsparungen nicht dem Emissionsminderungsziel der Industrie, sondern dem Sektor Energiewirtschaft zugeschrieben werden. Hier ist zu prüfen inwieweit dadurch genügend Anreize für eine Erhöhung der Stromeffizienz im Bereich der nachfrageseitigen Querschnittstechnologien geschaffen werden können.

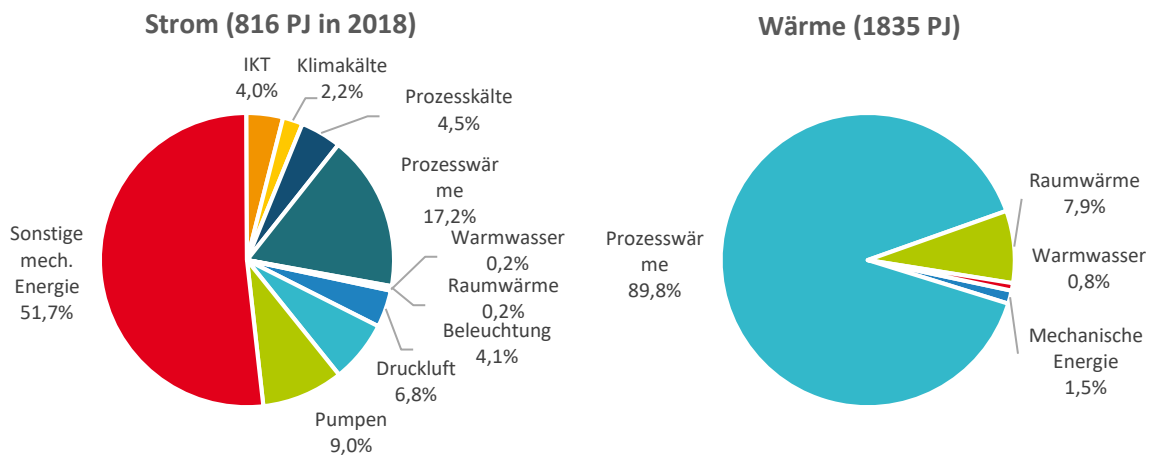
Auf der Wärmeseite kommen Heizsysteme für Raumwärme und Warmwasser hinzu. Der energetisch dominierende Block der Prozesswärmebereitstellung im Bereich der Wärmenachfrage ist demgegenüber typischerweise den branchenspezifischen Prozesstechnologien (z.B. Stahl-, Glas-,

¹ Unter Querschnittstechnologien werden sämtliche Techniken subsumiert, die über die Grenzen verschiedener Branchen und Verfahren allgemein in allen Bereichen der Industrie eingesetzt werden.

Zementherstellung) zuzurechnen, wobei allerdings auch hier in Teilen Wärmebereitstellungstechnologien (z.B. Dampferzeuger) branchenübergreifend eingesetzt werden. In Summe sind entsprechend zahlreiche Anwendungen und ein substantieller Anteil der industriellen Endenergienachfrage auf Querschnittstechnologien zurückzuführen.²

Abbildung 1

Endenergienachfrage im Bereich Industrie aufgeschlüsselt nach Anwendungen



Quelle: Rohde (2019).

Aus **technologischer Perspektive** gibt es eine langjährige Erfahrung mit dem Einsatz dieser Technologien. Durch eine zunehmende Fokussierung auf klimabezogene Aspekte wurden in den vergangenen Jahrzehnten im Bereich der Energieeffizienz **bereits erhebliche Verbesserungen auf Komponenten- und Produktebene** bei den Querschnittstechnologien erzielt.³ Mit Blick auf die längerfristige Entwicklung erscheinen daher die weiterhin erschließbaren Energieeffizienzpotentiale auf dieser Ebene der Komponenten und Produkte begrenzt, auch da **keine grundlegenden Technologiesprünge** in naher Zukunft abzusehen sind. Demgegenüber ist von deutlichen Verbesserungspotentialen in der **Optimierung gesamter Systeme** (vgl. z. B. Abschnitt 1.5.1 in EC 2009) **und der konsequenten Orientierung an Energiedienstleistungen** auszugehen. Die zunehmende Weiterentwicklung der Informationstechnologien und die **Durchdringung der Querschnittstechnologien mit IT-Komponenten** zur Steuerung, Überwachung und Datenerfassung liefert hierfür einen wichtigen Baustein.

Aus **marktseitiger Perspektive** ist die Energieeffizienz ein „laterales“ Entscheidungskriterium, dass je nach Situation bei Entscheidungen in Unternehmen zwar eine Rolle spielt, aber in der Regel erst **nachrangig zu strategischen Entscheidungsaspekten** (z.B. Stärkung der Kernkompetenzen, Verbesserung der Produktqualität, Ausbau der Wettbewerbsfähigkeit, Sicherung der kurzfristigen Perspektive) herangezogen wird. Herausforderungen in diesem Zusammenhang sind unter

² Je nach Abgrenzung können den Querschnittstechnologien begrifflich auch Energieerzeugungstechnologien wie die Kraft-Wärme-Kopplung oder Photovoltaik im Industriesektor zugerechnet werden. Aufgrund der Fokussierung der Arbeitsgruppe auf die Energieeffizienz werden angebotsseitige Technologien hier jedoch nicht berücksichtigt.

³ Flankiert wurde und wird diese Entwicklung direkt und indirekt durch die energie- und klimapolitischen Zielsetzungen sowie zahlreiche politische Instrumente in Form von regulatorischer Anforderungen (z.B. Ökodesign-Mindestanforderungen), informativ-scher Interventionen (z.B. Energieverbrauchskennzeichnung, Energieauditpflicht), marktwirtschaftlicher Instrumente (z.B. europäischer und nationaler Emissionshandel) sowie finanzieller Anreizsysteme (z.B. Förderung hocheffizienter Querschnittstechnologien, Abwärmenutzung).

anderem auch Anforderungen in Form von **kurzen Amortisationsdauern, mangelndes Wissen** - gerade in kleineren Unternehmen - oder **die Finanzierung** höherer Investitionen für die häufig in der Anschaffung teureren energieeffizienten Lösungen.

Im Folgenden werden in knapper Form zu Beginn des Projektprozesses aufgeworfene Fragestellungen in drei Handlungsfeldern aufgegriffen:

- Wie lässt sich das Prinzip „Efficiency First“ in der Industrie umsetzen?
- Wie können Unternehmenspolitiken in Richtung der CO₂-Neutralität unterstützt werden?
- Wie können Märkte auf Angebots- und Nachfrageseite beeinflusst werden?

Zu jedem dieser Handlungsfelder werden Hypothesen zu spezifischen Herausforderungen in diesem Feld genannt und im Anschluss erste Handlungsoptionen als Einstieg in die Diskussion genannt, wobei diese Handlungsoptionen sich je nach Inhalt sowohl an politische als auch wirtschaftliche Gestalter richten können.

1.1 Handlungsfeld #1: Umsetzung des „Efficiency First“-Prinzips

Zielsetzung:

Gemäß dem „Efficiency First“-Prinzip soll erstens der Energiebedarf auf Dauer und deutlich gesenkt werden, zweitens möglichst eine direkte Nutzung erneuerbarer Energien in allen Sektoren stattfinden und erneuerbarer Strom im Rahmen der Sektorkopplung möglichst effizient eingesetzt werden (BMWi 2019).

Herausforderungen im Handlungsfeld:

- **Geringe Energiedienstleistungsorientierung:** Energieeffizienz wird heute noch zu stark in Form von technologischen Lösungen gedacht und zu wenig vom eigentlichen Zweck der Energiedienstleistung her.
- **Frühe Weichenstellungen:** Nicht nur Prozess- sondern auch Querschnittstechnologien haben zum Teil erhebliche Lebensdauern; frühzeitige Weichenstellungen sind daher mit Blick auf das Jahr 2050 geboten.
- **Zusammenspiel von Effizienz und Erneuerbaren:** Energieeffizienz und Erneuerbare Energien müssen Hand-in-Hand gehen, um die steigende Stromnachfrage durch die „Elektrifizierung“ der Prozessindustrie zu bewältigen.
- **Flexibilität wahren:** Das „Efficiency First“-Prinzip sollte im Gesamtkontext der Energiewende verstanden werden und nicht im Zielkonflikt mit der künftig geforderten Flexibilisierung der Energienachfrage stehen (d.h. kein „efficiency only“, z.B. als starrer Fokus auf einen energieoptimalen festen Betriebspunkt bei Flexibilitätsbedarf).

Erste Handlungsoptionen zur Überwindung der Herausforderungen ...

- **Verstetigte Auseinandersetzung** mit dem Thema Energieeffizienz sicherstellen (Energiemanagement - nicht notwendigerweise ein System nach ISO 50001 - in allen Unternehmensprozessen verankern)
- **Silodenken verringern** (z. B. Versorgungstechnik gegenüber Produktions- und Anlagentechnik), auch bereits in der Ausbildung
- ...

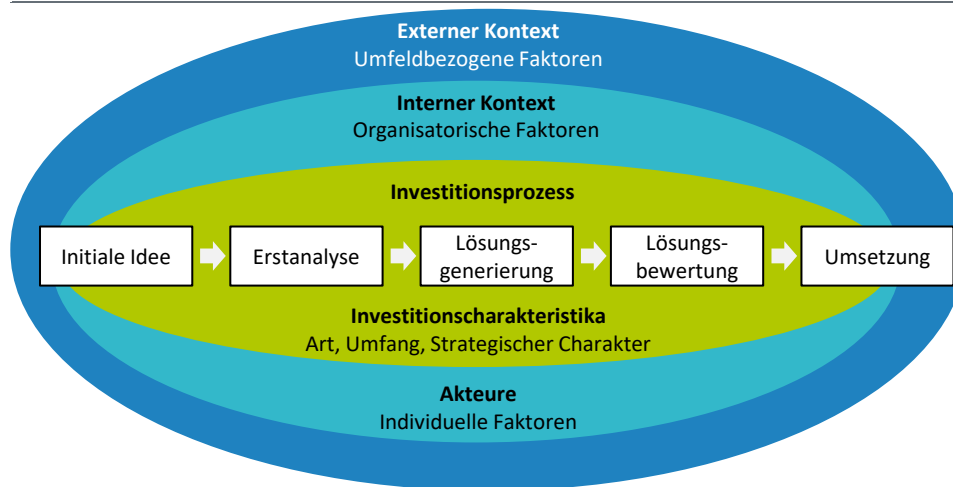
1.2 Handlungsfeld #2: Unterstützung von Unternehmenspolitiken in Richtung CO₂-Neutralität

Zielsetzung:

Durch eine zielgerichtete Gestaltung des unternehmensexternen Kontexts soll es Unternehmen erleichtert werden, die eigene Unternehmenspolitik so in Richtung der Kohlendioxid-Neutralität auszurichten, dass auch interne Strukturen die Umsetzung der Ziele effektiv unterstützen (Abbildung 2).

Abbildung 2

Umfeld und interne Faktoren im Investitionsprozess zur Energieeffizienz



Quelle: Adaptiert von Cooremans (2012).

Herausforderungen im Handlungsfeld:

- **Klarer Rahmen:** CO₂-neutrale Unternehmenspolitiken lassen sich für Unternehmen am einfachsten adaptieren, wenn die künftigen externen Rahmenbedingungen und Erwartungen klar und verlässlich prognostizierbar sind.
- **Strategischer Bezug:** Die CO₂-Neutralität als Teilziel einer Unternehmenspolitik ist naheliegend, wenn sich dieses Ziel mit anderen unternehmerischen Teilzielen (z.B. Produktivität, Wettbewerbsfähigkeit, Marktpositionierung) unmittelbar vereinbaren lässt (vgl. auch Cooremans 2012).
- **Durchgängige Umsetzung:** Eine CO₂-neutrale Unternehmenspolitik wird dann am erfolgreichsten sein, wenn Sie durch alle Ebenen eines Unternehmens getragen wird, d. h. Technologien, Instrumente und Knowhow breit verankert sind.

Erste Handlungsoptionen zur Überwindung der Herausforderungen ...

- **Kernakteure in Supply Chains** sind zum Verankern und Vorantreiben des Themas zu gewinnen, um den effizienten Einsatz von Querschnittstechnologien entlang der Gesamtketten sicherzustellen.

- **Transparenz des Kohlenstofffußabdrucks** von Gütern, Produkten und Technologien sind voranzutreiben, um Informationen und Entscheidungsgrundlagen zum eigenen Kohlenstofffußabdruck zu verbessern.
- **Zertifizierung der Klimaneutralität** in staatlich anerkannter Form ermöglichen
- ...

1.3 Handlungsfeld #3: Beeinflussung der Angebots- und Nachfrageseite

Prämisse:

Die Angebots- und Nachfrageseite auf dem Markt für energieeffiziente Technologien können derart beeinflusst werden, dass die Nutzung besonders effizienter Querschnittstechnologien deutlich ausgeweitet werden kann.

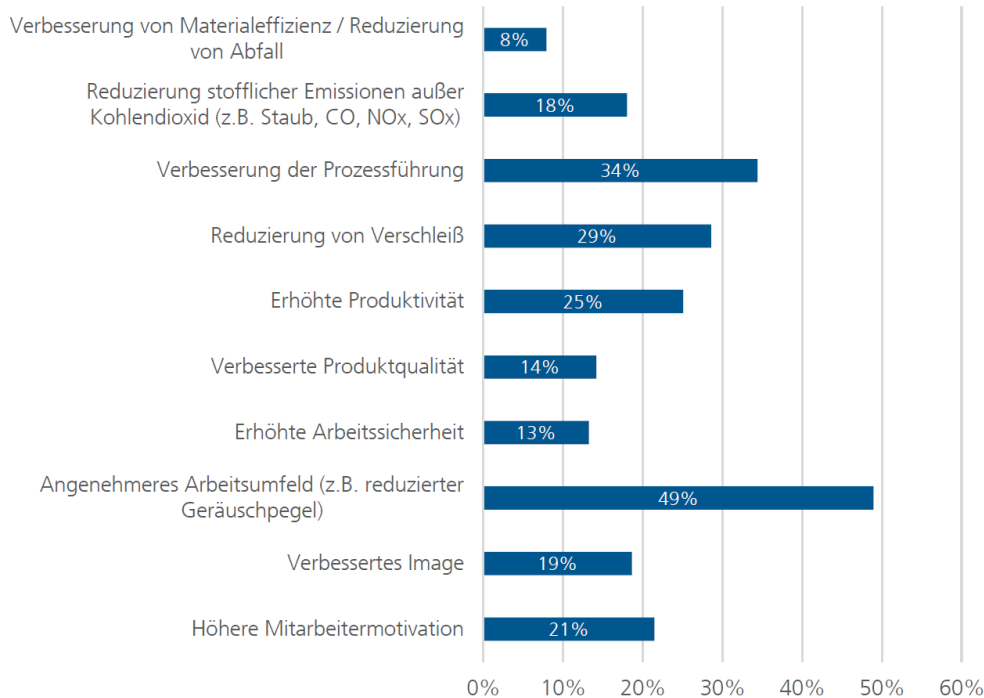
Herausforderungen im Handlungsfeld:

- **Nicht-energetische Vorteile:** Deutliche nicht-energetische Vorteile ergeben sich beim Einsatz hocheffizienter Technologien auf der Seite der Technologienutzer (vgl. z. B. Worrell et al. 2003; IEA 2014; spezifisch für Querschnittstechnologien in Deutschland auch **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Diese Vorteile (z.B. bessere Qualität der Arbeitsbedingungen, Belüftung, Beleuchtung) werden in Unternehmen aktuell jedoch noch nicht umfassend wahrgenommen.
- **Technologieorientierung:** Technologischen Lösungen (z. B. der Bezug von LED-Lampen, Druckluftkompressoren) wird gegenüber energiedienstleistungsbezogenen Angeboten (z. B. Bereitstellung von Beleuchtungsstärken, Druckluftmengen) ein starker Vorzug gegeben.
- **Anreizsetzung:** Durch unterschiedliche Zuständigkeiten oder Zurechnungen für Beschaffung (Ziel: niedrige Investitionen) und Betrieb (Ziel: niedrige Folgekosten einschließlich Energie) zwischen (z. B. Vermietung) und innerhalb von Unternehmen (z. B. Kostenstellenorientierung) werden tendenziell ineffiziente Lösungen bevorzugt.
- **Bewertungsmaßstäbe:** Bei Entscheidungen über Investitionen in Querschnittstechnologien wird häufig zu stark die kurzfristige Rentabilität betrachtet und nicht die insgesamt anfallenden Lebenszykluskosten.

Abbildung 3

Wahrnehmung nicht-energetischer Vorteile von Energieeffizienzmaßnahmen neben Verbesserungen der Energieeffizienz und der Minderung von Kohlendioxidemissionen aus Sicht von Fördermittelnehmern im Programm „Hocheffiziente Querschnittstechnologien“

Antwort auf die Frage: Konnten Sie durch die Maßnahmen(n) - abgesehen von etwaigen Verbesserungen bei Energieeffizienz und Kohlendioxidemissionen -weitere Verbesserungen in folgenden Bereichen feststellen? (n=1277)



Quelle: Übernommen aus Hirzel et al. (2019).

Erste Handlungsoptionen zur Überwindung der Herausforderungen ...

- **Bewusstsein zu nicht-energetischen Vorteilen** in den Unternehmen und auch zu deren Mehrwert neben der Energieeinsparung stärken und an konkreten Beispielen demonstrieren.
- **Wandel vom Produkt- zum Dienstleistungsfokus** stärken, indem Haltungen in den Unternehmen gezielt hinterfragt werden (=Energiedienstleistungsmanagement als Teil des Energiemanagements?).
- ...

2 Ausblick auf politische Handlungsoptionen

Welche politischen Handlungsoptionen lassen sich aus dieser Analyse ableiten? Wie kann die Politik die Überwindung der Herausforderungen mit konkreten Maßnahmen unterstützen? Diese Fragen werden im Mittelpunkt der drei letzten AG-Sitzungen stehen. Dennoch soll an dieser Stelle ein erster Ausblick auf die politischen Handlungsoptionen gegeben werden.

Die „Grundsatzstudie Energieeffizienz“ (BfEE 2018) spannt mehrere „Instrumentenwelten“ auf, in deren Rahmen die Ausschöpfung von Energieeffizienzpotentialen politisch unterstützt werden kann. Diese wurden teilweise bereits mit dem Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung, das auch Teil des NAPE 2.0 der EffSTRA 2050 ist, umgesetzt. In allen „Welten“ lassen sich jedoch noch weitere politische Handlungsoptionen identifizieren:

Staatliche Förderung und marktanreizende Instrumente

Mit dem neu strukturierten Investitionsförderprogramm „Bundesförderung für Energieeffizienz in der Wirtschaft“ wurde diese Instrumentenkategorie bereits seit 2019 gestärkt. Mit der Ergänzung der Zuschuss- und Kreditförderung durch einen Förderwettbewerb beinhaltet die staatliche Förderung auch eine marktanreizende Komponente. Ein weiterer Ausbau des Förderinstrumentariums ist grundsätzlich möglich, allerdings hat diese Instrumentenkategorie bereits seit dem ursprünglichen NAPE von 2014 bereits eine starke Rolle im Instrumentenmix für die Industrie, die mit dem NAPE 2.0 nochmals verstärkt wurde.

Ordnungsrecht

Die Ökodesign-Richtlinie (2009/125/EC) setzt Mindeststandards für inzwischen über 30 Produktgruppen fest, darunter auch einige industrielle Querschnittstechnologien. Im Klimaschutzprogramm 2030 wird auch eine regulatorische Maßnahme zur Ausweitung der Mindeststandards unter der EU Ökodesign-Richtlinie adressiert (Maßnahme 3.4.4.6)⁴ und auch in der EffSTRA aufgegriffen. Die Umsetzung einer solchen Verstärkung der ordnungsrechtlichen Komponente im Instrumentenmix liegt zwar auf EU-Ebene. Deutschland kann sich jedoch, wie in der EffSTRA angekündigt, in der EU für ambitionierte Standards bei Energielabel und Ökodesign einsetzen. Eine aktuelle Studie im Auftrag des BMWi (Öko-Institut und ifeu 2018) beziffert das Gesamtpotenzial für nationale Einsparwirkungen von Ökodesign- und Energiekennzeichnungsverordnungen für die in der Studie betrachteten Produktgruppen (Heizkessel, Warmwasserbereiter, Beleuchtung, Elektromotoren, Haushaltskühl- und -gefriergeräte sowie Lüftungsanlagen) in Deutschland im Jahr 2030 auf gut 200 TWh Primärenergieeinsparung (ECO versus BAU Szenario). Rund die Hälfte des Potenzials entfällt dabei auf die Elektromotoren.

Preisreize und Mengensteuerung

Der bisherige Rahmen für die Preis- und Mengensteuerung wurde mit der Energie- und Stromsteuer sowie dem europäischen Emissionshandelssystem (EU-ETS) gesetzt. Mit dem neuen Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEGH) wurde dieser marktorientierte Ansatz weiter gestärkt. Industrielle Querschnittstechnologien sind davon jedoch nur bedingt tangiert, da die Bepreisung nur den Wärmebereich betrifft und die dem EU-ETS unterliegenden Anlagen ausgenommen sind. Eine mögliche Weiterentwicklung des mengensteuernden Instrumentariums der Energieeffizienzpolitik könnte in der Einführung eines „Weiße-Zertifikate-Systems“ liegen, wie es Artikel 7 der EU-Energieeffizienzrichtlinie (EED; RL (EU) 2018/2020) als eine Möglichkeit zur Umsetzung der Einsparverpflichtung vorsieht. Für die derzeitige Verpflichtungsperiode 2014-2020 haben 18 Mitgliedstaaten Endenergieeinsparungen aus einem solchen System gemeldet, darunter einige wie Italien mit einem Schwerpunkt auf Strom- und Brennstoffeinsparungen im Bereich industrieller Querschnittstechnologien. Für die kommende Verpflichtungsperiode 2021-2030 zeigt sich nach Auswertung der finalen Nationalen Energie- und Klimapläne der Mitgliedstaaten ein ähnliches Bild.⁵

⁴ Genannt werden hier für die Industrie relevante Querschnittstechnologien wie Transformatoren, elektrische Schweißgeräte, Umwälzpumpen, Kompressoren, Elektromotoren, Heizungspumpen und Ventilatoren.

⁵ Während nur Dänemark sein Verpflichtungssystem durch ein Ausschreibungsverfahren ersetzt hat, ist mit Tschechien ein weiteres System dazu gekommen. https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/targets-directive-and-rules/national-energy-efficiency-action-plans_en

3 Literatur

BMWi (Hrsg.) (2019): Energieeffizienz-Strategie 2050. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Online: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienzstrategie-2050.pdf?__blob=publicationFile&v=12. Letzter Zugriff: 14.09.2020.

Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE) (Hrsg.) (2018): Grundsatzstudie Energieeffizienz – Grundsatzfragen der Energieeffizienz und wissenschaftliche Begleitung der Umsetzung des NAPE unter besonderer Berücksichtigung von Stromverbrauchsentwicklung und -maßnahmen. Studie von Prognos, Fraunhofer ISI und ifeu. Endbericht BfEE 03/15. Eschborn. https://www.bfee-online.de/SharedDocs/Downloads/BfEE/DE/Effizienzpolitik/grundsatzstudie_energieeffizienz.html. Letzter Zugriff: 10.09.2020.

Cooremans, C. (2012): Investment in energy efficiency: do the characteristics of investments matter? In: Energy Efficiency, 5, 497-519. DOI 10.1007/s12053-012-9154-x.

EC (Hrsg.) (2009): Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency. Februar 2009. European Commission.

Hirzel, S.; Antoni, O.; Heinrich, S.; Jessing, D.; Paar, A.; Pehnt, M.; Schlomann, B.; Voswinkel, F. (2019): Evaluierung und Weiterentwicklung des Energieeffizienzfonds (Projekt Nr. 63/15) im Auftrag des Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Abschlussbericht - Langfassung. Online: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/evaluierung-und-weiterentwicklung-des-energieeffizienzfonds.pdf?__blob=publicationFile&v=8. Letzter Zugriff: 14.09.2020.

IEA (Hrsg.) (2014): Capturing the multiple Benefits of Energy Efficiency. International Energy Agency. Paris: OECD/IEA.

Rohde, C. (2019): Erstellung von Anwendungsbilanzen für die Jahre 2018 bis 2020 für die Sektoren Industrie und GHD. Studie für die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. (AGEB) - Entwurf. Fraunhofer ISI. Online: https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=isi_industrie_ghd_18.pdf. Letzter Zugriff: 14.09.2020.

Öko-Institut, ifeu (2018): Wissenschaftliche Untersuchung der Energieverbrauchsentwicklung und Maßnahmen zur Steigerung der produktbezogenen Energieeffizienz. Endbericht. Projekt BMWi 18/15. Berlin, Freiburg, Darmstadt. https://www.ifeu.de/wp-content/uploads/181206-Produktstudie_Endbericht_final_format.pdf

Worrell, E.; Laitner, John A.; Ruth, M.; Finman, H. (2003): Productivity benefits of industrial energy efficiency measures. In: Energy, 28, 1081-1098. doi:10.1016/S0360-5442(03)00091-4.