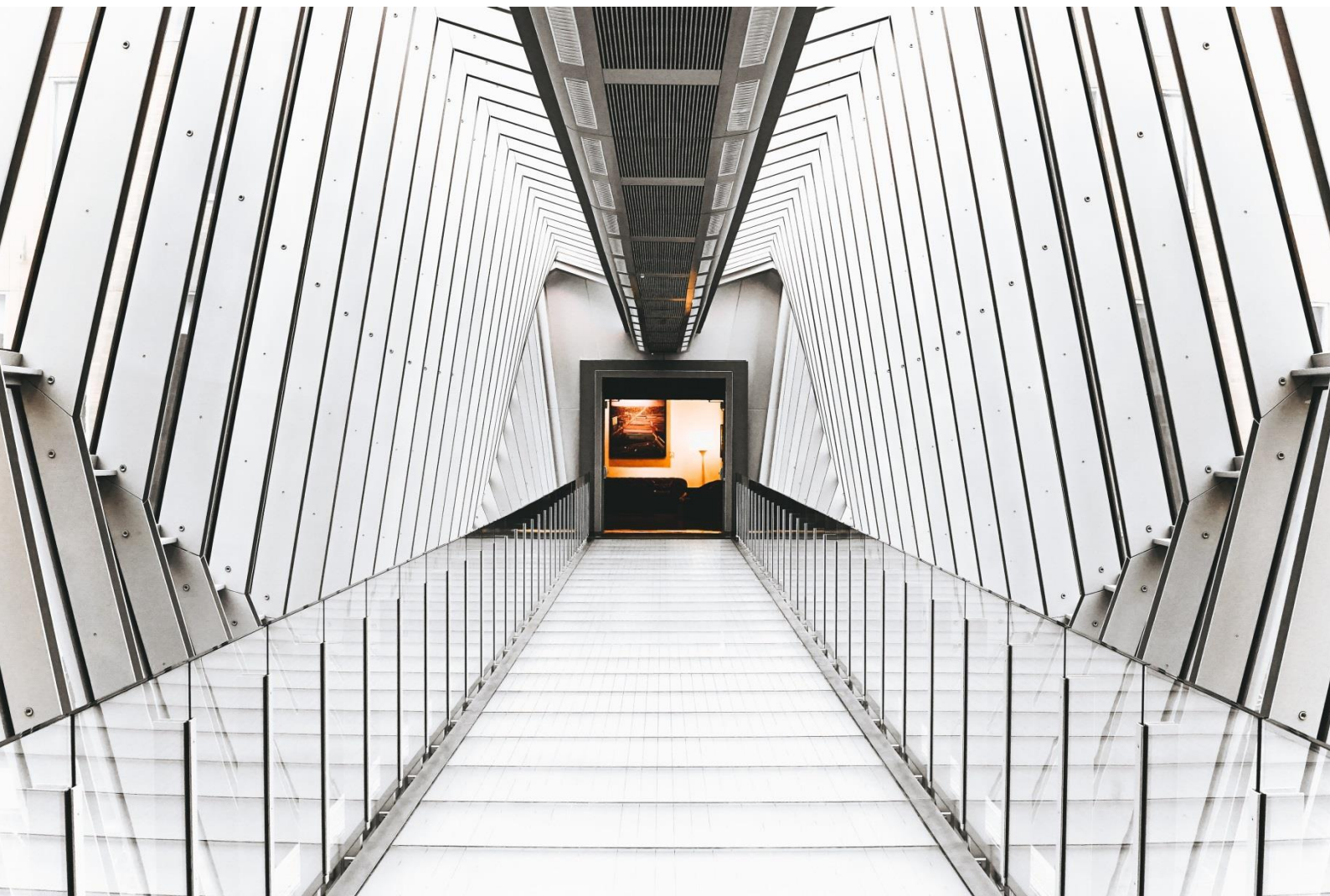




Deutsch-französische Plattform énergétique
Energieplattform franco-allemande



Marktverfügbare Innovationen zur Steigerung der Energieeffizienz in der Industrie

Zusammenfassung

Impressum

Herausgeber

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)
Chausseestraße 128 a
10115 Berlin
Tel: +49 (0)30 72 61 65-600
Fax: +49 (0)30 72 61 65-699
E-Mail: info@dena.de
Internet: www.dena.de

Autoren der Studie „Marktverfügbare Innovationen mit hoher Relevanz für die Energieeffizienz in der Industrie“ (2017):

Anton Barckhausen, adelphi
Florian Bottner, Fraunhofer IPA
Stefan Büttner, Universität Stuttgart
Johannes Fehr, adelphi
Dr. Mathias Kube, Ecofys
Dr. Alexander Piégsa, Prognos
Jan-Martin Rhiemeier, Ecofys
Matthias Schimmel, Ecofys
Manuel Unger, Universität Stuttgart

Auftraggeber der Studie

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Abt. II, Ref. IIB2

Autoren der Zusammenfassung

Tobias Kampet, Deutsche Energie-Agentur (dena)
Dr. Akamitl Quezada, Deutsche Energie-Agentur (dena)

Stand: 08/2017

Alle Rechte sind vorbehalten. Die Nutzung steht unter dem Zustimmungsvorbehalt der dena.

Diese Veröffentlichung wurde gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

Inhaltsverzeichnis

Impressum	1
1 Zusammenfassung.....	4
2 Einordnung der Studie in den weiteren Kontext	6
3 Vergleich der Innovationen mit hohem Effizienzpotenzial für die Industrie.....	6
3.1 Technisches Potenzial	6
3.2 Wirtschaftliches Potenzial	8
4 Detailbetrachtung der Innovationen	10
4.1 Hochtemperaturwärmepumpe	10
4.1.1 Kurzbeschreibung.....	10
4.1.2 Technisches Potenzial	10
4.1.3 Wirtschaftliches Potenzial.....	10
4.2 Optimierungssoftware für Energieverbundsysteme	11
4.2.1 Kurzbeschreibung.....	11
4.2.2 Technisches Potenzial	11
4.2.3 Wirtschaftliches Potenzial.....	11
4.3 Intelligente Antriebslösungen	12
4.3.1 Kurzbeschreibung.....	12
4.3.2 Technisches Potenzial	12
4.3.3 Wirtschaftliches Potenzial.....	12
5 Fazit	12
Literaturverzeichnis.....	14
Abkürzungsverzeichnis.....	15

1 Zusammenfassung

Die Ziele der Studie „Marktverfügbare Innovationen mit hoher Relevanz für die Energieeffizienz in der Industrie“ sind

- die Identifizierung marktverfügbarer, aber noch nicht breit genutzter Innovationen mit überdurchschnittlich hohem Effizienzpotenzial für das produzierende Gewerbe,
- die Analyse ihrer technischen und wirtschaftlichen Potenziale zur CO₂- und Energieeinsparung sowie der Hemmnisse, die ihre Verbreitung behindern, und
- die Ableitung von Handlungsempfehlungen und konzeptionellen Ansätzen zur beschleunigten Marktdurchdringung dieser Innovationen.

Im ersten Teil dieser Studie werden die Effizienzpotenziale von zehn Technologien und systemischen Lösungen bewertet, die bereits am Markt verfügbar sind und technisches Potenzial besitzen, einen signifikanten Effizienzsprung im produzierenden Gewerbe zu bewirken. Das technische Potenzial der betrachteten Technologien entspricht in Summe etwa 6 % des Primär- und 10 % des Endenergieverbrauchs in Deutschland. In Anbetracht dessen, dass es sich hier um eine geringe Anzahl an Innovationen handelt, ist dieser Wert sehr hoch.

Da es sich bei allen Innovationen um Querschnittstechnologien handelt, ist das angegebene technische Potenzial als obere Grenze anzusehen. Einen wesentlichen Anteil am hohen Einsparpotenzial haben die folgenden drei Technologien: die Hochtemperaturwärmepumpe, die Optimierungssoftware für Energieverbundsysteme und die intelligenten Antriebslösungen. Gerade die Hochtemperaturwärmepumpe hat ein sehr hohes technisches Potenzial, allerdings bezieht sich dieses im Gegensatz zu den anderen Innovationen nicht auf eine Branche, sondern ist Sektor übergreifend auf allen Einsatzgebieten der Hochtemperaturwärmepumpe zu betrachten.

Rechnet man das technische Potenzial der Innovationen in CO₂-Emissionen um, würden 7 % der Emissionen in Deutschland vermieden.

Da es sich bei den betrachteten Technologien um Innovationen handelt, die erst seit kurzem am Markt verfügbar sind, ist eine Wirtschaftlichkeit oftmals nicht gegeben bzw. noch nicht nachgewiesen. Als wirtschaftlich in der Industrie gelten in der Regel Investitionen mit einer Amortisationszeit von unter drei Jahren, daher wird dieser Zeitraum auch als Schwellenwert zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Innovationen in dieser Studie herangezogen. Diesen Wert überschreiten einige Innovationen zum Teil stark. Der Durchschnittswert für die zuvor erwähnte Hochtemperaturwärmepumpe liegt mit einer Amortisationszeit von über 16 Jahren deutlich über diesem Schwellenwert. Das wirtschaftliche Potenzial beträgt nur ca. 5 % des technischen Potenzials. Ein wesentlicher Grund für die schlechte Wirtschaftlichkeit dieser Technologie ist die preisliche Benachteiligung von Strom gegenüber fossilen Energieträgern. Aufgrund der EEG-Umlage ist Strom als Energie im Vergleich zu fossilen Energieträgern teurer. Diese Problematik trifft alle Technologien, die fossile Energieträger wie bspw. Erdgas oder Mineralöl durch Strom substituieren. Insgesamt aber ist die Hälfte der Innovationen bereits heute wirtschaftlich. Insbesondere die intelligenten Antriebslösungen sind bereits jetzt durch das breite Anwendungsfeld und die kurze Amortisationszeit sehr attraktiv und bieten hohe Effizienzpotenziale für das produzierende Gewerbe. Auch die automatische Absperrung von Stand-by Druckluftnetzen ist eine Technologie, die ein signifikantes wirtschaftliches Potenzial aufweist, da Druckluftanwendungen weit verbreitet sind.

Die im zweiten Teil der Studie durchgeführte Analyse der Hemmnisse zeigt, dass das größte Hemmnis für eine breitere Markteinführung von Innovationen in der mangelnden Information der potentiellen Nutzer und anderer Akteure über Kosten und Nutzen besteht. Auch wirtschaftliche und finanzielle Hemmnisse wurden

immer wieder in Experteninterviews erwähnt, wie z.B. die geringe Kapitalverfügbarkeit oder teure Einzelkomponenten.

Verhaltensbezogene Faktoren, wie der Zwang zum billigen Einkauf oder der Vorrang von produktivitätssteigernden Investitionen in Wirtschaftsunternehmen, scheinen weitere gewichtige Hemmnisse für eine breitere Markteinführung darzustellen. Außerdem sind auch kompetenzbezogene Hemmnisse, wie etwa das fehlende Know-how zur Anwendung der Innovationen, ein bedeutender Faktor, insbesondere bei komplexen Systemen wie den intelligenten Antriebslösungen oder der Optimierungssoftware. Dies zeigt sich im Besonderen bei kleinen Unternehmen. Hier besteht eine geringe Bereitschaft (bzw. mangelnde Ressourcen) zur Einarbeitung in diese komplexen Systeme. Vielschichtige Kommunikations- und Entscheidungsstrukturen innerhalb eines Unternehmens wurden als größte organisatorische Hemmnisse genannt. Diese nehmen allerdings in der Gesamtbetrachtung einen geringeren Stellenwert ein.

Technologiebezogene Hemmnisse haben (mit Ausnahmen) eher geringe Auswirkungen wie bspw. bei Gleichstromsystemen in der Industrie (aufgrund von fehlender Standardisierung) oder bei thermoelektrischen Generatoren. Hemmnisse bewusstseinsbezogener Art sind laut Aussage der Befragten nicht von großer Bedeutung. Allerdings können die geringen Energiekosten sowie unklare Einsparpotenziale das Bewusstsein für Möglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz hemmen.

Als weiteres Hemmnis ist die unübersichtliche Organisation der Förderung der innovativen Technologien auf Bundes- und Länderebene zu nennen.

Im letzten Teil der Studie ergibt die Untersuchung der Förderlandschaft, dass ein Teil der Innovationen bereits förderberechtigt sind. Insbesondere Klima- und Kälteanlagen wie z.B. die energieeffiziente Schaltschrankkühlung sowie Wasser als Kältemittel werden bereits durch verschiedene Instrumente gefördert. Allerdings wird die magnetische Kühlung, obwohl sie prinzipiell derselben Technologiekategorie zugeordnet werden kann, nicht gefördert, da die zugrundeliegende Funktionsweise in den technischen Merkblättern nicht berücksichtigt wird. Hier gilt es, die Förderprogramme dahingehend zu überarbeiten, dass auch innovative Technologien, Verfahren und Systeme abgedeckt werden. Insbesondere empfehlenswert ist die Einführung der Technologiekategorie *Digitalisierung* in Verbindung mit Industrie 4.0.

Zuvor wurde die mangelnde Information über Kosten und Nutzen der Innovationen als häufigstes Hemmnis für eine breite Markteinführung genannt. Energieberater können hier Abhilfe leisten, indem sie Unternehmen dabei unterstützen, Effizienzpotenziale zu identifizieren und Lösungen aufzuzeigen. Allerdings fehlt auch den Energieberatern zum Teil das nötige Wissen über neuartige Innovationen. An dieser Stelle wäre es sinnvoll, regelmäßige Schulungen für Energieberater verpflichtend einzuführen und auch generell den Anforderungskatalog anspruchsvoller zu gestalten. Darüber hinaus würde die Förderung eines Energiemanagements im Unternehmen bewusstseinsbezogene Hemmnisse abbauen, indem das Thema Energieeinsparung zu einer Managementaufgabe wird und somit stärker in den Fokus rückt. Ein in den operativen Unternehmensprozessen verankertes Energiemanagementsystem kann zudem mittel- bis langfristig helfen, Unternehmen nachhaltig für Energieeffizienzthemen zu sensibilisieren und somit verhaltensbezogene Hemmnisse abzubauen.

Ein Punkt, der von Unternehmen häufig kritisiert wird, ist der umständliche und oft langwierige Förderungsprozess. Die Formulare werden als kompliziert wahrgenommen, was gerade für mittelständische Unternehmen ein Hemmnis darstellt. Hier wäre die Schaffung einer zentralen Anlaufstelle, eines sogenannten „One-stop-Shop“ empfehlenswert. Des Weiteren könnten durch die Betrachtung weiterer Förderkriterien neben der Energieeffizienz und der Wirtschaftlichkeit eine ganzheitlichere Bewertung erfolgen. Mögliche Kriterien, die in die Förderentscheidung einfließen könnten, wären bspw. Produktivität oder Digitalisierung.

2 Einordnung der Studie in den weiteren Kontext

Am 12. September 2016 fand in Berlin als erste Veranstaltung der Dialogreihe zur Energiewende in der Industrie der Workshop „Industrie 4.0/Industrie du Futur – eine Chance für die Energieeffizienz in Unternehmen?“ im Rahmen der deutsch-französischen Energieplattform statt. Im Fokus stand die Frage, ob und wie Unternehmen durch die Digitalisierung die Energieeffizienz erhöhen und damit auch ihre Wettbewerbsfähigkeit unmittelbar steigern können.

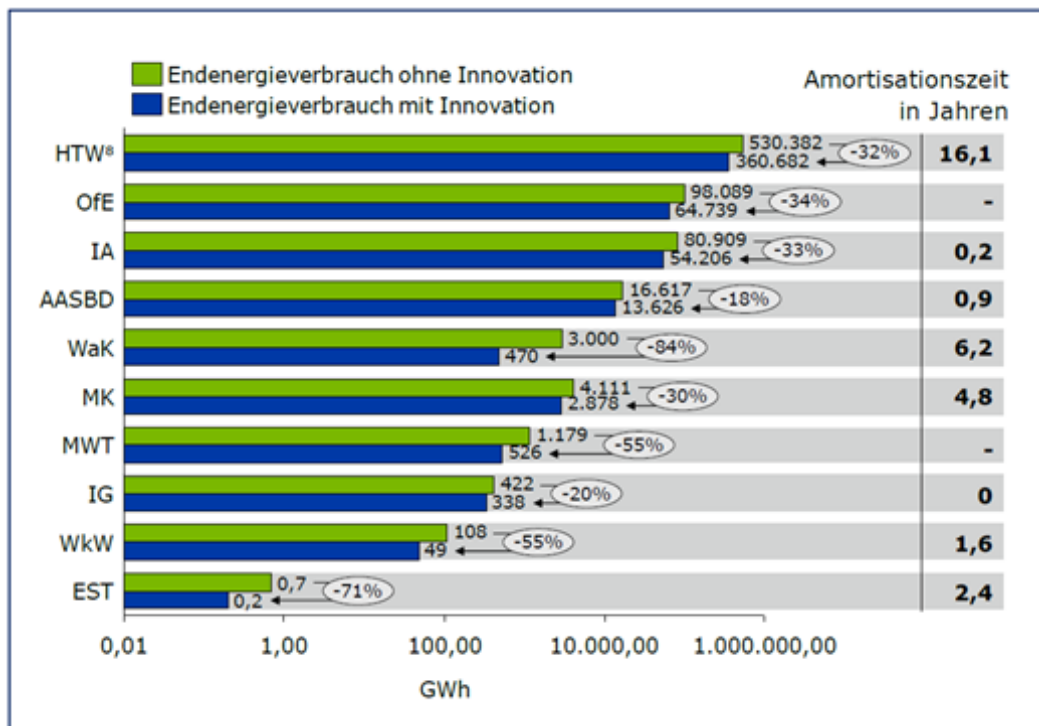
Eines der Ergebnisse dieses Workshops war die Feststellung, dass die unmittelbaren Effekte der Digitalisierung auf die Energieeffizienz in Unternehmen bisher nur unzureichend eingeschätzt werden können. Daher hat die deutsch-französische Energieplattform vorgeschlagen, Informationen zu den Effekten von Innovationen und der Digitalisierung auf die Energieeffizienz und auf die Energieversorgung von Industrieunternehmen aufzubereiten und bei der nächsten Veranstaltung vorzulegen. Ein besonderer Fokus liegt hierbei auf deutsch-französischen Fragestellungen und Interessenpunkten.

Eine deutsche, vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) beauftragte Studie mit dem Titel „Marktverfügbare Innovationen mit hoher Relevanz für die Energieeffizienz in der Industrie“, wurde im Sommer 2017 abgeschlossen. Die wichtigsten Ergebnisse dieser Studie sind in diesem Papier zusammengefasst und ins Französische übersetzt, um den Teilnehmern der zweiten Veranstaltung der Dialogreihe in Paris am 25. September 2017 zur Verfügung zu stehen.

3 Vergleich der Innovationen mit hohem Effizienzpotenzial für die Industrie

3.1 Technisches Potenzial

Das technische Potenzial umfasst diejenigen Einsparungen, die sich ergeben, wenn die jeweilige Innovation überall dort eingesetzt wird, wo es technisch möglich ist (unabhängig von der Ausschöpfung oder den Investitionszeitpunkten). Zunächst wird auf Basis von konkreten Anwendungsfällen ein Einsparpotenzial abgeleitet. Zur Ermittlung des technischen Potenzials findet in den meisten Fällen eine Skalierung dieses Einsparpotenzials aus dem Anwendungsfall auf die nationale Ebene statt. Gibt es keinen konkreten Anwendungsfall, wird das technische Potenzial auf der nationalen Ebene auf Basis eines Literaturwertes skaliert. Im Fall der Hochtemperaturwärmepumpe gibt es bereits Abschätzungen für das technische Potenziale auf der nationalen Ebene (Deutschlandebene), daher findet hier keine separate Branchenbetrachtung statt.



HTW – Hochtemperaturwärmepumpe

OfE – Optimierungssoftware für Energieverbundsysteme

IA – Intelligente Antriebslösungen

AASBD – Automatische Absperrung von Stand-By Druckluftnetzen

WaK – Wasser als Kältemittel

MK – Magnetische Kühlung

MWT – Mikrowellentechnologie

IG – Intelligente Gleichstromnetze

WkW – Wabenförmige keramische Wärmetauscher

EST – Energieeffiziente Schaltschrankkühlung

Abbildung 1: Endenergieverbrauch mit und ohne Innovation skaliert auf Deutschlandebene

In Abbildung 1 sind die Endenergieverbräuche mit und ohne Einsatz der Innovation in der Top-Branche abgebildet. Als Top-Branche versteht sich derjenige Wirtschaftszweig, in dem die Technologie die höchsten Effizienzpotenziale erzielen kann. Hierbei handelt es sich in den meisten Fällen um eine Skalierung für die Branche des Anwendungsbeispiels. Somit kann je nach Innovation von einem wesentlich höheren technischen Potenzial ausgegangen werden, wenn die Technologie überall dort wo möglich eingesetzt wird.

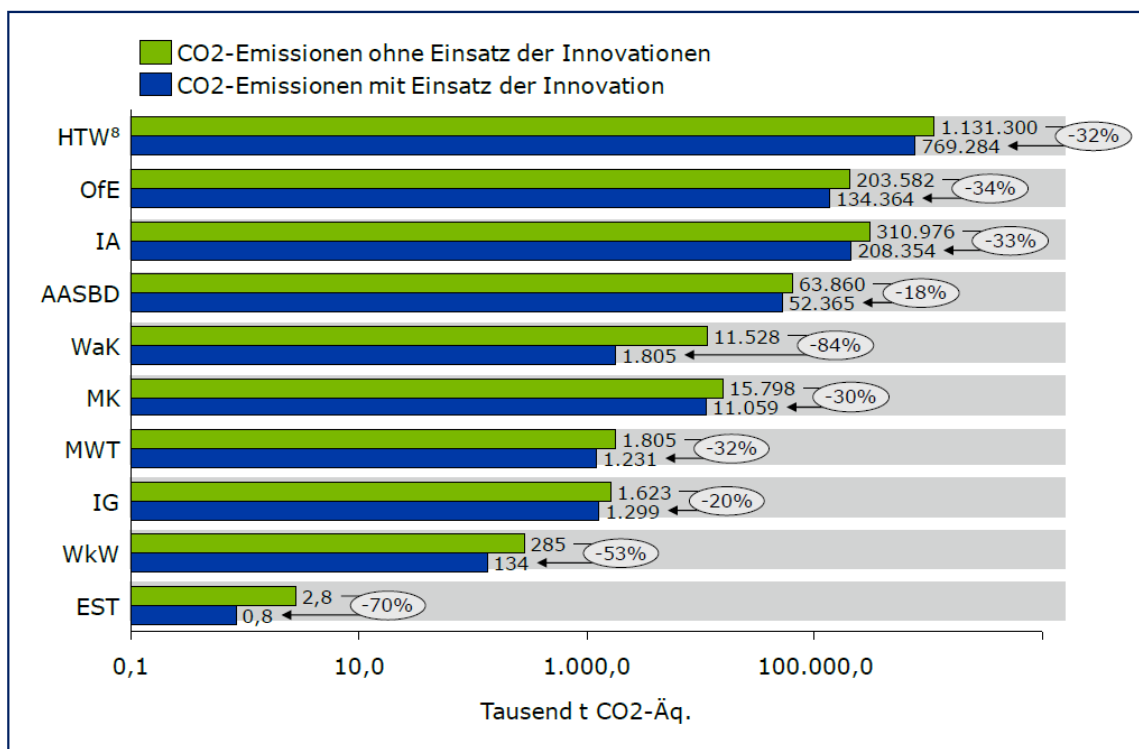


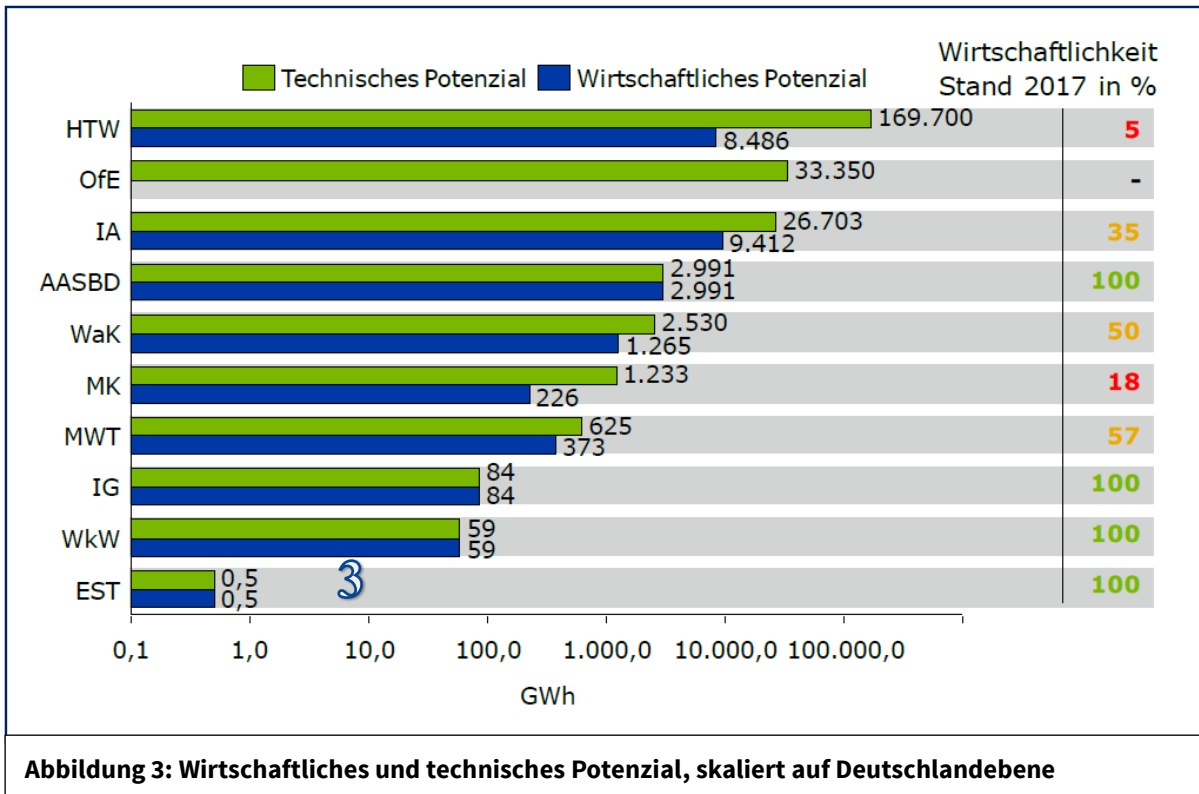
Abbildung 2: Kumulierte CO₂-Emissionen mit und ohne Einsatz der Innovation bis zum Jahr 2026

In Abbildung 2 sind die kumulierten CO₂-Emissionen einmal mit und ohne Einsatz der einzelnen Innovationen über zehn Jahre (bis zum Jahr 2026) abgebildet. Bei Einsatz der jeweiligen Innovation wird das gesamte technische Potenzial, unabhängig von der Wirtschaftlichkeit, in die Berechnung mit einbezogen. Das Diagramm zeigt deutlich, dass vor allem die Innovationen mit Einsparungen bei fossilen Brennstoffen die CO₂-Emissionen der deutschen Industrie signifikant verringern.

3.2 Wirtschaftliches Potenzial

Das wirtschaftliche Potenzial gibt die Einsparungen wider, die sich ergeben, wenn in den nächsten zehn Jahren bei allen relevanten Ersatz-, Erweiterungs- und Neuinvestitionen die jeweilige Innovation eingesetzt wird, sobald diese wirtschaftlich ist. Als wirtschaftlich gelten Innovationen mit einer (betriebswirtschaftlich ermittelten) Amortisationszeit von unter drei Jahren.

Für den Fall, dass die Amortisationszeit weniger als drei Jahre beträgt, entspricht das wirtschaftliche dem technischen Potenzial. Liegt die Amortisationszeit darüber, vermindert sich das wirtschaftliche Potenzial gegenüber dem technischen Potenzial entsprechend. In die Amortisationsrechnung gehen die Investitionskosten und die Energiekosten über 10 Jahre ein. Nicht-Energie Kosten wie z.B. Wartung werden, falls explizit von den Herstellern erwähnt, ebenfalls mit einbezogen.



In Abbildung 3 werden das wirtschaftliche und das technische Potenzial der einzelnen Innovationen gegenübergestellt. Die rechte Spalte zeigt an, welcher Prozentsatz des technischen Potenzials nach derzeitigem Stand bereits heute wirtschaftlich ist. Für die Technologie OfE wurde kein wirtschaftliches Potenzial berechnet, da die Amortisationszeit und somit das wirtschaftliche Potenzial zwischen den einzelnen Anwendungsfällen stark variieren. Wie bereits der Abbildung 1 zu entnehmen ist, liegen die Amortisationszeiten der Innovationen in den Fällen der MK, WaK und HTW über drei Jahren. Dies sorgt für eine wesentliche Differenz zwischen technischem und wirtschaftlichem Potenzial. Dies trifft vor allem auf die HTW zu. Bedingt durch die hohe Amortisationszeit von 16,1 Jahren ist davon auszugehen, dass nur 8,5 TWh des gesamten technischen Potenzials von 169,7 TWh umgesetzt werden.

Der Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung sieht für das Jahr 2030 vor, die Treibhausgasemissionen der Industrie auf 140 bis 143 Mio. t CO₂-Äquivalente zu reduzieren. Mit der Annahme eines linearen Transformationspfads ergibt sich ein Zielwert von 155 Mio. t CO₂-Äquivalente für das Jahr 2026. Hieraus resultierend müssen die Treibhausgasemissionen der Industrie im Vergleich zum Durchschnitt (2011-2015) im Jahr 2026 um 30 Mio. t CO₂-Äquivalente reduziert werden. Unter den aktuellen wirtschaftlichen Parametern wird der Einsatz der Innovationen 18% der zu reduzierenden Emissionsmenge ausmachen. Würden sich die regulatorischen Rahmenbedingungen zu Gunsten der Wirtschaftlichkeit der HTW ändern, könnte die Innovation einen erheblichen Beitrag zu den Zielen des Klimaschutzplans leisten. Des Weiteren ist hier zu beachten, dass die CO₂-Einsparungen der Innovationen im Zeitverlauf abnehmen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die CO₂-Intensität des Stroms und somit die gesamten CO₂-Einsparungen der stromverbrauchsreduzierenden Innovationen sich verringern. Dieser Effekt wirkt sich jedoch positiv auf die HTW aus, da durch den Einsatz der HTW der Gasverbrauch reduziert und der Stromverbrauch erhöht wird.

4 Detailbetrachtung der Innovationen

In diesem Abschnitt werden die Technologie, das technische und das wirtschaftliche Potential der drei Innovationen mit dem größten technischen Potential kurz beschrieben, nämlich der Hochtemperaturwärmepumpen, der Optimierungssoftware für Energieverbundsysteme und der intelligenten Antriebslösungen.

4.1 Hochtemperaturwärmepumpe

4.1.1 Kurzbeschreibung

HTWs sind Wärmepumpen, die mittels speziell entwickelter Kältemittel hohe Heiz- und Wassertemperaturen im Vorlauf erzeugen können (70 - 140 °C). Zudem kann eine solche HTW auch Kälte bereitstellen. Dabei können verschiedene Kältemittel bzw. Kältemittelgemische zum Einsatz kommen, u. a. ECO3, HFO-1336mzz-Z, LG6 oder CO₂. Ein Verdichter bringt dabei dampfförmiges Kältemittel von einem niedrigen Druck- und Temperaturniveau auf ein hohes Druck- und Temperaturniveau. Als Antrieb hierzu wird in aller Regel ein Elektromotor genutzt, der aus dem Stromversorgungsnetz gespeist wird. In der Wärmepumpentechnik haben sich besonders Hubkolben-, Scroll-, Schrauben- und Turboverdichter etabliert. Bei der Planung von Wärmepumpenanlagen in industriellen Betrieben ist das Vorhandensein einer geeigneten Wärmequelle eine wesentliche Voraussetzung für die wirtschaftliche Umsetzbarkeit. Bei Vorhandensein einer solchen erreicht die HTW zumeist einen COP (engl. coefficient of performance) von mehr als drei.

Untersuchungen von Energieeinsparungen haben gezeigt, dass insbesondere in den Branchen Nahrungsmittel, Papier und Chemie große Potenziale für Hochtemperaturanwendungen, also jenseits eines Wärmebedarfs von 80 °C, liegen.

Beispielsweise könnte laut Literaturangaben durch die Einführung einer HTW bei einem Fertighaushersteller die Abwärme eines Betriebskraftwerks als Wärmequelle für die Trocknung von Holz genutzt werden, was den Wärmebedarf der Holz Trocknungsanlage um 73% reduzieren würde.

4.1.2 Technisches Potenzial

Moderne HTWs können bereits ohne Probleme Temperaturen von bis zu 100 °C liefern. Laut Literaturangaben beträgt das deutschlandweite technische Energiesparpotenzial 121,4 TWh. Potenziale liegen vor allem in der Papierindustrie im Bleichen, Entfärben und der Presstrocknung des Papiers. Als Wärmequelle stehen in der Papierindustrie große Mengen Abwasser mit einer Temperatur von 30 bis 35 °C zur Verfügung. Erweitert man die Temperaturobergrenze auf 140 °C, die bereits von einigen Wärmepumpen erreicht wurden, so steigt das technische Potenzial auf 169,7 TWh. Das zusätzliche Potenzial besteht hauptsächlich in der Nahrungsmittel- (22,2 TWh) und der chemischen Industrie (23,6 TWh). Der Wärmebedarf bei diesen Temperaturen besteht in der Nahrungsmittelindustrie zu großen Teilen in den Prozessen Pasteurisierung, Sterilisierung und Trocknung. Die kumulierte CO₂-Einsparung für die nächsten 10 Jahre liegt bei 362 Mio. t.

4.1.3 Wirtschaftliches Potenzial

Bei der Planung von Wärmepumpenanlagen in industriellen Betrieben ist das Vorhandensein einer geeigneten Wärmequelle eine wesentliche Voraussetzung für die wirtschaftliche Umsetzbarkeit. Zudem fordern Industriebetriebe Amortisationszeiten von 2 bis 5 Jahren ein, die sich aufgrund hoher Anschaffungskosten von Wärmepumpenanlagen nicht erreichen lassen. All diese Faktoren wirken sich limitierend auf das wirtschaftliche Potenzial aus, so dass davon auszugehen ist, dass das wirtschaftliche Potenzial für Wärmepumpenanwendungen in der Industrie weitaus geringer einzuschätzen ist. Gegeben der

Amortisationszeit von 16,1 Jahren und einer daraus resultierenden Umsetzung von 5 % des technischen Potenzials, ergibt sich ein wirtschaftliches Potenzial von 8,5 TWh.

4.2 Optimierungsoftware für Energieverbundsysteme

4.2.1 Kurzbeschreibung

Energieverbundsysteme bestehen aus einer Vielzahl verschiedener Akteure mit unterschiedlichsten Energiebedürfnissen, beispielsweise aus Strom, Wärme und Kälte (unterschiedlicher Temperaturniveaus) sowie Druckluft. In diesen komplexen Systemen bestehen bisher ungenutzte Effizienzpotenziale, welche oftmals selbst den zentralen Energieversorgern nicht bekannt sind. Der Grund hierfür liegt vor allem in der komplexen Struktur der unzähligen Erzeugervarianten sowie physischen und finanziellen Nebenbedingungen. Ebenso ist das Ziel der Optimierung von Verbundsystemen oftmals nicht die Reduzierung des Energieverbrauchs, sondern die Minimierung der Investitionssumme oder der Amortisationszeiten.

Die hier betrachtete Innovation ist eine Software, mit der eine optimale Planung von neuen Verbundsystemen und die Optimierung vorhandener Energiesysteme mit Hilfe mathematischer Algorithmen möglich ist. Das Ziel ist der Einsatz der Software in Planungsbüros, Industrieparks und Stadtwerken. Im Optimierungsprozess werden hierbei unter Angabe der jeweiligen Optimierungskriterien (Investitionskosten, Betriebskosten, Kapitalwert oder CO₂-Emissionen) verschiedene Auslegungen von Komponenten, Bauteilen und Anlagen berücksichtigt. Ebenfalls werden in der Berechnung die Lastgänge der unterschiedlichen Verbraucher, die Energiesystemstruktur, die Topographie der Verbundfläche, sowie eine Technologiedatenbank berücksichtigt. Das hieraus entstehende komplexe Optimierungsproblem kann mit Hilfe einer Heuristik (Voroptimierung mit konstanten Wirkungsgraden mit anschließender Nachjustierung mit variablen Wirkungsgraden) in relativ kurzer Zeit gelöst werden.

Neben der reinen Strukturoptimierung von Verbundsystemen bietet die Software ebenfalls die Möglichkeit einer Optimierung des Anlagenfahrplans (Industrie 4.0 Anwendung). Die innovative Software befindet sich zur Zeit in der Markteinführungsphase.

4.2.2 Technisches Potenzial

Auf Grund der sehr vielfältigen Anwendbarkeit des Produkts ist es schwierig, allgemeine Einsparpotenziale aufzuzeigen. Anhand von erfolgreichen Feldtests und Projekten lässt sich jedoch skizzieren, welches technische Potenzial durch eine umfangreiche Strukturoptimierung möglich ist. Auf Basis eines Fallbeispiels aus der chemischen Industrie lässt sich das technische Potenzial für Chemieparcs in Deutschland skalieren. Basierend auf dem Gesamtprimärenergieverbrauch der chemischen Industrie in Deutschland und dem Infrastrukturverhältnis zwischen Chemieparcs und anderen Chemieproduktionsstandorten ergibt sich ein technisches Potenzial von 33,4 TWh. Die kumulierte CO₂-Einsparung für die nächsten 10 Jahre liegt bei 69,2 Mio. t.

4.2.3 Wirtschaftliches Potenzial

Das wirtschaftliche Potenzial lässt sich auf Grund der mangelnden Anwendungsbeispiele und deren oftmals nur theoretische Umsetzung schwer abschätzen. Es hängt maßgeblich von den Amortisationszeiten der im strukturoptimierten Fall eingesetzten Maschinen und ihren Energieeinsparungen ab. Somit lässt sich keine belastbare Aussage über das wirtschaftliche Potenzial treffen. Die Kosten für die Lizenz der Strukturoptimierungssoftware liegen bei ca. 10.000 €. Diese Summe ist im Vergleich zu beispielhaften Investitionssummen von Chemieparcs über mehrere Millionen Euro vernachlässigbar klein.

4.3 Intelligente Antriebslösungen

4.3.1 Kurzbeschreibung

Intelligente Antriebslösungen zielen auf ein effizientes Gesamtsystem ab, denn dieses bestimmt, wieviel Energie für einen vorgegebenen Prozess eingesetzt werden muss. Häufig steht die Steigerung des Wirkungsgrads des Elektromotors im Fokus, obwohl sich durch die optimale Anpassung des Antriebs an den Arbeitsprozess eine hohe Einsparung erzielen lässt. Intelligente Antriebslösungen betrachten daher das ganze Antriebssystem. Diese Optimierung erfordert oft einen höheren Planungs- und Implementationsaufwand. Zudem bedarf es einer externen Beratung seitens des Herstellers des Antriebssystems oder eines Dienstleisters.

4.3.2 Technisches Potenzial

Durchschnittlich lassen sich beim Wechsel eines bestehenden auf ein energieeffizienteres Antriebssystem an folgenden Komponenten energetische Einsparungen realisieren:

- Elektromotor: bis 7,5 kW Leistung 10 %, bis 75 kW Leistung 4 % und ab 75 kW Leistung 3 %,
- Getriebe: 1 %,
- Drehzahlregulierung (Frequenzumrichter): 8 %,
- bedarfsgerechte Dimensionierung: 10 %,
- Leerlaufvermeidung: 3 %,
- Tribologie (Schmiermittel, Lagerung): 1 %,
- Spannungssymmetrie: 1 %,
- regelmäßige Wartung: 2 % und
- Rekuperation: 3 %.

Das gesamte Einsparpotenzial beträgt demnach 32 bis 39 % je nach Motorleistungsklasse. Neben der Information über die relative Energieeinsparung ist weiterhin noch die relative, energiegewichtete Häufigkeit der verschiedenen Motorleistungsklassen relevant. Für Leistungsbereich bis 7,5, bis 75 sowie ab 75 kW beträgt der Anteil am Energieverbrauch jeweils 9, 68 sowie 23 %. Damit können die Energieverbrauchspfade der drei Leistungsklassen getrennt voneinander ausgewertet werden.

4.3.3 Wirtschaftliches Potenzial

Im Allgemeinen lohnt sich für die meisten Motorleistungen schon ab 2.000 Betriebsstunden pro Jahr der Austausch des Elektromotors, dessen Energiekostenanteil an den Lebenszykluskosten 95 % und mehr beträgt. Wichtiger Bestandteil intelligenter Antriebssysteme ist eine Drehzahlregulierung. Diese ist jedoch 3 bis 5 mal teurer als der Elektromotor, weshalb für einen wirtschaftlichen Austausch des gesamten Antriebssystems von etwa 4.000 Betriebsstunden pro Jahr ausgegangen werden muss.

5 Fazit

Die Ermittlung der Effizienzpotenziale der marktverfügbaren, aber noch nicht breit genutzten Innovationen mit überdurchschnittlich hohem Effizienzpotenzial für das produzierende Gewerbe ergibt, dass die identifizierten Innovationen einen wichtigen Beitrag zur Umsetzung des nationalen Aktionsplans Energieeffizienz, des Klimaschutzplans 2050 der Bundesregierung und damit auch der Energiewende liefern können. Würde das technische Potenzial der Innovationen voll ausgenutzt werden, ließe sich der Endenergieverbrauch in Deutschland um 10 % senken, der des Industriesektors sogar um 34 %. Wird das technische Potenzial auf CO₂-Emissionen übertragen, ergibt sich eine Reduktion der CO₂-Emissionen in Deutschland um 7 %.

Bereits die Hälfte der Innovationen ist heute wirtschaftlich. Daraus ergibt sich, dass ca. 10% des technischen Potenzials auch wirtschaftlich sind. Vergleicht man das wirtschaftliche Potenzial mit den CO₂-Reduktionszielen für die Industrie aus dem Klimaschutzplan, so ergibt sich, dass durch eine Realisierung des wirtschaftlichen Potenzials der hier betrachteten marktverfügbaren Innovationen bereits 18% der laut Klimaschutzplan erforderlichen CO₂-Emissionsreduktion erreicht wird. Hierbei ist zu bemerken, dass sowohl das technische als auch das wirtschaftliche Potenzial sich im Wesentlichen aus drei Innovationen ergibt: der Hochtemperaturwärmepumpe, der Optimierungssoftware für Energieverbundsysteme und den intelligenten Antriebslösungen.

Die Hemmnisanalyse zeigt auf, dass im Wesentlichen informatorische und wirtschaftliche Hemmnisse einer raschen Marktdurchdringung der hier betrachteten marktverfügbaren Innovationen im Wege stehen. Hier nannten die Befragten insbesondere die fehlenden Informationen über Kosten und Nutzen der Innovationen. Hiervon ist vor allem die Druckluft betroffen, da den Unternehmen oftmals Informationen zu Energiekosten und -effizienz in Bezug auf die Druckluft fehlen. Häufig genannt wurden auch verhaltensbezogen Hemmnisse wie z.B. der Zwang zum billigen Einkauf oder die Skepsis gegenüber innovativen Technologien und Startups. Als Beispiel ist hier der Einsatz von Wasser als Kältemittel zu nennen, einer Technologie, die potenzielle Anwender als risikobehaftet erachten aufgrund der Funktionsweise und des fraglichen langfristigen Supports durch ein junges Unternehmen. Weniger stark ins Gewicht fallen (mit Ausnahme der intelligenten Gleichstromnetze) technologiebezogene und bewusstseinsbezogene Hemmnisse.

Literaturverzeichnis

Barckhausen, Anton / Bottner, Florian / Büttner, Stefan / Fehr, Johannes / Dr. Kube, Mathias / Dr. Piégsa, Alexander / Rhiemeier, Jan-Martin / Schimmel, Matthias / Unger, Manuel (2017): Marktverfügbare Innovationen mit hoher Relevanz für die Energieeffizienz in der Industrie, Leistung gemäß Rahmenvertrag zur Beratung der Abteilung II des BMWi. BMWi-Projekt-Nr. 102/16-05. Ecofys, adelphi, Universität Stuttgart, Prognos & Fraunhofer IPA.

Abkürzungsverzeichnis

HTW – Hochtemperaturwärmepumpe

OfE – Optimierungssoftware für Energieverbundsysteme

IA – Intelligente Antriebslösungen

AASBD – Automatische Absperrung von Stand-By Druckluftnetzen

WaK – Wasser als Kältemittel

MK – Magnetische Kühlung

MWT – Mikrowellentechnologie

IG – Intelligente Gleichstromnetze

WkW – Wabenförmige keramische Wärmetauscher

EST – Energieeffiziente Schaltschrankkühlung



Deutsch-französische Energieplattform **Plateforme énergétique franco-allemande**

www.d-f-plattform.de

