

Arbeitsbericht

**Energieeffizienz**

-

**Diskussion der  
aktuellen  
Begriffsverwendung  
und Herleitung eines  
erweiterten  
Verständnisses**

R. Kuder, M. Blesl,  
U. Fahl, A. Voß



# **Energieeffizienz**

-

## **Diskussion der aktuellen Begriffsverwendung und Herleitung eines erweiterten Verständnisses**

Ralf Kuder, Markus Blesl, Ulrich Fahl, Alfred Voß

Oktober 2013

Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Stuttgart

Prof. Dr.-Ing. A. Voß

Abteilung Energiewirtschaft und Systemtechnische Analysen

Dr. Ulrich Fahl



## Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>III</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>III</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Einführung in die Thematik und Aufbau des Arbeitsberichts.....	1
1.2 Allgemeine Betrachtung von Effektivität und Effizienz.....	2
<b>2 Energieeffizienz in der EU – Bedeutung, Verständnis, Ziele und Zielerreichung</b> .....	<b>4</b>
2.1 Verständnis und Definition von Energieeffizienz in der EU .....	4
2.2 Bedeutung von Energieeffizienz innerhalb der europäischen Klima- und Energiepolitik.....	5
2.3 Effizienzziele, Verbindlichkeit und aktuelle Zielerreichung .....	6
<b>3 Energieeffizienz in Deutschland – Bedeutung, Verständnis, Ziele und Zielerreichung</b> .....	<b>10</b>
3.1 Verständnis und Definition von Energieeffizienz in Deutschland.....	10
3.2 Bedeutung von Energieeffizienz innerhalb der nationalen Klima- und Energiepolitik.....	11
3.3 Effizienzziele und aktuelle Zielerreichung .....	12
<b>4 Energieeffizienz – Weitere Konzepte und verwandte Begriffe</b> .....	<b>17</b>
4.1 Weitere Definitionen und Konzepte.....	17
4.2 Verwandte Begriffe und Energieeffizienzindikatoren für unterschiedliche Aggregationsebenen .....	18
4.3 Effizienzziele und weitere Effizienzindikatoren in Europa .....	21
<b>5 Kritik an den aktuellen Energieverbrauchsreduktionszielen und dem bisherigen Verständnis von Energieeffizienz</b> .....	<b>26</b>
5.1 Bereits vorhandene Kritik an den aktuellen Zielvorgaben.....	26
5.2 Uneinheitliche und unklare Begriffsverwendung .....	27
5.3 Eindimensionalität der Begriffsdefinition – fehlende Betrachtung des kompletten Ressourcenaufwands .....	27
5.4 Abhängigkeit von der Bilanzierungsmethode des Energieeinsatzes.....	28

5.5	Implikationen der Kritikpunkte: Einfluss von Zielvorgaben auf die optimale Technologieauswahl und weitere Kritikpunkte .....	31
<b>6</b>	<b>Herleitung eines erweiterten Verständnisses von Energieeffizienz .....</b>	<b>34</b>
6.1	Erweitertes Verständnis von Energieeffizienz.....	34
6.2	Quantifizierung des erweiterten Verständnisses.....	35
<b>7</b>	<b>Schlussbetrachtung.....</b>	<b>39</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>42</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1:	Verhältnis von Effektivität und Effizienz .....	3
Abbildung 2-1:	Zielerreichung des Energieeffizienzziels der EU .....	9
Abbildung 3-1:	Veränderung von Primärenergieverbrauch, CO <sub>2</sub> -Emissionen und Energieintensität in Deutschland gegenüber 1990.....	13
Abbildung 3-2:	Energieproduktivität in Deutschland seit 1990 und Verdopplungsziel .....	14
Abbildung 3-3:	Entwicklung des Primärenergieverbrauchs in Deutschland und Reduktionsziele der Bundesregierung .....	14
Abbildung 3-4:	Entwicklung des Stromverbrauchs in Deutschland und Reduktionsziele der Bundesregierung .....	15
Abbildung 3-5:	Entwicklung der Endenergieproduktivität in Deutschland und Zielvorgabe der Bundesregierung.....	16
Abbildung 4-1:	Energieflussschema von Primärenergie zu Energiedienstleistungen.....	20
Abbildung 4-2:	Energieintensitäten nach Ländern in der EU-27 .....	23
Abbildung 4-3:	Energieverbrauch pro Kopf nach Ländern in der EU-27.....	24
Abbildung 6-1:	Entwicklung eines Effizienzindikators .....	36
Abbildung 6-2:	Spezifische energie- und umweltbedingte Kosten bezogen auf das BIP in 2010 nach Ländern .....	37

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 4-1:	Energieeffizienzziele nach Regionen und Ländern .....	22
--------------	---	----





# 1 Einleitung

## 1.1 Einführung in die Thematik und Aufbau des Arbeitsberichts

Der Begriff Energieeffizienz spielt eine zentrale Rolle und ist allgegenwärtig in der aktuellen energie- und klimapolitischen Diskussion. Dies gilt sowohl auf nationaler als auch auf europäischer Ebene. In beiden Fällen stellt Energieeffizienz ein Kernelement der zukünftigen politischen Strategien dar. Auf europäischer Ebene bildet Energieeffizienz einen Eckpfeiler der Strategie „Europa 2020“ für ein intelligentes, nachhaltiges und integratives Wachstum (Europäische Kommission 2010a). Auch im Energiekonzept der Bundesregierung (Bundesregierung 2010) spielt das Thema Energieeffizienz eine entscheidende Rolle.

Trotz der großen Bedeutung und häufigen Verwendung wird der Begriff Energieeffizienz oft unterschiedlich verwendet und auch unterschiedlich gemessen. Unklarheiten herrschen sowohl hinsichtlich der Frage, ob Energieeffizienz ein fester Zustand im Sinne eines Wirkungsgrades ist (vergleiche beispielsweise die Definition der EU in der Energiedienstleistungsrichtlinie, Europäisches Parlament und Rat 2006) oder eine Verbesserung eines Zustandes darstellt (vergleiche beispielsweise die Definition der EU im Energieeffizienzplan, Europäische Kommission 2011b). Zudem werden häufig die Begriffe Energieeffizienz und Energieeinsparungen nicht voneinander abgegrenzt und jede Form der Reduktion des Energieverbrauchs (absolut und spezifisch), kann sowohl eine Effizienzsteigerung als auch eine Energieeinsparung darstellen.

Weiterhin gibt es unterschiedliche Messgrößen zur Bewertung von Energieeffizienz. Teilweise beziehen sich Effizienzziele auf den Primärenergieverbrauch (vergleiche das 20%-Ziel der EU, Europäische Kommission 2007 und Europäischer Rat 2007), teilweise auf den Endenergieverbrauch (vergleiche die Zielvorgaben in der EU-Energiedienstleistungsrichtlinie, Europäisches Parlament und Rat 2006). Zudem unterscheiden sich die Ziele in absolute Reduktionsvorgaben, wie etwa das EU 20%-Ziel (Europäische Kommission 2007 und Europäischer Rat 2007), das sich auf die absolute Höhe des Primärenergieverbrauchs bezieht, und in spezifische Reduktionsvorgaben des Energieverbrauchs bezogen auf eine andere Größe, etwa die wirtschaftliche Entwicklung. Zu dieser Kategorie zählt beispielsweise die Vorgabe der Bundesregierung aus dem Jahr 2002, die Energieproduktivität (Bruttoinlandsprodukt/Primärenergieverbrauch) zwischen 1990 und 2020 zu verdoppeln (Bundesregierung 2002).

Ziel dieses Arbeitsberichts ist es zunächst, die unterschiedlichen Verständnisse und die damit verbundenen Zielvorgaben aufzuzeigen. Neben der unklaren Definition und uneinheitlichen Verwendung des Begriffs Energieeffizienz besteht aber zusätzlich weiterer Analysebedarf hinsichtlich der Auswirkungen von Effizienzzielvorgaben basierend auf dem bisherigen Verständnis von Energieeffizienz auf einzelne Technologien sowie auf das Energiesystem insgesamt. Zudem müssen auch die Wechselwirkungen von Effizienzzielen mit anderen

energie- und klimapolitischen Vorgaben in die Betrachtung miteinbezogen werden. Effizienz- oder Einsparziele spielen eine wichtige Rolle und können bei rechtsverbindlicher Vorgabe erheblichen Einfluss auf die Struktur des zukünftigen Energiesystems haben. Zudem soll in diesem Arbeitsbericht insbesondere untersucht werden, ob das bisherige Verständnis von Energieeffizienz sowie die damit verbundenen Zielvorgaben wirklich zu einem effizienten Einsatz der Ressource Energie führen. Dazu wird der Betrachtungsraum erweitert und auch andere notwendige Ressourcen zur Bereitstellung einer Energiedienstleistung mit in die Analyse einbezogen.

Diese Punkte sollen im Rahmen der Kritik an der bisherigen Begriffsverwendung und den damit verbundenen Zielvorgaben in die Betrachtung mit einfließen. Die weiteren Ziele dieses Arbeitsberichts sind demzufolge, auf diesen Fragestellungen aufbauend, die vorhandenen Verständnisse und Zielvorgaben einer kritischen Würdigung zu unterziehen und, darauf basierend, ein erweitertes Verständnis des Begriffs Energieeffizienz herzuleiten.

Dazu ist dieser Arbeitsbericht in sieben Kapitel untergliedert. Zunächst wird das Verständnis des Begriffs Energieeffizienz auf Ebene der EU untersucht. Die vorhandenen EU-Definitionen, die Bedeutung von Energieeffizienz innerhalb der europäischen Energie- und Klimapolitik sowie die mit diesem Themengebiet verbundenen Ziele werden in diesem Zusammenhang betrachtet. Zudem wird der aktuelle Grad der Zielerreichung sowie die aktuelle Diskussion zum Themengebiet Energieeffizienz beleuchtet. Dies bezieht sich auch auf die EU-Energieeffizienzrichtlinie, zu der im Juni 2012 ein Kompromiss gefunden worden ist und die im November 2012 veröffentlicht wurde. Im nächsten Teil wird diese Analyse auch für Deutschland vorgenommen. Anschließend werden auch weitere Konzepte aus anderen europäischen Ländern und deren Zielvorgaben vorgestellt. Weiterhin erfolgt eine Abgrenzung zu anderen Begriffen und Konzepten. Im Anschluss wird eine Zusammenfassung und Kritik der bisherigen Verwendung des Begriffs Energieeffizienz und der damit verbundenen Zielvorgaben erarbeitet. Darauf aufbauend erfolgt die Herleitung eines erweiterten Begriffsverständnisses.

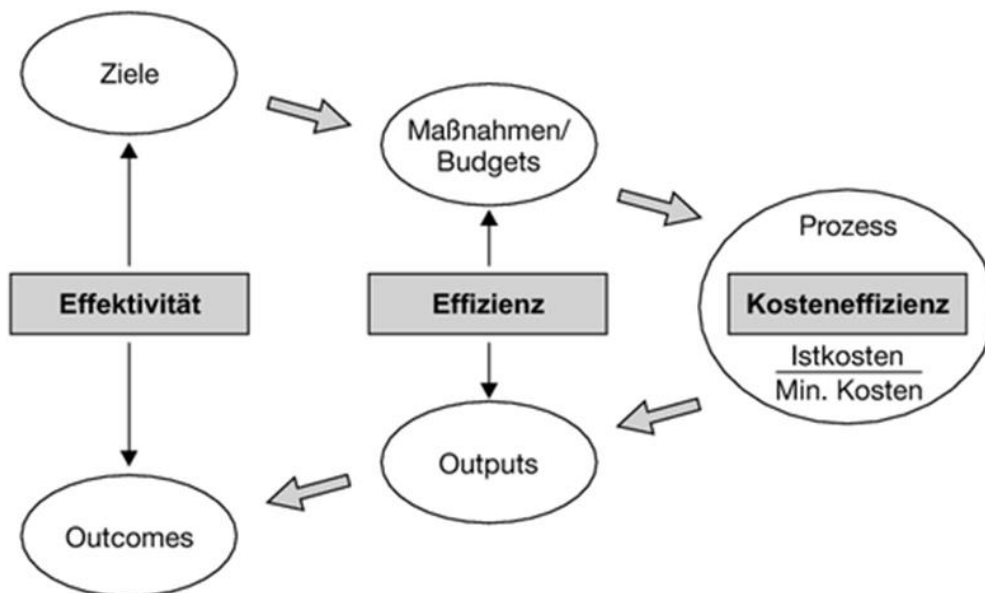
## **1.2 Allgemeine Betrachtung von Effektivität und Effizienz**

Unklarheit in der Definition und eine uneinheitliche Verwendung bestehen oft schon bei dem Begriff Effizienz. Dabei handelt es sich um einen Begriff, der einfach erscheint und in der Praxis häufig verwendet wird (Hüttenrauch, Baum 2008). Allgemein wird unter dem Begriff Effizienz eine Relation von eingesetzten Mitteln zu erreichter Wirkung bzw. von Aufwand zu Nutzen verstanden. Demgegenüber wird unter dem Begriff Effektivität der Grad einer Zielerreichung verstanden (Irrek et al. 2008). Effektivität beschreibt demzufolge den Grad der Wirksamkeit und untersucht, ob die beabsichtigte Wirkung erreicht wird bzw. ob die Wirkungsrichtung entsprechend des Ziels verläuft. Nicht das Verhältnis von Input zu Output (und ein möglichst geringer Mitteleinsatz) wird durch den Begriff Effektivität beschrieben,

sondern das Verhältnis von erreichtem zu definiertem Ziel unter Einsatz aller Mittel (Pehnt 2010).

Effizienz dagegen untersucht nicht die Wirkungsrichtung, sondern die Wirtschaftlichkeit und das Kosten-Nutzen-Verhältnis einer Option. Oftmals findet auch die Unterscheidung Anwendung, dass Effektivität beschreibt, „die richtigen Dinge zu tun“ und dagegen Effizienz, „die Dinge richtig zu tun“ (Drucker 1963). Eine alternative Abgrenzung ist, dass Effektivität die Wirksamkeit und Effizienz die Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme charakterisiert. Effizienz setzt Effektivität voraus und geht über diese hinaus (Pehnt 2010). Allgemein wird mit dem Begriff Effizienz versucht, relative Vorteilhaftigkeiten von alternativen Strukturen zu bewerten (Hüttenrauch, Baum 2008).

Abbildung 1-1 visualisiert die Beziehung zwischen Effektivität und Effizienz. Erneut wird verdeutlicht, dass Effektivität beschreibt, ob die Ergebnisse zu den Zielen passen und in Richtung der Ziele wirken. Effizienz hingegen bewertet nicht mehr die Richtung, sondern das Verhältnis von eingesetzten Faktoren zum Ergebnis.



**Abbildung 1-1:** Verhältnis von Effektivität und Effizienz

Quelle: Buchholtz (2001)

Diese allgemeine, klassische Verwendung des Begriffs Effizienz wird oftmals auch auf energiewirtschaftliche Zusammenhänge übertragen. Energie wird dabei als alleiniger Inputfaktor betrachtet, um einen bestimmten Output zu erzeugen. Der Term Energieeffizienz beschreibt dann das Verhältnis zwischen diesen beiden Positionen. Um dieses Verhältnis zu ermitteln, muss eine Bewertung des Outputs sowie des Energieinputs erfolgen. Dazu ist sowohl eine mengen- als auch eine wertmäßige Bewertung dieser beiden Faktoren möglich. In der allgemeinen Verwendung wird jedoch meist nur auf die Mengen abgezielt und Wirtschaftlichkeitsaspekte werden nicht berücksichtigt. Weitere verwandte Begriffe werden in Abschnitt 4.2 diskutiert und abgegrenzt.

## **2 Energieeffizienz in der EU – Bedeutung, Verständnis, Ziele und Zielerreichung**

### **2.1 Verständnis und Definition von Energieeffizienz in der EU**

Auf europäischer Ebene wird in offiziellen Dokumenten der EU der Begriff „Energieeffizienz“ in der Energiedienstleistungsrichtlinie (EDL) als der Quotient aus Leistung, Waren oder Energie und dem Energieeinsatz definiert (Europäisches Parlament und Rat 2006). Entsprechend dieser Definition beschreibt Energieeffizienz die Menge eines Gutes, einer Leistung oder den Energiestrom, die mit einer bestimmten Menge an Energie hergestellt werden kann. Insofern stellt der Begriff in diesem Fall den Kehrwert eines spezifischen Verbrauchs dar und entspricht einem Wirkungsgrad (Nutzen/Aufwand).

Im Energieeffizienzplan 2011 der Europäischen Kommission (Europäische Kommission 2011b) wird der Begriff „Energieeffizienz“ so definiert, dass weniger Energie bei gleichbleibendem Niveau der Wirtschaftstätigkeit oder Dienstleistung eingesetzt wird. Insofern wird der Begriff an dieser Stelle von Energieeinsparungen abgegrenzt, bei denen auch Verbrauchssenkungen durch Verhaltensänderungen der Endverbraucher (wie etwa der Verzicht auf bestimmte Energiedienstleistungen) sowie eine reduzierte Wirtschaftsleistung mitbetrachtet werden. Entsprechend des Energieeffizienzplans werden Energieeinsparungen demzufolge definiert als umfassenderes Konzept im Vergleich zu Energieeffizienz, dass auch Verbrauchssenkungen durch Verhaltensänderungen basierend auf einer reduzierten Nachfrage nach Energiedienstleistungen oder eine geringere Wirtschaftstätigkeit miteinschließt (Europäische Kommission 2011b). Auch im Energieeffizienzplan wird jedoch darauf hingewiesen, dass die Begriffe Energieeffizienz und Energieeinsparung schwer voneinander zu trennen sind und häufig (unter anderem auch im Energieeffizienzplan selbst) gleichbedeutend verwendet werden.

Im Gegensatz zu der obigen Definition, basierend auf der Energiedienstleistungsrichtlinie, beschreibt die Definition aus dem Energieeffizienzplan allerdings eine Reduktion des spezifischen Verbrauchs und somit eine Steigerung des Wirkungsgrades im Vergleich zu einem Referenzzustand. Es wird nicht ein bestimmter aktueller Zustand absolut gesehen bewertet. Vielmehr stellt die Definition aus dem Energieeffizienzplan eine Steigerung der Energieeffizienz bzw. eine Reduktion des spezifischen Verbrauchs im Sinne der ursprünglichen Definition dar. Eine dynamische Betrachtung ersetzt demzufolge die statische Betrachtung.

Im Kompromissvorschlag zur EU-Energieeffizienzrichtlinie wird Energieeffizienz jedoch erneut als das Verhältnis von Ertrag an Leistung, Dienstleistungen, Waren oder Energie zum Energieeinsatz definiert und damit die Definition der Energiedienstleistungsrichtlinie übernommen (Europäischer Rat 2012). Zudem werden auch die Begriffe Energieeinsparung

und Energieeffizienzsteigerung in dem Kompromissvorschlag definiert (vergleiche Artikel 2 der Energieeffizienzrichtlinie, Europäischer Rat 2012).

Basierend auf der Definition von Energieeffizienz in der neuen Effizienzrichtlinie stellen Effizienzsteigerungen eine Steigerung der Energieeffizienz als Ergebnis technischer, verhaltensbezogener und/oder wirtschaftlicher Änderung dar. Insofern bezieht sich nach dieser Abgrenzung der Begriff Energieeffizienz auf eine statische Betrachtung eines Zustandes, und der Begriff Energieeffizienzsteigerung bezieht sich auf die dynamische Betrachtung der Verbesserung gegenüber einem Referenzwert.

Der Term Energieeinsparung wiederum beschreibt die eingesparte Energiemenge, die durch Maßnahmen zur Energieeffizienzverbesserung bei gleichzeitiger Normalisierung der den Energieverbrauch<sup>1</sup> beeinflussenden äußeren Rahmenbedingungen erreicht wird. Insofern erfolgt erneut keine klare Trennung zwischen einer Reduktion des spezifischen und des absoluten Energieverbrauchs bzw. hinsichtlich der Ursachen für eine absolute Energieverbrauchsreduktion. Zudem stehen diese Begriffsbestimmungen teilweise im Widerspruch zu den Aussagen im Energieeffizienzplan. Verbrauchsrückgänge basierend auf Energieeffizienzsteigerungen stellen keine Teilmenge mehr von Energieeinsparungen dar, sondern werden basierend auf der Energieeffizienzrichtlinie mit Energieeinsparungen gleichgesetzt.

## **2.2 Bedeutung von Energieeffizienz innerhalb der europäischen Klima- und Energiepolitik**

Energieeffizienz ist ein zentrales Element der europäischen Energiepolitik. Sie stellt einen der Eckpunkte der Strategie „Europa 2020“ der Europäischen Union (EU) für ein intelligentes, nachhaltiges und integratives Wachstum dar (Europäische Kommission 2010a). In der EU ist Energieeffizienz ein Kernelement für den Übergang zu einer ressourceneffizienten Wirtschaft (Europäische Kommission 2011a und Europäische Kommission 2011b) und Teil des Fahrplans (EU Roadmap) für eine CO<sub>2</sub>-arme Wirtschaft bis 2050 (Europäische Kommission 2011c).

Diese hohe Gewichtung von Energieeffizienz als eines der Kernelemente der europäischen Energiepolitik basiert auf dem Aktionsplan „Eine Energiepolitik für Europa“ (Europäische Kommission 2007) und den Schlussfolgerungen des Europäischen Rates aus dem Jahr 2007 (Europäischer Rat 2007). Zusammen mit der Reduktion der Treibhausgase und dem Ausbau

---

<sup>1</sup> Obwohl die Bezeichnung *Energieverbrauch* thermodynamisch gesehen falsch ist (da nach dem ersten Hauptsatz der Thermodynamik Energie nicht verbraucht werden kann, sondern nur in eine andere Energieform überführt wird), wird dieser Begriff für ein leichteres Verständnis in diesem Arbeitsbericht verwendet.

der Erneuerbaren Energien stellt die Steigerung der Energieeffizienz eines der 20/20/20-Ziele der EU dar. Diese sind Teil des von der Kommission im Jahr 2008 vorgeschlagenen Klima- und Energiepakets (European Commission 2008), über das im Dezember 2008 von Rat und Kommission Einigung erzielt wurde.

Laut EU soll durch eine Steigerung der Energieeffizienz die Wettbewerbsfähigkeit des europäischen Wirtschaftsraums gesteigert und für ein nachhaltiges Wachstum gesorgt werden. Zudem soll ein Beitrag zur Versorgungssicherheit geleistet und entsprechend der Verpflichtungen des Kyoto-Protokolls die Emissionen reduziert werden. Ein weiteres, mit der Steigerung von Energieeffizienz verbundenes Ziel, ist eine Kostenreduktionen für die Verbraucher (Europäische Kommission 2011b).

Im Vergleich der drei 20/20/20-Ziele (20 % Reduktion der Treibhausgase, 20 % Effizienzsteigerung, 20 % Anteil Erneuerbarer Energien) ist die Reduktion der Treibhausgase das übergeordnete Ziel. Mit der Vorgabe dieses Ziels werden zunächst keine bevorzugten Wege oder Technologien definiert. Die beiden zusätzlichen Ziele (Anteilssteigerung der Erneuerbaren Energien und Steigerung der Energieeffizienz) stellen im Vergleich dazu lediglich mögliche, technologieorientierte Wege zur Erreichung des übergeordneten Zieles dar.

### **2.3 Effizienzziele, Verbindlichkeit und aktuelle Zielerreichung**

Das EU-Energieeffizienzziel, als Teil der 20/20/20-Ziele, sieht eine Reduktion des jährlichen Primärenergieverbrauchs<sup>2</sup> bis zum Jahr 2020 gegenüber einer Referenzentwicklung um 20 % vor (Europäische Kommission 2007 und Europäischer Rat 2007). Dieses Ziel wurde von der Kommission im Jahr 2010 erneut als ein wichtiger Schritt zur Erreichung der langfristigen Energie- und Klimaschutzziele herausgestellt (Europäische Kommission 2010b) und auch im Effizienzplan 2011 (Europäische Kommission 2011b) sowie im Kompromiss zur Energieeffizienzrichtlinie (Europäischer Rat 2012) wiederholt bekräftigt.

Neben dieser EU-weiten Effizienzzielvorgabe wurden im Jahr 2006 durch die Energiedienstleistungsrichtlinie (Europäisches Parlament und Rat 2006) nationale Effizienzziele für die einzelnen Mitgliedsstaaten durch die EU festgelegt. Diese beziehen sich auf den Zeitraum zwischen Anfang 2008 und Ende 2016 und betragen 9 % des jährlichen Durchschnittsverbrauchs aller von dieser Richtlinie erfassten Energieverbraucher in den

---

<sup>2</sup> Definiert wird der Begriff Primärenergieverbrauch in diesem Zusammenhang von der Kommission als Bruttoinlandsverbrauch („Gross Inland Consumption“) ohne nichtenergetische Nutzungsformen (Europäische Kommission 2011d). Damit weicht die EU-Definition von Primärenergieverbrauch beispielsweise von der Definition der AGEB ab, in der der nichtenergetische Verbrauch Teil des Primärenergieverbrauchs ist (AGEB 2010).

letzten fünf Jahren vor Umsetzung der Richtlinie (BMWi 2011a, Europäisches Parlament und Rat 2006). Die Einsparziele basierend auf dieser Richtlinie beziehen sich im Gegensatz zum 20%-Ziel auf den Endenergieverbrauch. Mit der neuen Energieeffizienzrichtlinie der EU wird die Energiedienstleistungsrichtlinie allerdings aufgehoben. In der neuen Richtlinie wird erneut das 20%-Ziel herausgestellt (Europäische Kommission 2011d, European Commission 2012b, Europäischer Rat 2012). Der Fokus der Zielausgestaltung liegt somit auch zukünftig auf dem Primärenergieverbrauch.

Weder das 20%-Ziel noch das 9%-Ziel sind verbindliche Ziele für die Mitgliedsstaaten. Beides sind sogenannte indikative Ziele. Bei Zielverfehlung können diese somit nicht von der Europäischen Kommission oder dem Europäischen Gerichtshof sanktioniert werden. Damit unterscheidet sich das 20%-Effizienzziel auch von den beiden anderen 20/20/20-Zielen, die jeweils beide legislativ untermauert sind.

Allerdings wird innerhalb des Energieeffizienzplans 2011 und der Energieeffizienzrichtlinie 2012 zur Festlegung von Zielvorgaben ein zweistufiger Ansatz von der Kommission vorgeschlagen. Zunächst stellen die Mitgliedsstaaten nationale Energieeffizienzzielvorgaben und entsprechende Programme auf (siehe Abschnitt 3.3 für die nationalen Ziele in Deutschland und Abschnitt 4.1 für die nationalen Ziele in anderen EU-Mitgliedsstaaten). Diese nationalen Programme werden anschließend evaluiert und einer jährlichen Prüfung dahingehend unterzogen, ob die kombinierten Programme der einzelnen Staaten zu einer Erreichung des europäischen Ziels von 20 % führen. Im Fall einer Nichterreicherung werden in einer zweiten Phase rechtsverbindliche nationale Ziele für 2020 vorgeschlagen (Europäische Kommission 2011b).

Die in der Definition im Energieeffizienzplan (Europäische Kommission 2011b) vorgenommene Abgrenzung zwischen Energieeffizienz und Energieeinsparung (vergleiche Abschnitt 2.1) findet in der Zielvorgabe einer Primärenergiereduktion gegenüber einer Referenzentwicklung jedoch nur indirekt seinen Niederschlag. Bei dem 20%-Ziel handelt es sich um ein Einsparziel. Die wirtschaftliche Entwicklung fließt nur insofern mit in die Betrachtung ein, als dass der Primärenergieverbrauch in 2020 gegenüber einer Referenzentwicklung und nicht gegenüber einem Basisjahr reduziert werden muss. In der Bestimmung des Referenzwertes ist eine Annahme für die wirtschaftliche Entwicklung bis 2020 hinterlegt. Gegenüber dem Energieverbrauchswert in 2005 stellt der Zielwert für 2020 nur eine Reduktion von 13 % dar.

Nach langen und kontroversen Verhandlungen haben sich das Europäische Parlament und der Europäische Rat im Juni 2012 auf einen Kompromiss für eine neue Energieeffizienzrichtlinie geeinigt, dem auch Deutschland zugestimmt hat (BMWi 2012c, EurActiv 2012a, BMWi 2012c). Anschließend erfolgte die formale Zustimmung des Rates und des EU-Parlaments sowie die Annahme der Richtlinie durch den Rat (EurActiv 2012b, Europäische Kommission 2012, BMWi 2012e). Am 25. Oktober 2012 wurde die Richtlinie 2012/27/EU über

Energieeffizienz erlassen und im November im Amtsblatt der Europäischen Union veröffentlicht (Europäisches Parlament und Europäischer Rat 2012). Ziel der Richtlinie ist es, weitere Maßnahmen festzulegen, um das 20-%-Ziel zu erreichen. Laut Richtlinie wird dieses Ziel ohne weitere Maßnahmen deutlich verfehlt. Diese zusätzlichen Maßnahmen betreffen alle Stufen der Energieversorgungskette über Umwandlung, Verteilung und Verbrauch.

Mit dieser Richtlinie werden die Mitgliedsstaaten verpflichtet, sich nationale Energieeffizienzziele für das Jahr 2020 zu geben (vergleiche Artikel 3 der Richtlinie, Europäischer Rat 2012). Diese sollen in Summe zu einer Erreichung des 20-%-Ziels führen. Allerdings sind auch diese Ziele indikative Ziele zur Senkung des nationalen Energieverbrauchs bis 2020.

Der Kompromiss zur Effizienzrichtlinie gibt zudem eine nationale Einsparvorgabe von jährlich 1,5 % bezogen auf den Zeitraum von Anfang 2014 bis Ende 2020 vor. Diese bezieht sich auf das Absatzvolumen aller Energieverteiler oder Energieeinzelhandelsunternehmen an Endkunden. Die Mitgliedsstaaten können zwischen der Einführung von Energieeffizienzverpflichtungssystemen oder alternativen Instrumenten mit gleicher Wirkung wählen. Das Verpflichtungssystem gibt Energieunternehmen eine Einsparquote von 1,5 % bezogen auf ihr jährliches Absatzvolumen vor. Alternative Systeme sind unter anderem Energiesteuern, Fördersysteme oder die Vorgabe von Standards. Zudem können Einsparungen in anderen Bereichen, nationale Besonderheiten sowie early actions bis zu einem Wert von 25 % der Einsparvorgabe angerechnet werden (BMWi 2012c).

Basierend auf diesem Kompromiss wird das ursprüngliche Einsparziel von 20 % allerdings aller Voraussicht nach verfehlt werden (EurActiv 2012a). Anstatt der Reduktion des Primärenergieverbrauchs von 20 %, entsprechend des EU-Energieeffizienzziels, werden wahrscheinlich nur 15 % eingespart werden. Nach anderen Einschätzungen werden mit der neuen Richtlinie Einsparungen von 14 % erreicht (EurActiv 2012a). Das EU-Ziel von 20 % ist weiterhin nicht verbindlich. Basierend auf der Energieeffizienzrichtlinie erfolgt Ende Juni 2014 eine Bewertung der erzielten nationalen Fortschritte durch die Kommission. Bei dieser Bewertung werden die nationalen Einsparziele addiert und mit dem EU-Ziel verglichen.

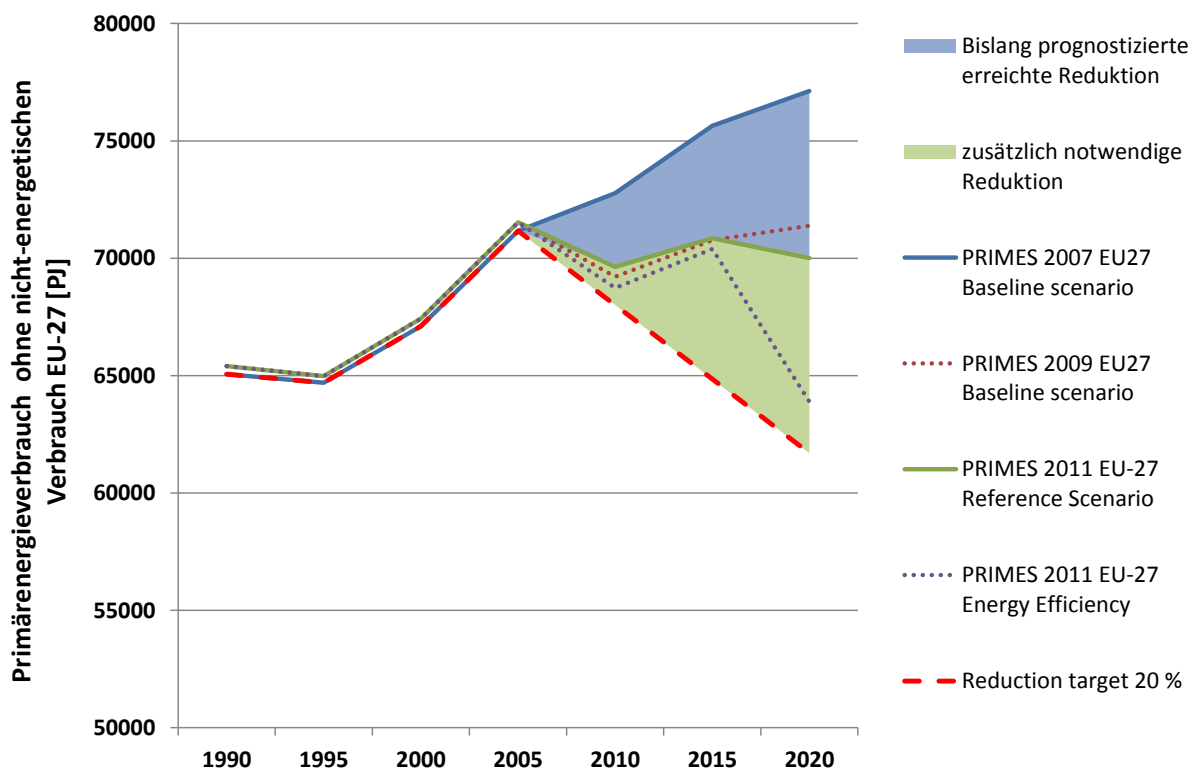
Da der zukünftige Fokus der EU basierend auf dem Energieeffizienzplan (2011) sowie dem Richtlinienentwurf zur Energieeffizienzrichtlinie (2011) und dem dazugehörigen Kompromiss (European Commission 2012b, Europäischer Rat 2012) auf dem 20-%-Ziel bezogen auf den Primärenergieverbrauch liegt, steht dieses Ziel auch im Mittelpunkt der Analyse der aktuellen Zielerreichung.

Die Berechnungen der Zielgröße für den Primärenergieverbrauch in der EU-27 in 2020 basiert auf den Modellrechnungen mit dem Primes-Modell aus dem Jahr 2007 (European Commission 2008b, in Abbildung 2-1 als „PRIMES 2007“ bezeichnet). Für 2020 ergibt sich im Baseline-Szenario ein Referenzwert von 77.123 PJ. Eine 20-%-Reduktion gegenüber



dieser Referenzentwicklung bedingt eine Zielgröße von 61.698 PJ in 2020 (in Abbildung 2-1 als „Reduction target 20 %“ bezeichnet).

Basierend auf den Berechnungen mit Primes aus dem Jahr 2009 (European Commission 2010a) ergibt sich für 2020 im Baseline Szenario ein Energieverbrauch von 71.390 PJ („PRIMES 2009, Baseline Szenario“ in Abbildung 2-1). Dieser Wert stellt eine Reduktion von 7,4 % gegenüber dem Bezugswert für 2020 (aus Primes 2007) dar. Basierend auf diesen Berechnungen aus 2009 ist gegenüber dem Bezugswert für 2020 demzufolge noch eine weitere Reduktion von 9.692 PJ oder 12,6 % notwendig, um das EU-Effizienzziel von 20 % in 2020 zu erreichen.



**Abbildung 2-1:** Zielerreichung des Energieeffizienzziels der EU

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf eigenen Berechnungen und Daten aus European Commission (2008b), European Commission (2010a), European Commission (2011a)

Auf Basis der aktuellsten Zahlen aus 2011 liegt der Verbrauch in der Referenzentwicklung in 2020 bei 70.009 PJ (European Commission 2011a). Damit ergibt sich eine prognostizierte Reduktion bis 2020 von 9,2 %. Es zeigt sich somit, dass eine Reduktion von 20 % nur schwer zu erreichen ist. Selbst im Energieeffizienz-Szenario der 2011-Studie (European Commission 2011a) wird der Zielwert nicht erreicht (siehe ebenfalls Abbildung 2-1).

### **3 Energieeffizienz in Deutschland – Bedeutung, Verständnis, Ziele und Zielerreichung**

#### **3.1 Verständnis und Definition von Energieeffizienz in Deutschland**

Auch auf nationaler Ebene wird der Begriff Energieeffizienz nicht einheitlich definiert, verwendet und gemessen. Laut Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) ist die Energieeffizienz umso höher, je geringer die Energieverluste bei Gewinnung, Umwandlung, Verteilung und Nutzung von Energieträgern für die jeweilige Energiedienstleistung sind (BMU 2012b). Effizient ist eine Minimierung der Umwandlungsverluste auf dem Weg zur Bereitstellung von Energiedienstleistungen. Dieses Verständnis schließt alle Umwandlungsstufen mit ein und bezieht sich somit auf den Primärenergieverbrauch. In die Effizienzbetrachtung fließt an dieser Stelle die Menge der erbrachten Energiedienstleistungen (zur Definition von Energiedienstleistungen siehe Abschnitt 4.2) ein, insofern erfolgt eine relative Betrachtung. Zudem wird Energieeffizienz nicht als Zustand verstanden, sondern als ein Vergleich von zwei Zuständen, der mit dem Kriterium der Energieeffizienz bewertet werden kann.

Laut Umweltbundesamt (UBA) hingegen, ist Energieeffizienz das Verhältnis eines bestimmten Nutzens oder Ergebnisses zum dafür nötigen Energieaufwand (UBA 2012). Diese Definition zielt somit auf einen Zustand ab.

Im nationalen Gesetz über Energiedienstleistungen und andere Energieeffizienzmaßnahmen (EDL-G) vom November 2010 wird sowohl der Begriff Energieeffizienz definiert, als auch die Begriffe Energieeffizienzverbesserung und Energieeinsparungen (BMJ 2010). Die Definition von Energieeffizienz entspricht dabei derjenigen aus der EU-Energiedienstleistungsrichtlinie als Verhältnis von Ertrag an Leistung, Dienstleistung, Waren oder Energie zum Energieeinsatz (vergleiche auch Abschnitt 2.1). Als Effizienzverbesserung werden Steigerungen der Energieeffizienz durch technische, wirtschaftliche oder Verhaltensänderungen verstanden. Energieeinsparungen wiederum beschreiben die eingesparte Energiemenge, die durch Energieeffizienzmaßnahmen oder Verhaltensänderungen erreicht worden sind.

Insgesamt wird auf nationaler Ebene deutlicher zwischen Energieeffizienz und Energieeinsparungen und demzufolge zwischen Effizienz- und Einsparzielen getrennt. Insbesondere im Zuge der Diskussion der EU-Energieeffizienzrichtlinie wurden von Seiten der Bundesregierung diese Unterschiede und die abweichenden Grundsätze betont (Deutscher Bundestag 2012b). Bezogen auf Effizienzziele wird die Kopplung an die wirtschaftliche Entwicklung hervorgehoben. Zur Messung und Beurteilung des aktuellen Niveaus der Energieeffizienz auf Bundesebene wird dementsprechend der Indikator Energieintensität (Primärenergieverbrauch/BIP) bzw. der Kehrwert, die Energieproduktivität, verwendet (BMWi 2007). Im Energieeffizienz-Aktionsplan wird zudem betont, dass die Orientierung

am Wirtschaftlichkeitsprinzip bei der Realisierung von Energiesparmaßnahmen die Philosophie der deutschen Energieeffizienzpolitik widerspiegelt. Dieses Verständnis wird auch im zweiten Energieeffizienz-Aktionsplan (BMWi 2011a) und im Energiekonzept der Bundesregierung (Bundesregierung 2010) hervorgehoben. Unter einer Effizienzsteigerung wird in diesem Energiekonzept das Ausschöpfen von wirtschaftlichen Energieeinsparpotenzialen verstanden. Gemäß dem Gesetz über Energiedienstleistungen und andere Energieeffizienzmaßnahmen (EDL-G) gelten Maßnahmen als wirtschaftlich, wenn die erforderlichen Aufwendungen innerhalb der üblichen Nutzungsdauer durch die eintretenden Einsparungen erwirtschaftet werden können. Diese deutlichere Trennung zwischen Energieeffizienz und Energieeinsparung spiegelt sich allerdings nicht in den Energieeffizienzzielen der Bundesregierung basierend auf dem Energiekonzept wider (siehe Abschnitt 3.3).

### **3.2 Bedeutung von Energieeffizienz innerhalb der nationalen Klima- und Energiepolitik**

Wie in Europa spielt das Thema Energieeffizienz auch in der nationalen Klima- und Energiepolitik eine zentrale Rolle. In dem im September 2010 von der Bundesregierung beschlossenen Energiekonzept werden insbesondere Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz sowie zum Ausbau der Erneuerbaren Energien und der Netze definiert (Bundesregierung 2010). Entsprechend des Energiekonzepts soll Deutschland eine der energieeffizientesten Volkswirtschaften der Welt werden. Das Thema Energieeffizienz stellt eines der Kernelemente dieses Konzepts dar.

Auch in dem im Juni 2011 von der Bundesregierung beschlossenen Energiepaket spielt Energieeffizienz eine entscheidende Rolle (Bundesregierung 2011). Die im Energiekonzept beschlossenen Effizienzziele (siehe Abschnitt 3.3) sowie die strategische Grundausrichtung zum Umstieg auf Erneuerbare Energien und Energieeffizienz für eine sichere, umweltschonende und wettbewerbsfähige Energieversorgung werden bekräftigt.

Auch von der Bundesregierung werden mit einer Steigerung der Energieeffizienz ähnliche Ziele verbunden wie von Seiten der EU (vergleiche Abschnitt 2.2). Zu diesen zählen eine bezahlbare Energieversorgung und somit eine Stärkung des Standortes Deutschland, eine Vergrößerung der Versorgungssicherheit sowie die kostengünstige Unterstützung der Erreichung der energie- und klimapolitischen Ziele (BMWi 2011a, BMWi 2007). Zudem bekennt sich die Bundesregierung zum EU-Energieeffizienzziel der Reduktion des Primärenergieverbrauchs von 20 % (BMWi 2012d).

### 3.3 Effizienzziele und aktuelle Zielerreichung

Den einzelnen EU-Mitgliedsstaaten, wie auch Deutschland, fällt die Schlüsselrolle bei der Erreichung der EU-Effizienzziele zu. Wie im vorangegangenen Abschnitt beschrieben (siehe Kapitel 2), wurde von Seiten der EU im Jahr 2006, basierend auf der Energiedienstleistungsrichtlinie, ein 9-%-Ziel bezogen auf den Endenergieverbrauch für jeden Mitgliedsstaat vorgegeben. Zudem hat die EU, basierend auf den Beschlüssen von 2007, ein EU-weites 20-%-Ziel bezogen auf den Primärenergieverbrauch vorgegeben. Beide Ziele sind nicht rechtsverbindlich. Allerdings wird im Jahr 2014 überprüft, ob die bisherigen nationalen Maßnahmen der einzelnen Mitgliedsstaaten ausreichen, das 20-%-Ziel zu realisieren. Basierend auf dem Kompromiss zur Energieeffizienzrichtlinie sind verbindliche Einsparziele von 1,5 % des Absatzes von Energieunternehmen an Endkunden pro Jahr festgelegt worden (Europäischer Rat 2012). Die Mitgliedsstaaten müssen Maßnahmen treffen, um diese jährliche Reduktion der Energieverkäufe an Endkunden zu erreichen. Hinsichtlich der Umsetzung besteht ein Wahlrecht (siehe Abschnitt 2.3). Zudem verpflichtet die Energieeffizienzrichtlinie die Mitgliedsstaaten, sich indikative nationale Ziele vorzugeben, die in Summe zu einer Erreichung des Energieeffizienzzieles der EU in Höhe von 20 % führen.

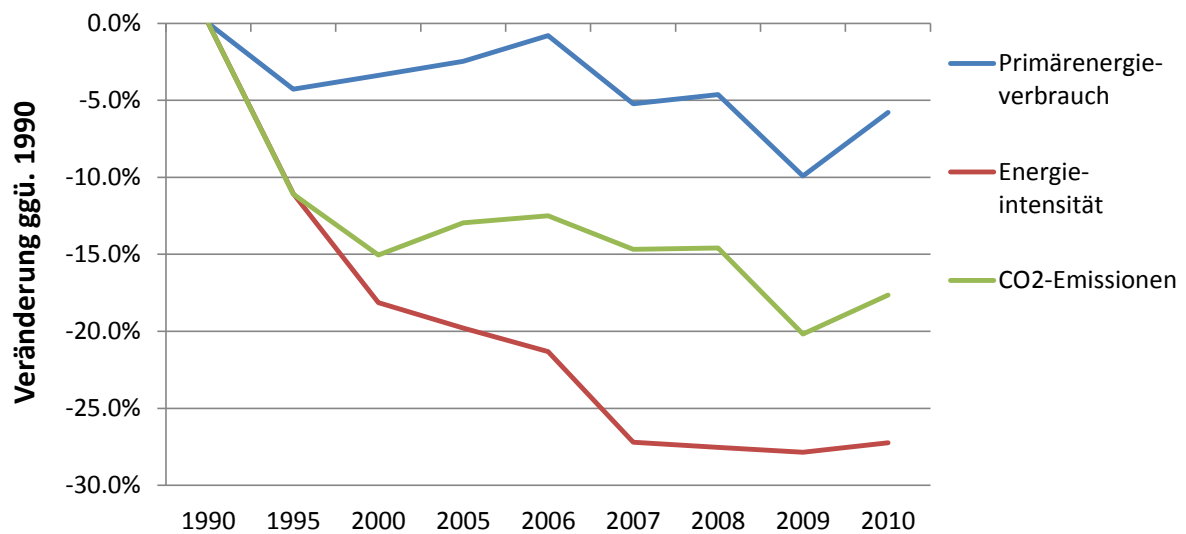
Zur Umsetzung der EU-Vorgaben und als Teil der nationalen Energie- und Klimapolitik hat sich Deutschland eigene Energieeffizienzziele gesetzt. Die Bundesregierung hat im Jahr 2002 als nationales Energieeffizienzziel eine Verdopplung der Energieproduktivität bis 2020 gegenüber 1990, basierend auf der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung, vorgegeben (Bundesregierung 2002). Demzufolge entspricht eine Steigerung der Energieproduktivität in diesem Verständnis einer Steigerung der Energieeffizienz bzw. die Entwicklung der Energieproduktivität dient zur Messung der Effizienzentwicklung.

In dem im September 2010 von der Bundesregierung veröffentlichten Energiekonzept werden zur Umsetzung der langfristigen Strategie detaillierte energiepolitische Ziele definiert (Bundesregierung 2010). Zu diesen Zielen zählen Vorgaben für die Minderung der Treibhausgasemissionen, Anteile Erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch und an der Stromerzeugung sowie Vorgaben hinsichtlich des Primärenergieverbrauchs, der Endenergieproduktivität und des Stromverbrauchs. Zudem werden noch weitere Ziele hinsichtlich der Sanierungsrate von Gebäuden und für den Transportsektor definiert.

Demnach soll der Primärenergieverbrauch in Deutschland bis 2020 um 20 % ggü. 2008 und um 50 % bis 2050 reduziert werden. Weiterhin soll die Energieproduktivität, bezogen auf den Endenergieverbrauch, um durchschnittlich 2,1 % p.a. bis 2050 gesteigert werden und der Stromverbrauch bis 2020 um 10 %, bis 2050 um 25 % (jeweils bezogen auf 2008) reduziert werden (Bundesregierung 2010).

Verglichen mit der Entwicklung der Energieintensität (Primärenergieverbrauch/BIP) und den CO<sub>2</sub>-Emissionen, hat sich der Primärenergieverbrauch in Deutschland vergleichsweise nur in

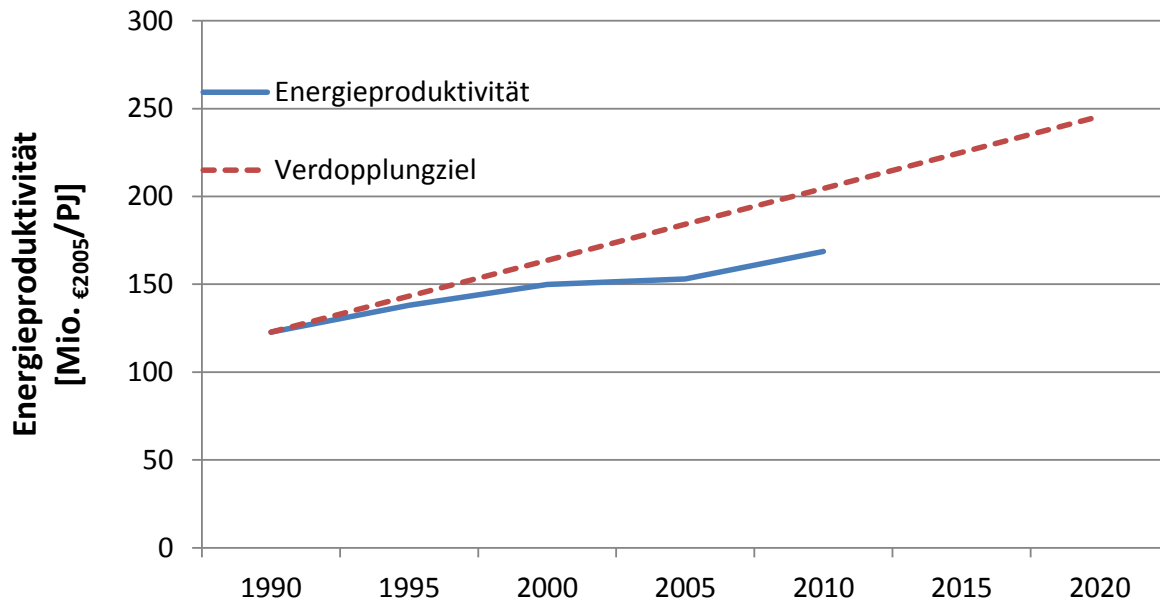
einem geringen Maße reduziert (siehe Abbildung 3-1). Zwischen 1990 und 2010 ist die Energieintensität um 27,2 % zurückgegangen, die CO<sub>2</sub>-Emissionen um 17,7 % und der Primärenergieverbrauch lediglich um 5,8 % (Berechnungen basierend auf BMWi 2012a).



**Abbildung 3-1:** Veränderung von Primärenergieverbrauch, CO<sub>2</sub>-Emissionen und Energieintensität in Deutschland gegenüber 1990

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Daten aus BMWi (2012a)

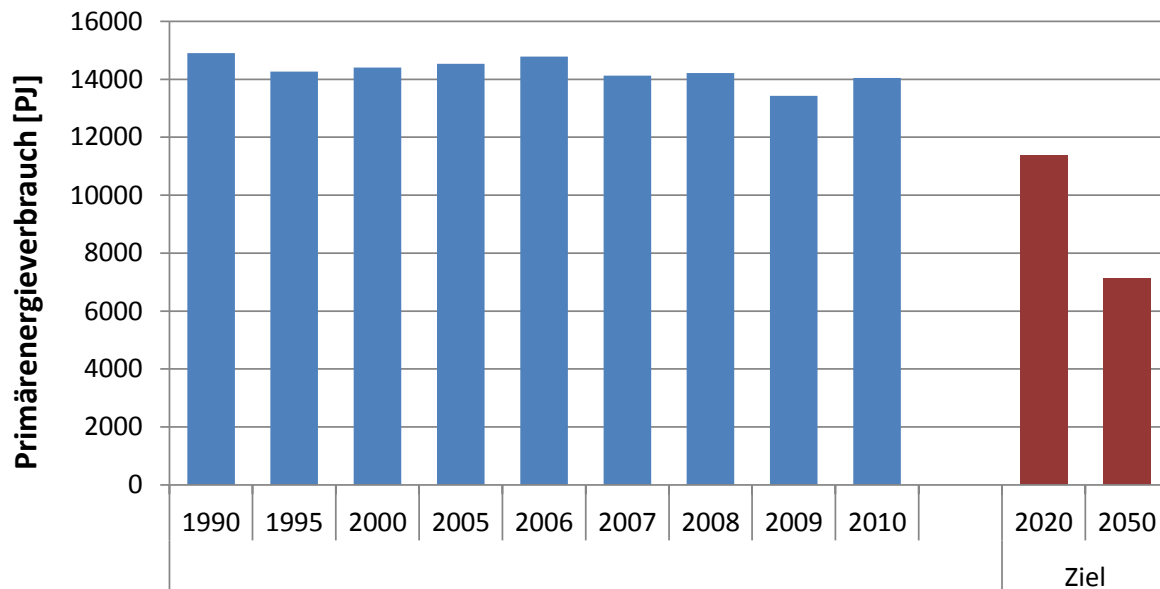
Die Energieproduktivität (Bruttoinlandsprodukt/Primärenergieverbrauch) als Effizienzindikator basierend auf der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung, hat sich seit 1990 bis zum Jahr 2010 um 37,4 % erhöht (siehe Abbildung 3-2). Dies entspricht einer jährlichen Steigerung von 1,6 %. Von einem Ausgangswert im Jahr 1990 von 123 Mio. €<sub>2005</sub>/PJ ist die Energieproduktivität in Deutschland bis zum Jahr 2010 auf einen Wert von 169 Mio. €<sub>2005</sub>/PJ angestiegen. Das Ziel der Bundesregierung einer Verdopplung der Energieproduktivität zwischen 1990 und 2020 entspricht jedoch insgesamt einer jährlichen Steigerung von 2,3 %. Um das Ziel noch erreichen zu können, wäre nun zwischen 2010 und 2020 eine jährliche Steigerung der Energieproduktivität von 3,8 % notwendig.



**Abbildung 3-2:** Energieproduktivität in Deutschland seit 1990 und Verdopplungsziel

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Daten aus BMWi (2012a)

Die Ziele der Bundesregierung aus dem Energiekonzept beziehen sich auf den Primärenergie- und Stromverbrauch, sowie auch die Endenergieproduktivität. Basierend auf dem Primärenergieverbrauch in Deutschland im Jahr 2008 (Basisjahr für die Zielvorgabe) von 14.216 PJ (BMWi 2012a), ergibt sich, entsprechend der Vorgaben der Bundesregierung, ein Zielwert von 11.373 PJ für 2020 bzw. von 7.108 PJ für 2050.

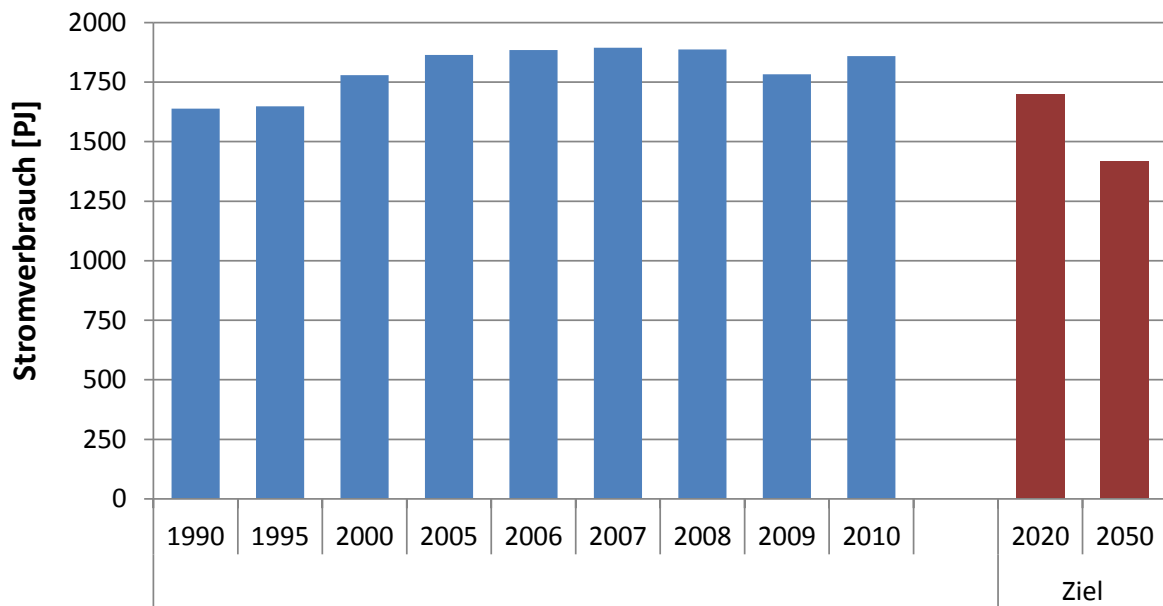


**Abbildung 3-3:** Entwicklung des Primärenergieverbrauchs in Deutschland und Reduktionsziele der Bundesregierung

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Daten aus BMWi (2012a)

Bezogen auf 1990 hat sich der Primärenergieverbrauch bis zum Jahr 2010 um insgesamt 5,8 % reduziert, bezogen auf das Bezugsjahr für das nationale Ziel der Bundesregierung (2008), hat sich der Primärenergieverbrauch bis zum Jahr 2010 um bislang insgesamt 1,2 % reduziert.

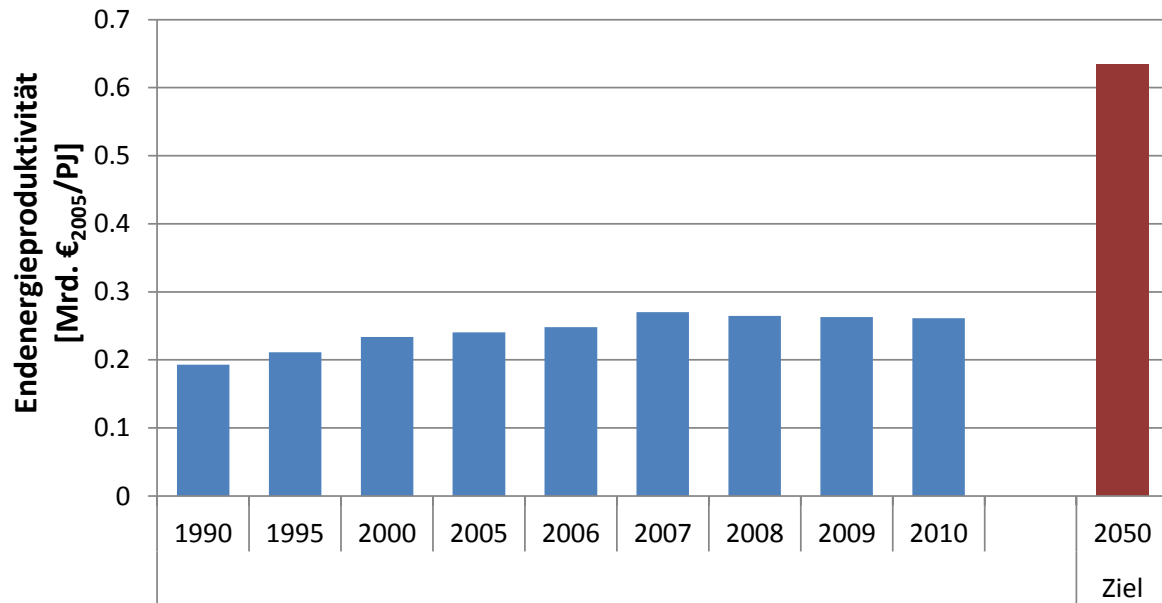
Im Gegensatz zum Primärenergieverbrauch ist der Stromverbrauch in Deutschland in der historischen Entwicklung seit 1990 bis zum Jahr 2010 um 13,5 % gestiegen (siehe Abbildung 3-4). Basierend auf dem Wert im Basisjahr für die Zielberechnung 2008 von 1.887 PJ belaufen sich die Zielwerte auf 1.699 PJ in 2020 bzw. 1.416 PJ in 2050. Im Vergleich zu den Einsparvorgaben von 10 % (bis 2020) bzw. 25 % (bis 2050, jeweils bezogen auf 2008) wurden bis zum Jahr 2010 insgesamt 1,5 % Strom seit dem Jahr 2008 eingespart.



**Abbildung 3-4:** Entwicklung des Stromverbrauchs in Deutschland und Reduktionsziele der Bundesregierung

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Daten aus BMWi (2012a)

Die Endenergieproduktivität hat sich zwischen 1990 und 2010 um insgesamt 35,4 % erhöht (siehe Abbildung 3-5). Dies entspricht einem jährlichen Wachstum von 1,5 %. Zwischen 2008 und 2010 hat sich die Endenergieproduktivität jedoch um insgesamt 1,2 % reduziert. Eine jährliche Steigerungsrate von 2,1 % entsprechend der Zielvorgabe aus dem Energiekonzept der Bundesregierung, führt bis 2050 zu einem Zielwert von 0,63 Mrd. €<sub>2005</sub>/PJ und liegt damit deutlich über dem aktuellen Wert in 2010 von 0,26 Mrd. €<sub>2005</sub>/PJ.



**Abbildung 3-5:** Entwicklung der Endenergieproduktivität in Deutschland und Zielvorgabe der Bundesregierung

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Daten aus BMWi (2012a)



## 4 Energieeffizienz – Weitere Konzepte und verwandte Begriffe

### 4.1 Weitere Definitionen und Konzepte

In der Literatur wird der Begriff Energieeffizienz ähnlich definiert und verwendet wie von Seiten der EU bzw. der Bundesregierung. Allerdings bestehen auch in der Literatur unterschiedliche Verständnisse und eine uneinheitlichen Verwendung. Unterschiede beziehen sich vor allem auf die Frage, ob Energieeffizienz ein Zustand oder eine Verbesserung des spezifischen Energieverbrauchs darstellt, sowie auf die zur Anwendung kommende Bezugsgröße. Pehnt definiert Energieeffizienz beispielsweise als Reduktion des Energieeinsatzes in einem System zur Erbringung einer Dienstleistung (Pehnt 2010). Das Wuppertal Institut definiert Energieeffizienz als das Verhältnis von erzieltm Nutzen und eingesetzter Energie (Irrek et al. 2008). Allerdings wird auch hier eingeschränkt, dass oftmals nicht die absolute Effizienz (statische Betrachtung), sondern deren prozentuale Steigerung (dynamische Effizienz) gemessen wird.

Um die Effizienz einer Technologie oder eines Sektors zu evaluieren und sowohl eine Zustandsbewertung als auch eine Analyse einer Entwicklung vornehmen zu können, unterscheidet das österreichische Umweltbundesamt in Wien drei Möglichkeiten zur Bewertung von Energieeffizienz (Umweltbundesamt 2005). Die erste Möglichkeit ist die Analyse der Entwicklung von Input zu Output im Zeitreihenvergleich. Die zweite Option ist der Vergleich der gemessenen Verbrauchswerte mit theoretischen Ansätzen bzw. Rechenergebnissen. Die dritte Möglichkeit ist der Vergleich mit Benchmarks und Best-Practice Ansätzen. Alle drei Ansätze vergleichen einen aktuellen, gemessenen IST-Wert mit einem Referenzwert. Darauf aufbauend wird eine Steigerung der Energieeffizienz definiert als neuer Zustand, in dem für die Bereitstellung der gleichen Leistung ein geringerer Energieinput erforderlich ist bzw. wenn mit dem gleichen Input an Energie eine höherwertige Dienstleistung erzielt wird (Umweltbundesamt 2005).

Oftmals aber werden die Begriffe Energieeffizienz und Energieeinsparung synonym verwendet (vergleiche auch die Verwendung der beiden Begriffe durch die EU, unter anderem in der Energieeffizienzrichtlinie, siehe Abschnitt 2.1). Der Fokus liegt in beiden Fällen auf einer Reduktion des Energieverbrauchs, oftmals im Speziellen mit einer Konzentration auf die Nachfrageseite und nicht auf die Energiebereitstellung. Nicht immer eindeutig unterschieden wird dabei, ob der absolute oder spezifische bzw. bezogene<sup>3</sup> Verbrauch (mit unterschiedlichen Bezugsgrößen wie Output einer Anlage bis hin zur gesamten Volkswirtschaft) betrachtet wird.

---

<sup>3</sup> Der Term *spezifischer Verbrauch* bezieht sich normalerweise nur auf Größen, die in einer Masseneinheit gemessen werden. Für andere (etwa monetäre) Güter kann der Begriff *bezogener Verbrauch* eingesetzt werden. In diesem Arbeitsbericht werden für ein einfacheres Verständnis die Ausdrücke jedoch synonym verwendet.

Zur Messung von Energieeffizienz werden neben Energieeinsparungen bzw. Energieverbrauch, Energieproduktivität oder Reduktion des spezifischen Verbrauchs auch Energieeffizienz-Indizes verwendet, um unterschiedliche Technologien oder Subsektoren zu aggregieren. Im Odyssee-Mure Projekt (Enerdata 2010) wurde der ODEX Index entwickelt, um die Energieeffizienz eines ganzen Sektors (Industrie, Verkehr, Haushalte) oder einer gesamten Volkswirtschaft zu messen<sup>4</sup>. Dazu wird ein gewichteter Durchschnittswert von wiederum kleineren Subeinheiten (wie beispielsweise einzelne Industriebranchen) gebildet. Basis ist die Berechnung von spezifischen Energieverbräuchen pro physischer Outputeinheit eines bestimmten Verfahrens. Die Verbesserung dieser spezifischen Verbräuche wird mit dem Anteil des Energieverbrauchs für dieses Verfahren bzw. dieser Anwendung am Gesamtverbrauch (oder Verbrauch des betrachteten Sektors) gewichtet, um so die Effizienzsteigerung des gesamten Sektors zu bestimmen. Der Unterschied dieses Ansatzes zur Bewertung einer Sektoreffizienz im Vergleich mit anderen Methoden ist die Verwendung einer technologieorientierten Bottom-Up-Berechnung mit physischen Bezugsgrößen auch für einen kompletten Sektor anstatt monetäre Bezugsgrößen (wie etwa die Bruttowertschöpfung) einzusetzen.

## **4.2 Verwandte Begriffe und Energieeffizienzindikatoren für unterschiedliche Aggregationsebenen**

Abzugrenzen vom Begriff Energieeffizienz ist der Begriff Energieeinsparung. Jeder absolute Verbrauchsrückgang im Vergleich zu einem Referenzwert stellt zunächst eine Energieeinsparung dar. Dieser Begriff ist somit weiter gefasst, Energieeffizienz ist nur eine Teilmenge von Energieeinsparungen. Zur Bestimmung, ob ein Verbrauchsrückgang auf Effizienzsteigerungen, entsprechend des vorgestellten, bisherigen Verständnisses, basiert, ist eine Bezugsgröße für eine spezifische Betrachtung notwendig. Beispielsweise ist ein reduzierter Energieeinsatz gegenüber einem Referenzwert in der gesamten Stahlindustrie zunächst eine Energieeinsparung. Anschließend kann dieser Verbrauchsrückgang unterteilt werden in einen Effizienzeffekt, der auf einer Reduktion des spezifischen Energieverbrauchs (eingesetzte Energie pro Tonnen Stahl) basiert, und einen Effekt, der durch einen Rückgang der Aktivität (Produktionsmengen Stahl) ausgelöst worden ist. Die Verwendung und Abgrenzung der Begriffe ist allerdings uneinheitlich.

Weitere verwandte Begriffe in diesem Zusammenhang sind beispielsweise Ressourceneffizienz und Ökoeffizienz. Ressourceneffizienz wird definiert als das Verhältnis eines bestimmten Nutzens zum dafür nötigen Ressourcenaufwand (Eifert et al. 1974, Wittmann et al. 1993, Sellien 1975). Dabei werden alle notwendigen Ressourcen zur

---

<sup>4</sup> Vergleiche <http://www.odyssee-indicators.org/>.

Bereitstellung eines bestimmten Nutzens in die Betrachtung miteinbezogen. Unter diesen knappen Ressourcen werden die Produktionsfaktoren Arbeit und Wissen, Kapital, Energie, Rohstoffe und Material sowie Umwelt verstanden. Energie stellt dabei eine der notwendigen knappen Ressourcen zur Bereitstellung eines Nutzens dar. Zwischen den einzelnen Ressourcen bestehen Substitutionsmöglichkeiten. Der reduzierte Einsatz einer dieser Ressourcen kann zu einem deutlich erhöhten Einsatz einer anderen knappen Ressource und damit in Summe zu einem erhöhten Ressourceneinsatz führen.

Der Begriff Ökoeffizienz konzentriert sich wiederum ausschließlich auf den Faktor Umwelt und wird definiert als Quotient aus dem Wert eines Produkts und der durch sein Produktsystem verursachten Umweltbelastungen (UBA 2012). Ein weiterer verwandter Begriff ist der Term Produktivität. Unter Produktivität wird der Quotient aus Produktionsergebnis (Ausbringung, Output) und einem, mehreren oder allen zur Produktion eingesetzten Produktionsfaktoren (Einsatz, Input) verstanden (Cantner et al. 2007). Allerdings werden auch die Begriffe Produktivität und Effizienz teilweise ohne eine präzise Definition und Abgrenzung sowie oftmals synonym verwendet (Hammerschmidt 2005).

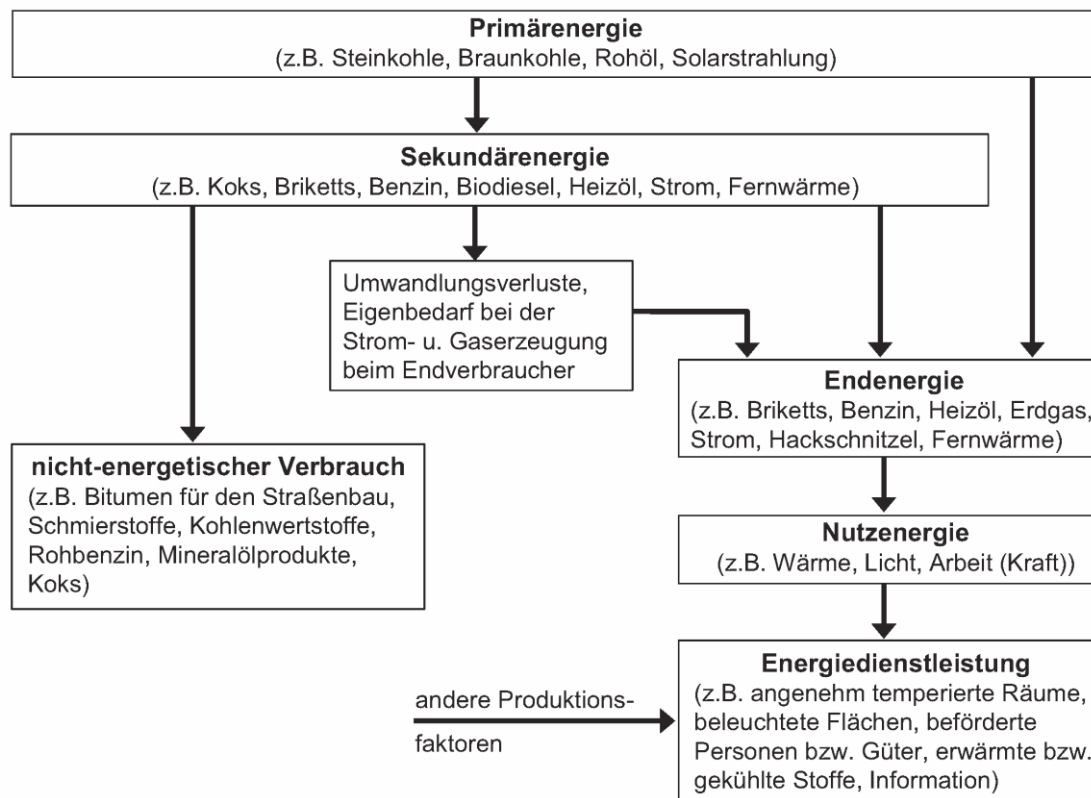
Weitere wichtige Begriffe in diesem Zusammenhang sind spezifischer bzw. bezogener Energieverbrauch, Wirkungsgrad und Nutzungsgrad. Während sich der Wirkungsgrad auf einen (optimalen) Betriebspunkt bezieht und das Verhältnis von Nutzleistung zu Aufwandsleistung charakterisiert, beschreibt der (Jahres-)Nutzungsgrad das Verhältnis von Nutzenergie zu Aufwandsenergie über einen Zeitraum von einem Jahr. Während der Wirkungsgrad somit auf die momentane Leistung abzielt, bezieht sich der Nutzungsgrad auf die Menge an Arbeit. Der spezifische Energieverbrauch (auch spezifischer Energieaufwand) beschreibt die Summe allen Energieeinsatzes einer Prozessstufe für die Herstellung bzw. Bereitstellung einer bestimmten Energieaufwendung bezogen auf die funktionale Einheit der betrachteten Anwendung (Mauch 1993, FFE 1999).

Wie gezeigt, ist eine Bezugsgröße notwendig, um Aussagen über Energieeffizienz treffen zu können. Diese Bezugsgröße fällt auf verschiedenen Betrachtungsebenen unterschiedlich aus. Auf gesamtwirtschaftlicher Ebene dient nach dem bisherigen Verständnis von Energieeffizienz oftmals die Energieproduktivität oder ihr Kehrwert, die Energieintensität, als Indikator zur Bewertung bzw. zur Messung von Energieeffizienz (siehe auch Abbildung 4-2). Die Energieproduktivität wird als Quotient aus Bruttoinlandsprodukt (BIP) und Primärenergieverbrauch berechnet. Damit drückt die Energieproduktivität aus, wie viel Bruttoinlandsprodukt je eingesetzter Einheit Primärenergie erwirtschaftet wird (Statistisches Bundesamt 2012). Neben dem Bruttoinlandsprodukt wird teilweise auch die Anzahl Einwohner (Energieverbrauch pro Kopf) zur Bildung der Kennzahl Energieintensität herangezogen werden (Pehnt 2010; siehe auch Abbildung 4-3).

Bezogen auf einzelne Umwandlungs- oder Produktionsverfahren wird dagegen der Wirkungsgrad (z. B. bei Kraftwerken) oder der spezifische Verbrauch pro Outputeneinheit

(z. B. bei Hochöfen) herangezogen. Zudem werden für einzelne komplette Sektoren des Energiesystems spezifische Werte gebildet, in denen der Energieeinsatz eines Sektors auf den Wert des Outputs des gesamten Sektoroutputs bezogen wird (beispielsweise in der Industrie). Unterschiede gibt es hinsichtlich der Bezugsgröße, da diese sowohl monetäre Werte (BIP oder Bruttowertschöpfung eines Sektors oder Subsektors) oder auch physische Werte (Einheiten Stahl oder Einheiten produzierter Strom) sein können.

Weitere mögliche Bezugsgrößen sind Energiedienstleistung oder Nutzenergie. Nutzenergie beinhaltet diejenigen technischen Formen der Energie, die letztendlich vom Verbraucher benötigt werden (VDI 2003). Zu Nutzenergie zählen unter anderem Wärme, Licht oder Kraft (siehe Abbildung 4-1). Energiedienstleistungen hingegen sind die aus dem Einsatz von Nutzenergie und anderen Produktionsfaktoren befriedigten Bedürfnisse bzw. erzeugten Güter (VDI 2003). Als Beispiele für Energiedienstleistungen sind angenehm temperierte Räume, beleuchtete Flächen oder beförderte Personen zu nennen.



**Abbildung 4-1:** Energieflussschema von Primärenergie zu Energiedienstleistungen

Quelle: Voß (2011)

Eine Reduktion des Energieeinsatzes bezogen auf die bereitgestellte Energiedienstleistung stellt eine Energieeffizienzsteigerung (im Sinne des bisherigen Verständnisses) dar. Zur Reduktion des Energieinputs können sowohl Wirkungsgradsteigerungen in der Bereitstellung beitragen, als auch Maßnahmen zur Reduktion des Nutzenergiebedarfs. Zu diesen

Maßnahmen zählen, bezogen auf die Energiedienstleistung des warmen Raums, beispielsweise Dämmmaßnahmen aber auch Verhaltensänderungen der Nutzer (etwa in Form eines veränderten Lüftens des Raums). Ein reduzierter Energieverbrauch hingegen, der nur auf einer verringerten Nachfrage nach Energiedienstleistungen beruht, kann dem Bereich der Energieeinsparungen zugeordnet werden. Häufig werden jedoch, wie erläutert, die Begriffe Energieeffizienz und Energieeinsparungen synonym verwendet.

### **4.3 Effizienzziele und weitere Effizienzindikatoren in Europa**

Die EU-Mitgliedsstaaten spielen eine Schlüsselrolle in der Umsetzung der EU-Energieeffizienzziele (vergleiche für die EU-Ziele Abschnitt 2.3). Wie für Deutschland, gelten auch für die anderen Mitgliedsstaaten als nicht-rechtsverbindliche, indikative Ziele das 9-%-Ziel basierend auf der Energiedienstleistungsrichtlinie, das EU-weite 20-%-Ziel sowie die 1,5-%-Reduktionsvorgaben basierend auf dem Kompromiss zur Energieeffizienzrichtlinie (vergleiche auch Abschnitte 2.3 für die europäischen und 3.3 für die deutschen Ziele).

Zur Umsetzung der EU-Vorgaben und im Rahmen eigener, energiepolitischer Strategien haben sich die EU-Mitgliedsstaaten vergleichbar mit Deutschland eigene Effizienzziele gesetzt. Diese zeichnen sich durch eine große Heterogenität im Ländervergleich bezogen auf das Bezugs- und Zieljahr sowie die Ziel- und Messgröße aus. In Tabelle 4-1 sind die Ziele der EU sowie ihrer Mitgliedsstaaten zusammengefasst, wobei die einzelnen 9-%-Ziele und 1,5-%-Ziele basierend auf der Dienstleistungsrichtlinie bzw. der Energieeffizienzrichtlinie nicht mehr gesondert aufgeführt werden. Basierend auf der EU-Energieeffizienzrichtlinie sind alle Mitgliedsstaaten verpflichtet, jeweils Einsparziele für das Jahr 2020 aufzustellen (Artikel 3 des Kompromissentwurfs, Europäischer Rat 2012). Diese Ziele können sich auf den Primär- oder Endenergieverbrauch, auf Primär- oder Endenergieeinsparungen oder auf die Energieintensität beziehen. Die Summe dieser Einzelziele soll zur Erreichung des EU-Ziels von 20 % führen.

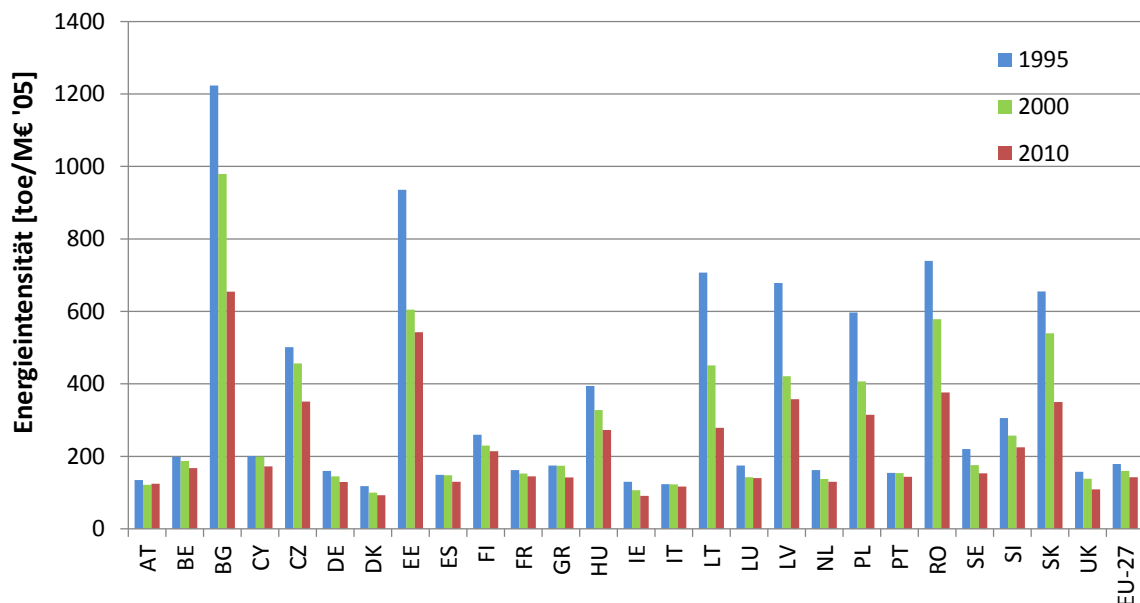
**Tabelle 4-1:** Energieeffizienzziele nach Regionen und Ländern

Region/Land	Messgröße	Bezugs-jahr	Ziel-jahr	Zielgröße
Bulgarien	Energieintensität	2005	2020	- 50 %
Dänemark	Endenergieverbrauch	2010	2020	-1,5 % p.a.
Deutschland	Primärenergieverbrauch	2008	2020	- 20 %
		2008	2050	- 50 %
	Energieproduktivität (BIP/EEV)	1990	2020	+ 100 %
EU	Primärenergieverbrauch (bezogen auf Referenzentwicklung)	Baseline	2020	- 20 %
EU-Mitgliedsstaaten	Endenergieverbrauch (Basierend auf der Energiedienstleistungsrichtlinie und Vorgabe für NEEAP)	2008	2016	- 9 %
	Absatzvolumen aller Energieunternehmen an Endkunden	2014	2020	-1,5 % p. a.
Finnland	Endenergieverbrauch	Baseline	2020	-11 %
		2020 (Baseline)	2050	-30 %
	Primärenergieverbrauch	2008	2020	+/- 0 %
Frankreich	Energieintensität	2005	2015	-20 %
Irland	Endenergieverbrauch	2007	2020	-30 %
Italien	Primärenergieverbrauch	2011	2012	-3,5 toe p.a.
Lettland	Energieintensität	2005	2020	0,22 toe/1000€
Litauen	Energieintensität		2025	EU Durchschnitt
Niederlande	Energieeffizienzsteigerung (gemessen als Reduktion des Primärenergieverbrauchs)		2020	2 % p.a.
Österreich	Endenergieverbrauch	2005	2020	+/- 0 %
Polen	Energieintensität		2030	EU-15 Durchschnitt (2005)
	Primärenergieverbrauch		2020	+/- 0 %
Portugal	Endenergieverbrauch	2005	2020	-45,2 TWh

Rumänien	Energieintensität	2001	2015	-40 %
Schweden	Energieintensität	2008	2020	-20 %
Slowakei	Energieintensität (Langfristziel)			EU-15 Durchschnitt
Tschechische Republik	Energieintensität	2000	2030	-3,22 % p.a.
	Primärenergieverbrauch	2000	2030	+/- 0 %
Ungarn	Energieintensität	1999	2010	-3,5 % p.a.

Quellen: Eigene Darstellung basierend auf Daten aus BMWFJ (2011), ECEEE (2011), Bulgarian WEC Committee (2011), Ministry of Industry and Trade of the Czech Republic (2004), Enerdata (2011), ABB (2012)

Als ein möglicher Indikator zur Messung von Energieeffizienz auf gesamtwirtschaftlicher Ebene wird aktuell die Energieintensität, definiert als Primärenergieverbrauch bezogen auf das Bruttoinlandsprodukt, herangezogen. Unter anderem wird dieser Indikator im 2. Nationalen Energieeffizienz-Aktionsplan der Bundesrepublik Deutschland zur Bewertung der gesamtwirtschaftlichen Energieeffizienz verwendet (BMWi 2011a). Auch anderen EU-Staaten haben sich nationale Zielvorgaben basierend auf der Energieintensität bzw. Energieproduktivität gegeben (u.a. Bulgarien, Frankreich oder Ungarn; vergleiche Tabelle 4-1). Dieser Indikator ermöglicht einen Ländervergleich eines aktuellen Zustandes bzw. der Entwicklung zwischen den Mitgliedsstaaten der EU (siehe Abbildung 4-2).

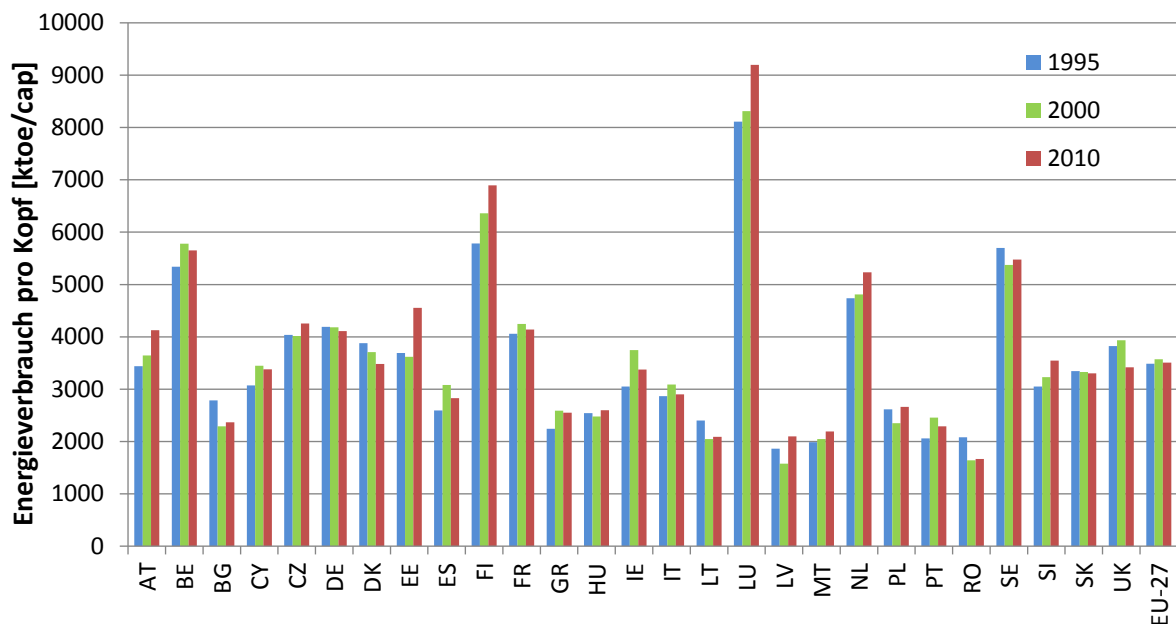


**Abbildung 4-2:** Energieintensitäten nach Ländern in der EU-27

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf European Commission (2010b)

Der Ländervergleich zeigt in den meisten Ländern einen sinkenden Verlauf zwischen 1995 und 2010, aber auch deutliche Unterschiede in der absoluten Höhe der Energieintensität zwischen den Ländern. Insbesondere die neuen EU-Mitgliedsstaaten wie Bulgarien (1.223 toe/Millionen €<sub>2005</sub> bezogen auf das Jahr 1995, 654 toe/Mio. € in 2010), Rumänien, Estland oder die Slowakei weisen hohe Werte auf. Allerdings haben diese Staaten gegenüber 1995 auch bereits eine deutliche Minderung der Energieintensität zu verzeichnen. In Deutschland hat sich dieser Wert im Zeitverlauf ebenfalls reduziert (vergleiche auch Abbildung 3-1 und Abbildung 3-2). Im Jahr 2010 liegt der Wert in Deutschland bei 129 toe/Mio. €<sub>2005</sub> und damit unter dem EU-Durchschnitt von 143 toe/Mio. €<sub>2005</sub>. Die geringsten Werte sind in Irland (91 toe/Mio. €<sub>2005</sub>) und Dänemark (93 toe/Mio. €<sub>2005</sub>) zu verzeichnen. Danach folgen UK, Italien, Österreich und anschließend Deutschland.

Ein weiterer zur Anwendung kommender Indikator, um Energieeffizienz auf Länderebene zu vergleichen, ist der Energieverbrauch pro Kopf. Berechnet wird der Indikator in diesem Fall als Bruttoinlandsverbrauch pro Einwohner (basierend auf European Commission 2012a). Auch dieser Indikator wird im Energieeffizienz-Aktionsplan der Bundesregierung zu den Leitdaten der Energieeffizienz gezählt (BMW 2011a). Im Ländervergleich zwischen den Mitgliedsstaaten der EU-27 zeigt der Energieverbrauch pro Kopf sowohl in der zeitlichen Entwicklung als auch bezogen auf den aktuellen Wert deutliche Unterschiede zwischen den Ländern (siehe Abbildung 4-3).



**Abbildung 4-3:** Energieverbrauch pro Kopf nach Ländern in der EU-27

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf European Commission (2012a)

Während in einigen Ländern ein Rückgang im Zeitverlauf zwischen den betrachteten Perioden 1995, 2000 und 2010 zu beobachten ist, wie etwa in Deutschland oder der Slowakei, verzeichnen anderen Ländern einen kontinuierlichen Anstieg. Zu diesen Staaten



zählen beispielsweise Österreich oder Finnland. Bezogen auf die absolute Höhe liegt Deutschland im Jahr 2010 bei einem Wert von 4.111 ktoe/cap. Damit liegt Deutschland über dem EU-Durchschnittswert von 3.507 ktoe/cap. Der geringste Wert in 2010 tritt in Rumänien auf (1.666 ktoe/cap), gefolgt von Lettland (2.088) und Litauen (2.099). Die höchsten Werte sind in Finnland (6.895) und mit großem Abstand in Luxemburg (9.198) zu verzeichnen.

Der Vergleich dieser beiden gesamtwirtschaftlichen Indikatoren - Energieintensität und Energieverbrauch pro Kopf - verdeutlicht die teilweise vorherrschende Widersprüchlichkeit hinsichtlich möglicher Aussagen über den Grad der Energieeffizienz in den einzelnen Ländern. So liegt beispielsweise in Bulgarien oder Rumänien die Energieintensität auf einem sehr hohen Niveau und demzufolge fällt die Effizienz gering aus. Wird der Indikator Energieverbrauch pro Kopf herangezogen, fallen die Werte für Bulgarien und Rumänien gering und die Effizienz basierend auf dieser Betrachtung hoch aus. Der Indikator Energieverbrauch pro Kopf stellt daher keinen Energieeffizienzindikator dar und ist zur Beurteilung von Effizienz nicht geeignet. Vielmehr wird eine Aussage über die Intensität oder auch über den Entwicklungsstand eines Landes getroffen.

## **5 Kritik an den aktuellen Energieverbrauchsreduktionszielen und dem bisherigen Verständnis von Energieeffizienz**

### **5.1 Bereits vorhandene Kritik an den aktuellen Zielvorgaben**

Bevor zusätzliche Kritikpunkte an dem bisherigen Verständnis von Energieeffizienz und den damit verbunden Zielvorgaben aufgezeigt werden, soll die bereits bestehenden Kritik kurz dargestellt werden. Kritisiert wird bislang an der bisherigen Ausgestaltung des EU-Ziels mit einer absoluten Reduktionsvorgabe für den Primärenergieverbrauch unter anderem, dass diese Vorgabe wachstumshemmend wirken kann und planwirtschaftliche Züge trägt. Zudem verlangt eine Verbindlichkeit der Zielvorgabe mehr Ordnungsrecht (BMW 2011b). Laut BMWi stellen absolute Energieverbrauchshöchstwerte einen Irrweg dar. Wichtig sei es vor allem, „Energie kosteneffizient einzusparen“ (BMW 2012b).

Die kritische Haltung der Bundesregierung gegenüber der Effizienzpolitik der EU und der Vorgabe von Energieeinsparzielen zeigte sich im Rahmen der Beratungen zur EU-Energieeffizienzrichtlinie. Anstatt ausschließlich eine Energieeinsparung vorzugeben, sollte es laut BMWi und BMU im Gegensatz dazu den Mitgliedsstaaten freigestellt sein, sich entweder zu einer Reduktion des Energieverbrauchs von 4,5 % oder zu einer Steigerung der Energieeffizienz (in diesem Fall gemessen als Wirtschaftswachstum in Bezug zum Energieverbrauch) von 6,3 %, jeweils für einen Zeitraum von drei Jahren, zu verpflichten (Deutscher Bundestag 2012, BMU 2012a). An dieser Stelle wird von Seiten der Bundesregierung klar unterschieden zwischen Energieeffizienzziel (inklusive Betrachtung der wirtschaftlichen Entwicklung) und Einsparverpflichtung. Zudem wird betont, dass beide Ziele wegen unterschiedlicher Grundsätze nicht direkt vergleichbar sind (siehe auch die Diskussion zu Energieeffizienz in Deutschland in Kapitel 3 ab Seite 10).

Diese Kritik der Bundesregierung steht teilweise im Widerspruch zu den energiepolitischen Zielvorgaben aus dem Energiekonzept der Bundesregierung. Obwohl auch Ziele festgelegt wurden, die die wirtschaftliche Entwicklung berücksichtigen (Verdopplung der Energieproduktivität bzw. jährliche Steigerung um 2,1 %), wurden im Energiekonzept 2010 (Bundesregierung 2010) auch Energieeinsparziele festgelegt. Diese Einsparziele geben sowohl für den Primärenergie- als auch den Stromverbrauch absolute Reduktionspfade vor.

Auch zu dem Kompromiss zur EU-Energieeffizienzrichtlinie gibt es bereits zahlreiche kritische Anmerkungen. Von Seiten des Bundesverbandes der Deutschen Industrie wird weiterhin kritisiert, dass absolute Verbrauchsobergrenzen Unternehmen zu unwirtschaftlichen Maßnahmen oder einem Zurückfahren der Produktion zwingen können (BDI 2012).

Im Anschluss an diese bereits bestehende Kritik an den aktuellen Zielvorgaben werden weitere Kritikpunkte an diesen Zielvorgaben und dem bisherigen Verständnis von Energieeffizienz herausgearbeitet (siehe die folgenden Abschnitte 5.2 bis 5.5).

## 5.2 Uneinheitliche und unklare Begriffsverwendung

Ein genereller Kritikpunkt im Zusammenhang mit der Definition und Messung von Energieeffizienz ist die uneinheitliche und unklare Verwendung des Terms Energieeffizienz. Wie in dieser Studie aufgezeigt, erfolgt trotz der großen Bedeutung und der häufigen Verwendung des Begriffs Energieeffizienz keine einheitliche Verwendung und keine klare Abgrenzung zu anderen Begriffen wie etwa Energieeinsparungen. Es liegt keine allgemein anerkannte Definition bzw. kein allgemein anerkanntes Verständnis von Energieeffizienz vor. Zudem existiert keine einheitliche Methode zur Messung von Energieeffizienz. Es gibt eine Vielzahl von Indikatoren die zum Einsatz kommen, um Aussagen über den Grad oder die Erhöhung der Energieeffizienz ableiten zu können.

Die am häufigsten auftretenden Unklarheiten in der Begriffsverwendung beziehen sich auf die Unterscheidung zwischen einem Rückgang des absoluten und spezifischen Energieverbrauchs. Beide Effekte werden oftmals mit einer Steigerung der Energieeffizienz gleichgesetzt. Es erfolgt somit keine klare Trennung zwischen den Begriffen Energieeffizienz und Energieeinsparungen, die oftmals synonym verwendet werden. Zudem besteht Uneinigkeit hinsichtlich der dynamischen und statischen Begriffsverwendung und somit der Frage, ob Energieeffizienz einen Zustand im Sinne eines Wirkungsgrades bzw. spezifischen Energieverbrauchs oder eine Verbesserung eines spezifischen Energieverbrauchs gegenüber eines Referenzwerts beschreibt.

Weiterhin kommen unterschiedliche Bezugsgrößen auf verschiedenen Ebenen zur Anwendung. In Abhängigkeit von der Betrachtungsebene wird nach dem bisherigen Verständnis der Energieverbrauch auf unterschiedliche, monetäre oder nicht monetäre Größen wie beispielsweise BIP, Anzahl Einwohner, Bruttowertschöpfung eines Sektors, Nutzenergie, Energiedienstleistung, Wohnfläche oder etwa Anzahl der Beschäftigten bezogen. In Verbindung mit diesen unterschiedlichen Bezugsgrößen werden zahlreichen Indikatoren verwendet, um Aussagen über Energieeffizienz oder deren Steigerung treffen zu können. Allerdings sind diese Indikatoren oftmals nicht geeignet, um Effizienz bewerten zu können, sondern beschreiben lediglich Intensitäten.

## 5.3 Eindimensionalität der Begriffsdefinition – fehlende Betrachtung des kompletten Ressourcenaufwands

Die bisherigen Definitionen von Energieeffizienz sowie die damit verbundenen Zielvorgaben beziehen sich ausschließlich auf den Inputfaktor Energie (vergleiche die Definitionen in Abschnitt 2.1 und 3.1). Von den unterschiedlichen Produktionsfaktoren bzw. Ressourcen, die mit der Bereitstellung einer Energiedienstleistung verbunden sind, wird somit ausschließlich der Produktionsfaktor Energie betrachtet. Der übrige notwendige Ressourcenverbrauch, um eine Energieversorgungsaufgabe zu erfüllen, wird nicht berücksichtigt. Zu diesen nicht

betrachteten Ressourcen zählen Arbeit und Wissen, Kapital, Rohstoffe und Material sowie Umwelt. Da Effizienz das Verhältnis von Nutzen zu Aufwand beschreiben soll, ist auch eine vollständige Erfassung des Aufwands in Form einer Berücksichtigung aller Ressourcen notwendig. Der Nutzen wird durch die erbrachte Energiedienstleistung wiedergegeben.

Bei Vorgabe eines Energieeffizienzziels basierend auf dem bisherigen Verständnis von Energieeffizienz (beispielsweise in Form einer Reduktionsverpflichtung bezogen auf den Primärenergieverbrauch wie in der EU oder in Deutschland) erfolgt eine Bewertung von „effizienten“ Technologien allein bezogen auf den Faktor Primärenergie. Die alleinige Berücksichtigung des Faktors Energie ist aber zu eindimensional, da nicht der gesamte Ressourcenaufwand erfasst wird. Jede Energiedienstleistung, jede Bereitstellung von Nutzenergie erfordert jedoch neben dem Input von Energie immer auch den Input anderer Ressourcen. Zudem bestehen zwischen den einzelnen Ressourcen zur Bereitstellung einer Energiedienstleistung Substitutionsoptionen, die es durch eine Betrachtung aller Ressourcen zu berücksichtigen gilt. Eine Einsparung bezogen auf den Produktionsfaktor Energie kann gleichzeitig mit einer deutlich intensiveren Nutzung der anderen Ressourcen, etwa Kapital, aber auch Umwelt, verbunden sein.

Die Beurteilung von unterschiedlichen Technologien, die nur auf der Betrachtung dieses einen Faktors Energie beruht, kann nichts über die Effizienz dieser Technologie aussagen. Daher ist der gesamte Ressourceneinsatz in die Effizienzbetrachtung zu integrieren. Die Messung und Erfassung dieses Ressourceneinsatz kann über eine monetäre Bewertung der einzelnen Ressourcen erfolgen, die anschließend zum erzielten Nutzen in Bezug gesetzt werden, um eine Aussage über die Effizienz treffen zu können. Der optimale und somit effiziente Einsatz der Ressource Energie ergibt sich aus dieser Vollkostenbetrachtung des gesamten Ressourcenaufwands. Die effiziente Energiemenge ergibt sich aus diesem Gesamtkontext als Ergebnis der Betrachtung aller eingesetzten und notwendigen Ressourcen.

Konsequenz dieser Fokussierung auf die Ressource Energie in der gegenwärtigen Betrachtung ist demzufolge die einseitige Bevorzugung von Technologien, die über einen geringen Energieeinsatz bezogen auf die produzierte Leistung, Waren oder bereitgestellte Energie (vergleiche die EU Definition in Abschnitt 2.1) und somit über einen geringen spezifischen Energieverbrauch verfügen (vergleiche Abschnitt 5.5 zu den gesamten Auswirkungen dieses bisherigen Verständnisses von Energieeffizienz).

#### **5.4 Abhängigkeit von der Bilanzierungsmethode des Energieeinsatzes**

Ein weiterer Kritikpunkt an der bisherigen Definition, Messung und Zielvorgabe ist die Abhängigkeit von der zum Einsatz kommenden Bilanzierungsmethode des Energieeinsatzes. Für die primärenergetische Bewertung der Energieträger Kernenergie und der erneuerbaren Energieträger wie Wind, Wasser oder Solarenergie bzw. der Stromerzeugung aus diesen

Energieträgern gibt es keinen einheitlichen Umrechnungsfaktor wie den Heizwert zur Bewertung des Einsatzes von fossilen Energieträgern zur Stromerzeugung (VDI 2003). Aufgrund internationaler Konventionen wird bei der Bilanzierung von Energieträgern ohne Heizwert nach der Wirkungsgradmethode verfahren (AGEB 2012). Diese kommt standardmäßig bei der europäischen Statistikbehörde Eurostat sowie bei der internationalen Energieagentur (IEA) zur Anwendung. Seit Mai 1995 wird diese Methode auch von der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) in Deutschland eingesetzt. Bis dahin kam hier die Substitutionsmethode zur Anwendung.

Bei der Wirkungsgradmethode werden durch politische Beschlussfassung und zum Teil ohne Berücksichtigung physikalisch-technischer Randbedingungen feste Umrechnungsfaktoren für die primärenergetische Bewertung der Stromerzeugung festgelegt (VDI 2003). Die Wirkungsgradmethode bewertet Strom aus Wind- oder Solarenergie mit einem Wirkungsgrad von 100 %, Strom aus Kernenergie hingegen mit einem Wirkungsgrad von 33 %.

Ein anderes Vorgehen stellt die Substitutionsmethode dar, in der davon ausgegangen wird, dass Strom aus Kernkraftwerken oder aus Erneuerbaren Energien Strom aus konventionellen Kraftwerken ersetzt. Demzufolge wird der Strom aus Kernenergie oder Wind, aber auch Stromimporte, mit dem durchschnittlichen Wirkungsgrad der konventionellen Kraftwerke belegt.

Die Umstellung auf die Wirkungsgradmethode in Deutschland erfolgte zum Zweck der Herstellung einer internationalen Vergleichbarkeit. Bei dieser Methode werden die chemische Energie fossiler Brennstoffe, elektrische Energie aus erneuerbaren Energien und thermische Energie in Kernkraftwerken als gleichwertige Primärenergien betrachtet (Sterner et al. 2008). Der für Kernenergie anzulegende Wirkungsgrad von 33 % wird dabei als repräsentativer physikalischer Wirkungsgrad erachtet (AGEB 2010). Dieser pauschale Wirkungsgrad gibt den mittleren Grad der Wandlung der als Wärme freigesetzten Kernbindungsenergie in elektrische Energie wieder (Günther, Schmid 2012). Die Bewertung von Wind und Solarenergie mit einem Wirkungsgrad von 100 % basiert auf ökonomischen und ökologischen Aspekten und nicht auf energetischen Überlegungen. Bei der Energiebereitstellung in fossilen, nuklearen und biogenen Umwandlungsprozessen kommt es zu Nutzenverlusten bei der Umwandlung für den Anlagenbetreiber in Form von Kosten bzw. für die Gesellschaft in Form von emissionsbedingten Klimaschäden. Dagegen sind die bei der regenerativen Direktstromerzeugung die Verluste kostenfrei und nicht klimaschädlich (Sterner et al. 2008). Es wird somit nicht auf eine technische Betrachtung etwa der kinetischen Energie des Windes abgezielt.

Als Folge einer Anwendung der EU Zielvorgaben einer absoluten Primärenergieeinsparung und der primärenergetischen Bewertung durch die Wirkungsgradmethode würde sich beispielhaft ergeben, dass Stromerzeugung in Windkraftanlagen im Vergleich zur Stromerzeugung durch Kernenergie um den Faktor drei effizienter ist. Diese Aussage beruht

nur auf der zur Anwendung kommenden Bilanzierungsmethode sowie dem zugehörigen Verständnis von Energieeffizienz und nicht auf technischen oder wirtschaftlichen Kriterien der Strombereitstellungsverfahren. Diese Abhängigkeit gilt es bei der Ermittlung des zukünftigen effizienten Energieeinsatzes zu vermeiden. Die Vorteilhaftigkeit einer Technologie sollte auf ihren technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Parametern beruhen und nicht in Abhängigkeit von einer politisch festgelegten Bilanzierungsmethode stehen.

Ein weiterer Kritikpunkt in diesem Zusammenhang ist die von der EU verwendete Definition des Begriffs Primärenergieverbrauch. Die Kommission definiert den Primärenergieverbrauch als Bruttoinlandsverbrauch („Gross Inland Consumption“) ohne nichtenergetische Nutzungsformen (Europäische Kommission 2011d). Damit weicht die EU-Definition von Primärenergieverbrauch beispielsweise von der Definition der AGEB ab, in der der nichtenergetische Verbrauch Teil des Primärenergieverbrauchs ist (AGEB 2010). Der nichtenergetische Verbrauch ist oftmals schwieriger und nur durch eine komplette Produktionsumstellung oder -verlagerung in der Industrie zu reduzieren.

Neben der energetischen Bewertung und den hier dargestellten Kritikpunkten soll an dieser Stelle zusätzlich kurz die Möglichkeit einer exergetischen Bilanzierung aufgezeigt werden. Exergie ist ein Maß für die Qualität von Energie und beschreibt den unbeschränkt wandelbaren Teil von Energie, der aus einer beliebigen Energieform bei reversibler Wechselwirkung mit der Umgebung gewinnbar ist. Der Anteil an Energie, der nicht in Exergie umgewandelt werden kann, wird als Anergie bezeichnet (vergleiche u.a. Geller 2006). Exergie beschreibt somit die Arbeitsfähigkeit von Energie. Mechanische und elektrische Energien bestehen vollständig aus Exergie, dies gilt approximativ auch für chemische Energien wie die in Brennstoffen (Gasser et al. 2008, Baehr 1988). Insofern besteht für die Bilanzierung fossiler Energieträger kein Unterschied zwischen einer energetischen und exergetischen Bilanzierung. Weitere unbeschränkt wandelbare Energien sind kinetische und potentielle Energie. Windenergieenergie ist die kinetische Energie der bewegten Luftmassen. Insofern besteht auch die Energie des Windes vollständig aus Exergie (Lange 2005). Würde in einer Exergiebilanz die kinetische Energie des Windes bilanziert werden, würde dieser Wert demzufolge höher ausfallen als die Bilanzierung der Stromerzeugung aus Wind in einer Energiebilanz basierend auf der Wirkungsgradmethode.

Bei Wärme ist hingegen nur die Arbeitsfähigkeit bezüglich des Umgebungszustands Exergie. Der Exergiegehalt hängt somit von der Temperatur des Wärmestroms ab. Umgebungswärme ist somit reine Anergie. Insofern kommt es an dieser Stelle zu einer Abweichung zur Energiebilanz, in der der Input in Wärmepumpen abweichend von der exergetischen Betrachtung als Primär- und Endenergie erfasst wird. Zur Bestimmung des Exergieanteils an der gesamten spezifischen Energie der Solarstrahlung zur Stromerzeugung durch PV-Module ist eine Differenzierung in direkte und diffuse notwendig, um die unterschiedlichen Temperaturen von direktem und Streulicht bestimmen zu können. Auf Basis dieser

Temperaturen und der darauf basierenden Differenz zur Umgebungstemperatur berechnet sich der Exergieanteil (Lange 2005).

### **5.5 Implikationen der Kritikpunkte: Einfluss von Zielvorgaben auf die optimale Technologieauswahl und weitere Kritikpunkte**

Aufbauend auf den aufgezeigten Kritikpunkten am bisherigen Verständnis von Energieeffizienz und dem darauf basierenden Zielvorgaben, sollen die Implikationen dieses Verständnisses in diesem Abschnitt näher beschrieben werden. Basierend auf dem bisherigen Verständnis und den Zielvorgaben werden einseitig, nur auf dem Inputfaktor Energie basierend, einige Technologien bevorzugt und andere benachteiligt. Diese Behandlung korreliert nicht zwangsläufig mit den Auswirkungen auf das Emissionsniveau und dem Einsatz anderer, notwendiger Ressourcen.

Bezogen auf die Ressource Umwelt, die ebenso in der bisherigen Betrachtung fehlt, wie die Bewertung anderer, notwendiger Ressourcen zur Bereitstellung von Energiedienstleistungen, werden bei der bisherigen Vorgehensweise umweltseitig alle Energieträger gleich betrachtet und gleich gewichtet. Die jeweiligen Emissionsfaktoren bzw. die Auswirkung des Einsatzes eines bestimmten Energieträgers oder einer bestimmten Technologie auf das Emissionsniveau werden nicht berücksichtigt. So werden bei der Vorgabe von Energieeinsparzielen Technologien benachteiligt, die zwar zu einem geringeren Emissionsniveau, aber gleichzeitig auch zu einem höheren Energieverbrauch führen.

Negativ betroffen sind neben der Kernenergie aufgrund des geringen bilanziellen Wirkungsgrads (siehe Abschnitt 5.4) auch Emissionsminderungstechniken mit einem geringeren Wirkungsgrad im Vergleich zu fossilen Standardvergleichsverfahren. Zu diesen negativ betroffenen Verfahren zählen beispielsweise CCS-Verfahren und auch der Einsatz von Biomassetechnologien. Die Nutzung dieser Verfahren, und damit die Nutzung dieser CO<sub>2</sub>-Minderungsoptionen, würde durch ein Primärenergieeinsparziel erschwert werden.

Aufgrund der Verwendung des Primärenergieverbrauchs als Mess- und Zielgröße für das EU-Effizienzziel, können auch Technologien in den Nachfragesektoren benachteiligt werden, die aufgrund eines Wechsels zum Endenergieträger Strom indirekt zu einem höheren Primärenergieverbrauch beitragen. Dabei stellt ein verstärkter Stromeinsatz in den Nachfragesektoren eine attraktive Emissionsminderungsoption dar, da in der Stromerzeugung hohe und kostenoptimale Potenziale zur Emissionsreduktion bestehen (Blesl et al. 2011). Trotz des höheren Wirkungsgrades bezogen auf den Endenergieverbrauch von strombetriebenen Technologien kann ein Wechsel von kohle- oder gasbasierten Technologien zu strombetriebenen Verfahren zu einem höheren Primärenergieverbrauch führen, da die Umwandlungsverluste der Stromerzeugung mitberücksichtigt werden müssen.

Von den drei EU-20/20/20-Zielen ist die Reduktion des Ausstoßes der Treibhausgas-Emissionen ein technologieunspezifisches, übergeordnetes Ziel. Die anderen Ziele in Form der Förderung der Erneuerbaren Energien sowie Vorgaben zur Reduktion des Energieverbrauchs bevorzugen bestimmte Verfahren und Technologien, um das übergeordnete Ziel der Emissionsminderung zu erreichen. Durch eine Energieeinsparvorgabe können aber kostenoptimale Emissionsminderungspfade blockiert und andere Verfahren, unabhängig von ihrer ökonomischen Parametern (vergleiche Abschnitt 5.2), gefördert werden. Die Vorgabe eines Energieeinsparziels kann somit zu einem Konflikt mit einem Emissionsminderungsziel und zu höheren Kosten führen, es besteht teilweise ein Zielkonflikt.

Weiterhin wird bei einer ausschließlichen und absoluten Betrachtung des Primärenergieverbrauchs als Zielgröße die wirtschaftliche Entwicklung als Nutzengröße ebenfalls nicht berücksichtigt. Wie am Beispiel der Finanzkrise im Jahr 2009 gesehen, hat diese Entwicklung allerdings maßgeblichen Einfluss auf die absolute Höhe des Energieverbrauchs. Insofern ist fraglich, ob eine absolute Vorgabe der Höhe des Primärenergieverbrauchs zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit führt, wie es ursprünglich mit dem Ziel der Steigerung der Energieeffizienz verbunden war (vergleiche dazu die mit Energieeffizienzsteigerungen verbundenen Ziele in der EU in Abschnitt 2.2 und in Deutschland in Abschnitt 3.2). Im Gegenteil kann eine strikte absolute Verbrauchsvorgabe die wirtschaftliche Entwicklung hemmen und zu einer Art „Energy Leakage“ mit einer Abwanderung von Industrien in Regionen ohne Primärenergieverbrauchs-Reduktionsvorgabe führen. Aufgrund dieser möglichen negativen Auswirkungen auf die wirtschaftliche Entwicklung gibt es auch erheblichen politischen Widerstand gegen eine rechtsverbindliche Vorgabe eines absoluten Primärenergieverbrauchs-Reduktionsziels. Eine absolute (Primär-)Energieeinsparvorgabe berücksichtigt somit zum einen nur einen Teil des Aufwands (nur den Inputfaktor Energie) und zudem keine Nutzengröße. Insofern führt die Zielvorgabe einer absoluten Reduktion des Primärenergieverbrauchs nicht zu einem höheren Maß an Energieeffizienz.

Neben der Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit soll auch die Versorgungssicherheit mit einer Steigerung der Energieeffizienz ansteigen (vergleiche dazu erneut die mit Energieeffizienzsteigerungen verbundenen Ziele in der EU in Abschnitt 2.2 und in Deutschland in Abschnitt 3.2). Aufgrund der Auswirkungen auf einzelne Technologien und der damit verbundenen Schlechterstellung von Kernenergie und Biomasse bei gleichzeitiger Besserstellung von gasgefeuerten Verfahren (aufgrund des vergleichsweise höheren Wirkungsgrades) ist diese positive Auswirkung auf die Versorgungssicherheit bei Anwendung der bisherigen Methodik ebenfalls fraglich.

Weitere allgemeine Kritikpunkte sind die Inkonsistenz von Begriffsverständnis und Zielvorgaben. Wie aufgezeigt wird unter dem Begriff Energieeffizienz größtenteils ein spezifischer Verbrauch verstanden, sowohl die Ziele der EU als auch diejenigen der Bundesregierung beziehen sich jedoch auf den Primärenergie- oder Stromverbrauch als



absolute Größen. Ein weiterer Kritikpunkt ist die ausschließlich mengenmäßige Bewertung des Energieeinsatzes in den bisherigen Definitionen. Eine monetäre Bewertung zur Bildung einer Kennzahl wird bislang ausgeschlossen.

Zusammenfassend zeigt sich als Kritikpunkt an dem bisherigen Verständnis von Energieeffizienz die eindimensionale Fokussierung auf den Faktor Energie und zusätzlich in Bezug auf die Effizienzzielvorgabe der EU die Verwendung des Primärenergieverbrauchs auf Basis der Wirkungsgradmethode als Messgröße. Das bisherige Verständnis von Energieeffizienz sagt nichts über die effiziente Nutzung aller notwendigen Ressourcen zur Bereitstellung einer Energiedienstleistung aus. Der gesamte, notwendige Ressourceneinsatz sowie die Substitutions- und Wechselwirkungen zwischen den Ressourcen fließen bislang nicht in die Betrachtung mit ein. Die oben genannten Kritikpunkte bleiben zudem auch bei einer Berücksichtigung der wirtschaftlichen Entwicklung in einer Energieeffizienzkennzahl erhalten. Insgesamt wird deutlich, dass normative und politisch festgelegte Zielvorgaben nicht dienlich sind, um das Thema Energieeffizienz richtig zu erfassen und die Energieeffizienz zu steigern.

## **6 Herleitung eines erweiterten Verständnisses von Energieeffizienz**

### **6.1 Erweitertes Verständnis von Energieeffizienz**

Basierend auf der vorangegangenen Diskussion des Begriffs Energieeffizienz und den Kritikpunkten an dem bisherigen Verständnis, wird im Folgenden dieses Begriffsverständnis erweitert und die bisherige Verwendung der Begriffe Energieeffizienz und Energieeinsparungen dazu in Bezug gesetzt.

Um die Eindimensionalität des bisherigen Ansatzes zu durchbrechen, sollen zusätzlich zu dem Faktor Energie auch die weiteren notwendigen Ressourcen zur Bereitstellung einer Energiedienstleistung in dem erweiterten Verständnis Berücksichtigung finden. Dadurch werden alle notwendigen Ressourcen zur Bereitstellung eines bestimmten Nutzens in die Betrachtung miteinbezogen. Zu den weiteren knappen Ressourcen neben der Ressource Energie zählen Arbeit und Wissen, Kapital, Rohstoffe und Material sowie Umwelt. Energie stellt dabei eine der notwendigen knappen Ressourcen zur Bereitstellung eines Nutzens dar. Zwischen den einzelnen Ressourcen bestehen Substitutionsmöglichkeiten. Der reduzierte Einsatz einer dieser Ressourcen kann zu einem deutlich erhöhten Einsatz einer anderen knappen Ressource führen. Zur Erfassung und zur Herstellung einer Vergleichbarkeit der einzelnen Ressourcen, ist eine monetäre Bewertung notwendig. Die Gesamtkosten aller Ressourcen inklusive der Ressource Umwelt bilden den gesamten Aufwand, der zum Nutzen in Bezug zu setzen ist. Zur monetären Bewertung der Nutzung der Ressource Umwelt kann das Konzept der externen Kosten dienen (siehe dazu folgenden Abschnitt 6.2).

Der effiziente Einsatz der Ressource Energie ergibt sich aus der Betrachtung des gesamten Aufwands und des damit erzielten Nutzens. Der Nutzen besteht aus der zu erbringenden Energiedienstleistung, der Aufwand wird durch die monetäre Bewertung aller notwendigen Ressourcen zur Erbringung dieser Dienstleistung abgebildet. Basierend auf der monetären Bewertung der Ressourcen ist der effiziente Ressourceneinsatz derjenige, der zu dem maximalen Verhältnis von Nutzen zu Aufwand (bzw. Kosten) führt. Aus diesem Gesamtkontext ergibt sich der effiziente Einsatz des Faktors Energie. Durch dieses erweiterte Verständnis von Energieeffizienz wird die einseitige Fokussierung auf den Inputfaktor Energie durchbrochen und die Wechselwirkungen mit den anderen notwendigen Ressourcen erfasst.

Aus dieser allgemeinen Betrachtung des effizienten Energieeinsatzes im Kontext der Gesamtressourceneffizienz lässt sich ein spezifischer Ansatz zur Betrachtung eines effizienten Energiesystems ableiten. Bei diesem spezifischen Systemansatz wird eine zu erfüllende Versorgungsaufgabe, die den Nutzen repräsentiert, sowie die zulässige Inanspruchnahme der Ressource Umwelt vorab definiert. Bei einer vorgegebenen Versorgungsaufgabe und einer vorgegebenen, zulässigen Inanspruchnahme des Faktors

Umwelt, ergibt sich der effiziente Einsatz des Faktors Energie wiederum aus der Minimierung der gesamten Kosten. Die Kosten messen nicht den Energieverbrauch sondern die Gesamtkosten (Aufwand) für die Energiebereitstellung zur Deckung der Versorgungsaufgabe. Diese Systembetrachtung mit einer maximal zulässigen Nutzung des Faktors Umwelt stellt einen spezifischen Fall des allgemeinen Ansatzes der Minimierung des Gesamtressourcenaufwandes in Form einer Kostenminimierung dar. Zu den Kosten für diesen spezifischen Fall zählen sowohl Investitions- als auch fixe und variable Betriebskosten. Die Inanspruchnahme des Faktors Umwelt wird durch die Betrachtung eines zulässigen Emissionsniveaus miterfasst. Diese Emissionsobergrenze bezieht sich auf die Treibhausgasemissionen. Basierend auf diesem erweiterten Verständnis besteht ein effizientes Energiesystem aus Technologien, deren Einsatz bei einer gegebenen Emissionsobergrenze zu den minimalen Kosten führt. Der effiziente Energieverbrauch hängt somit in diesem Anwendungsfall von den Emissionsvorgaben und den technischen und wirtschaftlichen Parametern der verfügbaren Technologien ab und ist unabhängig von Bilanzierungsmethoden.

Mit Hilfe dieser Erweiterung des Verständnisses von Energieeffizienz werden alle Parameter einer Technologie bzw. der gesamte mit dem Einsatz einer Technologie und der Bereitstellung einer Energiedienstleistung verbundene Ressourcenaufwand berücksichtigt und nicht einseitig Verfahren mit einem geringen Energieverbrauch bevorzugt. Dagegen wird unter dem bisherigen Verständnis von Energieeffizienz lediglich eine Reduktion des spezifischen Energieverbrauchs unabhängig von der Effizienz dieses Energieeinsatzes verstanden. Ob der gesamte, monetär bewertete Ressourcenaufwand steigt oder fällt, wird mit dem bisherigen Verständnis nicht erfasst. Der Fokus liegt nur auf einem Teil des notwendigen Ressourceneinsatzes.

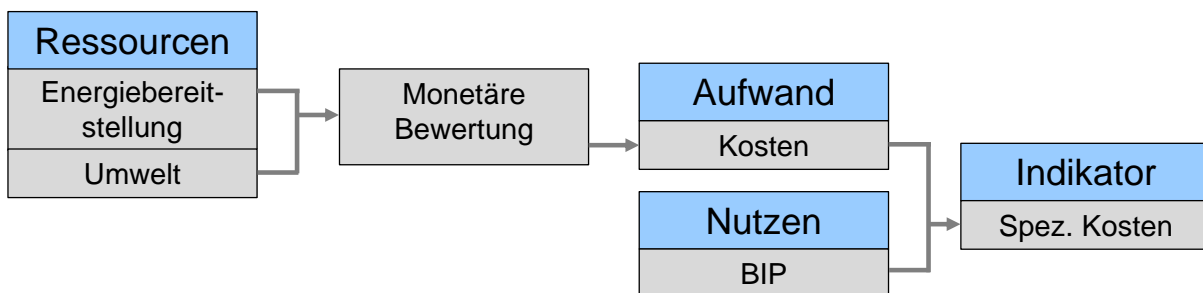
## 6.2 Quantifizierung des erweiterten Verständnisses

Basierend auf dem hergeleiteten erweiterten Verständnis von Energieeffizienz wird im Folgenden dieses erweiterte Verständnis quantifiziert. Allerdings entfernt sich der in diesem Arbeitsbericht vorgestellte Ansatz bewusst von einer Fokussierung auf eine einzelne, vorab vorgegebene Zahl, wie etwa ein normatives Ziel in Form der absoluten Höhe des Primärenergieverbrauchs in einem Jahr unabhängig von den gegebenen Rahmenbedingungen. Normative, politisch vorgegebene Zielvorgaben und Reduktionsverpflichtungen für den Energieeinsatz erfassen nicht den Kontext von Energieeffizienz und führen nicht automatisch zu einem effizienteren Einsatz von Energie.

Der effiziente Energieeinsatz hängt vielmehr von der Minimierung des Verhältnisses der Kosten des gesamten Ressourceneinsatzes zur Befriedigung einer definierten Versorgungsaufgabe bezogen auf die erbrachte Energiedienstleistung ab. Über Kosten lassen sich alle Ressourcen bis auf Umwelt direkt erfassen, für die Ressource Umwelt bedarf es

daher ebenfalls einer Bewertung. Durch eine Monetarisierung der Umweltinanspruchnahme mit Hilfe von externen Effekten bzw. externen Kosten lässt sich jedoch auch die Ressource Umwelt in die monetäre Bewertung des gesamten Aufwands integrieren.

Externe Effekte sind Auswirkungen der Aktivität eines Wirtschaftssubjekts auf die Produktions- oder Konsummöglichkeiten anderer Wirtschaftssubjekte, ohne dass eine adäquate Kompensation erfolgt (Krewitt, Schlomann 2006). Den negativen externen Effekten werden externe Kosten zugeordnet. Diese wiederum werden dem Verursacher zugewiesen und damit internalisiert. Somit werden aus den externen Kosten durch die Internalisierung interne Kosten, die das Wirtschaftssubjekt bei seinen Produktions- und Konsumententscheidungen berücksichtigt. Bei diesem Konzept werden die gesamten Umwelt-, Gesundheits- und Klimaschäden aller Emissionen ermittelt und bewertet. Die Berechnung dieser Kosten basiert in der Regel auf dem Wirkungspfadansatz. Für die Bewertung werden Befragungen zu Zahlungsbereitschaften für die Vermeidung von Nutzenverlusten sowie Wiederherstellungs- und Vermeidungskosten verwendet (Bickel, Friedrich 2005; UBA 2007).

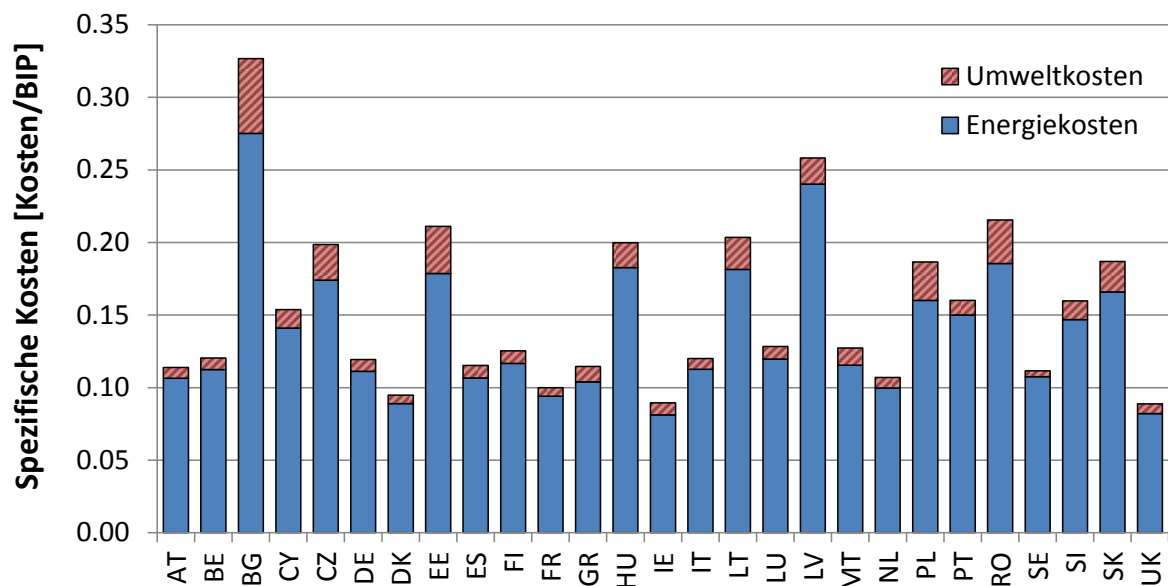


**Abbildung 6-1:** Entwicklung eines Effizienzindikators

Zur Quantifizierung des erweiterten Verständnisses des effizienten Einsatzes von Energie und Ableitung eines Effizienzindikators werden die gesamten mit der Energiebereitstellung verbundenen Ressourcen inklusive der Ressource Umwelt monetär bewertet und dieser so ermittelte Aufwand einem Nutzenwert gegenübergestellt. Die Kosten stellen das Maß für den Verbrauch an knappen Ressourcen dar. Zur Umsetzung dieses Ansatzes können die gesamten energiebedingten Systemkosten mit einem Energiesystemmodell berechnet werden. Zu diesen Modellen zählen beispielsweise PRIMES (NTUA 2000, NTUA 2005, European Commission 2010a) oder TIMES PanEU<sup>5</sup>. Zusätzlich kann die Nutzung der Ressource Umwelt ebenfalls über eine monetäre Bewertung erfolgen. Dieser so ermittelte Aufwand wird anschließend dem Nutzen gegenübergestellt. Dieser kann näherungsweise durch das BIP beschrieben werden (siehe Abbildung 6-1).

<sup>5</sup> In TIMES PanEU sind bei der Berechnung der Energiesystemkosten Steuern und Subventionen nicht enthalten. Investitionskosten werden auf jährlicher Basis als Annuität erfasst. Für weiterführende Literatur zu diesem Modell siehe u.a. Blesl et al. (2011), Kuder, Blesl (2010), Kuder, Blesl (2009), Kober, Blesl (2010a), Kober, Blesl (2010b) und PLANETS (2009).

Wie bereits im Rahmen der Herleitung des erweiterten Verständnisses von Energieeffizienz geschildert, ist ein spezieller Fall die Betrachtung eines Energiesystems mit einer vorgegebenen zulässigen Inanspruchnahme des Faktors Umwelt und einer vorab definierten, zu erfüllenden Versorgungsaufnahme. In diesem speziellen Fall der Analyse spiegelt ein Treibhausgasminderungsziel die Nutzung der Ressource Umwelt wider. Diese Konzentration auf Treibhausgase ist ebenfalls ein Anwendungsfall aus der allgemeineren Berücksichtigung aller Emissionen. In diesem Fall erfolgt die Bewertung der Effizienz über die absolute Höhe der Kosten. Da der Nutzen und die Inanspruchnahme der Umwelt gegeben sind, weisen die geringsten gesamten Energiesystemkosten das effiziente System aus. Der effiziente Einsatz von Energie ergibt sich wiederum aus diesem Gesamtkontext der Kostenminimierung. Der Schlüsselindikator für diesen Fall sind dementsprechend die gesamten Energiesystemkosten. Der Vergleich dieser Kennzahl bei zwei Alternativen mit identischem Emissionsniveau und gleicher Energieversorgungsaufgabe weist das effiziente System aus<sup>6</sup>. Insgesamt lassen sich Effizienzaussagen somit entweder mit Hilfe einer Monetarisierung der Umweltinanspruchnahme oder einer Vorgabe des zulässigen Emissionsniveaus zusätzlich zur kostenmäßigen Betrachtung der übrigen Ressourcen durchführen.



**Abbildung 6-2:** Spezifische energie- und umweltbedingte Kosten bezogen auf das BIP in 2010 nach Ländern

Entsprechend des in Abbildung 6-1 beschriebenen Vorgehens zeigt Abbildung 6-2 den Ländervergleich für die Länder der EU-27 im Jahr 2010. Dazu sind neben den gesamten

<sup>6</sup> Diese Systembetrachtung mit dem Ansatz der Vorgabe des zulässigen Emissionsniveaus und der zu erfüllenden Versorgungsaufgabe wurden in Kuder (2013) mit dem Energiesystemmodell TIMES PanEU für das europäische Energiesystem durchgeführt.

Energiesystemkosten die Kosten der Umweltnutzung bewertet. Vereinfachend werden für diese Darstellung bei der monetären Bewertung der Ressource Umwelt nur die Treibhausgasemissionen berücksichtigt. Während sich der allgemeine Fall auf die gesamten externen Kosten aller Emissionen und somit die gesamten verursachten Umwelt-, Gesundheits- und Klimaschäden bezieht, werden aufgrund der dominierenden Bedeutung hier exemplarisch die Schadenskosten der Treibhausgasemissionen dargestellt (THG-Kosten). Die Bewertung basiert auf der Zuordnung eines Emissionspreises von 20 €/t CO<sub>2eq</sub> für alle Treibhausgasemissionen. Dieser Wert beruht auf den minimalen Kostensätzen aus der Methodenkonvention zur Schätzung externer Umweltkosten (UBA 2007). Beide Kostenkomponenten werden auf den Nutzen bezogen, der durch das BIP abgebildet wird. Es ergibt sich somit der Anteil der Gesamtkosten am BIP.

Das geringste Verhältnis von Aufwand bzw. Kosten zu Nutzen und somit das höchste Maß an Effizienz zeigt sich im Ländervergleich in UK, gefolgt von Irland, Dänemark und Frankreich. Das höchste Aufwand-Nutzen-Verhältnis und somit das geringste Maß an Effizienz tritt in Estland, Rumänien, Lettland und schließlich Bulgarien auf. Deutschland liegt bei dieser Bewertung an zehnter Stelle.

## 7 Schlussbetrachtung

Die Analyse in diesem Arbeitsbericht hat gezeigt, dass der Begriff Energieeffizienz häufig verwendet und dem Thema eine hohe Bedeutung in der nationalen und europäischen Energiepolitik zugewiesen wird. Dennoch ist das Verständnis von Energieeffizienz oftmals nicht eindeutig und die Verwendung uneinheitlich. Zur Anwendung kommen statische Betrachtungen der Energieeffizienz als Zustand sowie dynamische Betrachtungen als Verbesserung gegenüber einem Referenzwert. Zudem werden zur Messung von Energieeffizienz oftmals unterschiedliche Bezugsgrößen herangezogen. Weiterhin werden die Begriffe Energieeffizienz und Energieeinsparung oftmals synonym für jedwede Reduktion des Energieverbrauchs verwendet. Weitere Uneinheitlichkeit besteht hinsichtlich der Messung von Energieeffizienz und den damit verbundenen Zielvorgaben. Die EU-Effizienzziele bezogen sich zunächst auf eine Reduktion des Endenergieverbrauchs (basierend auf der Energiedienstleistungsrichtlinie, Europäisches Parlament und Rat 2006). Der aktuelle Fokus liegt hingegen auf einer absoluten Reduktion des Primärenergieverbrauchs (Europäische Kommission 2007 und Europäischer Rat 2007, Europäische Kommission 2011b, Europäischer Rat 2012).

In den einzelnen EU-Mitgliedsstaaten gibt es zudem weitere Effizienzziele. Diese beziehen sich teilweise ebenso auf eine absolute Reduktion des Primärenergieverbrauchs (beispielsweise in Deutschland), aber auch auf eine Reduktion der Energieintensität (etwa in Frankreich). Oftmals passen diese Zielvorgaben nicht zur zugrunde liegenden Definition von Energieeffizienz, wie im Fall einer absoluten Reduktionsvorgabe des Primärenergieverbrauchs als Effizienzziel, aber der Definition von Energieeffizienz als Verhältnis von Output zu Energieinput.

An der bisherigen Verwendung des Begriffs Energieeffizienz sowie den damit zusammenhängenden nationalen und europäischen Zielvorgaben gibt es zahlreiche Kritikpunkte. Das bisherige Verständnis von Energieeffizienz berücksichtigt ausschließlich den Inputfaktor Energie. Zur Bereitstellung einer Energiedienstleistung ist aber zusätzlich immer auch der Einsatz von anderen knappen Ressourcen notwendig. Zu diesen Ressourcen zählen Arbeit und Wissen, Kapital, Rohstoffe und Material sowie die Ressource Umwelt. Zudem bestehen zwischen den einzelnen, notwendigen Ressourcen Substitutionsbeziehung, so dass die Minimierung des Einsatzes einer Ressource (Energie) nicht automatisch zu einem Minimum des Gesamtaufwandes in Form der gesamten Ressourcennutzung führt.

Ein weiterer Kritikpunkt ist der Einfluss der primärenergetischen Bilanzierungsmethode. Die zur Anwendung kommende Wirkungsgradmethode weist einigen Verfahren einen hohen Primärenergieverbrauch (beispielsweise der Kernenergie) und anderen Verfahren, aufgrund des primärenergetischen, bilanziellen Wirkungsgrads von 100 %, einen geringen Primärenergieverbrauch zu (Wind, Solar).

Als Folge des bisherigen Verständnisses von Energieeffizienz und den damit verbundenen Zielvorgaben werden einseitig Technologien mit einer geringen Nutzung des Inputfaktors Energie bevorzugt und als effiziente Technologien verstanden. Die weiteren Inputfaktoren, die mit dem Einsatz einer Technologie zur Bereitstellung von Energiedienstleistungen verbunden sind, werden nicht berücksichtigt. Das bisherige Verständnis ist somit zu einseitig.

Zu diesen nicht berücksichtigten Ressourcen bei der Anwendung des bisherigen Verständnisses gehört auch die Ressource Umwelt. Die Auswirkungen einer Technologieauswahl auf das Emissionsniveau bei der alleinigen Fokussierung auf den Energieverbrauch werden daher bislang nicht berücksichtigt. Als Ergebnis können einzelne Pfade zur Erreichung des übergeordneten Ziels der europäischen Energie- und Klimapolitik, der Emissionsreduktion, durch Energieeinsparziele blockiert werden. Dazu zählen die Benachteiligung von CCS, Kernenergie oder Biomasse. Die bisherigen Ansätze sorgen somit für einen Konflikt zwischen den Zielen Emissionsreduktion und Energieeffizienz definiert im Sinne des EU-Effizienzziels als Reduktion des Primärenergieverbrauchs. Zudem werden andere Technologien unabhängig von ihren Kosten bevorzugt. Dazu zählen Windkraft und Solarenergie. Verständnis und Zielvorgaben bedürfen daher einer erweiterten Betrachtung und Anpassung.

Aufgrund des einseitigen und eindimensionalen bisherigen Verständnisses wurde dieses Verständnis von Energieeffizienz erweitert. Anstatt nur den Inputfaktor Energie zu betrachten, wird die Betrachtung auf alle notwendigen knappen Ressourcen zur Erbringung einer Energiedienstleistung ausgedehnt. Zur Vergleichbarkeit und Gesamtbewertung der einzelnen Ressourcen erfolgt eine monetäre Bewertung. Der effiziente Einsatz der Ressource Energie ergibt sich dann aus der Betrachtung des gesamten Aufwands in Form der monetären Bewertung des gesamten, notwendigen Ressourceneinsatzes zur Bereitstellung einer Energiedienstleistung in Relation zum Nutzen. Derjenige Energieeinsatz, der sich aus einer Minimierung des Verhältnisses des gesamten Aufwands in Form der Bewertung des Einsatzes aller Ressourcen zur Bereitstellung einer Energiedienstleistung zum bereitgestellten Nutzen ergibt, wird als effizient bezeichnet. Als spezifischer Fall dieses allgemeinen Ansatzes der Betrachtung der gesamten Ressourcennutzung kann für die Analyse von Energiesystemen eine zu erbringende Energieversorgungsaufgabe als Nutzen, sowie die zulässige Inanspruchnahme des Faktors Umwelt vorab definiert werden. Der effiziente Energieeinsatz wird dann durch die Minimierung der gesamten Energiesystemkosten ausgewiesen.

Insgesamt ergibt sich somit der effiziente Einsatz von Energie aus dem Kontext einer Betrachtung aller notwendigen Ressourcen zur Bereitstellung von Energiedienstleistungen und ist Teil einer effizienten Nutzung aller Ressourcen. Dieser Gesamteinsatz der Ressourcen stellt den Aufwand dar, dessen Verhältnis zu einem Nutzen, in Form einer Energiedienstleistung, zu minimieren ist.



Das bisherige Verständnis von Energieeffizienz beschreibt demzufolge nur eine Reduktion des spezifischen Energieverbrauchs ohne Aussage über die Effizienz. Normative Energieeinsparziele spiegeln nicht dieses Verständnis von Energieeffizienz wider und führen damit nicht zwangsläufig zu einer Steigerung der Energieeffizienz.

## Literaturverzeichnis

**ABB (2012):** The Netherlands, Energy Efficiency Report, 2012

**AGEB (2010):** AG Energiebilanzen e.V., Vorwort zu den Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland, Stand: August 2010

**AGEB (2012):** AG Energiebilanzen e.V., Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2011

**Baehr (1988):** Baehr, H. D.: Thermodynamik, 6. Auflage, Hannover, Springer Verlag 1988

**BDI (2012):** Bundesverband der Deutschen Industrie, Pressemitteilung vom 14.06.2012, BDI zur neuen Energieeffizienzrichtlinie: „Industrie tief enttäuscht“

**Bickel, Friedrich (2005):** Bickel, P.; Friedrich, R.: ExterneE, Externalities of Energy, Methodology 2005 Update

**Blesl et al. (2011):** Blesl, M.; Bruchof, D.; Fahl, U.; Kober, T.; Kuder, R.; Götz, B.; Voß, A.: Integrierte Szenarioanalysen zu Energie- und Klimaschutzstrategien in Deutschland in einem Post-Kyoto-Regime, Forschungsbericht IER, Band 106, Februar 2011

**BMJ (2010):** Bundesministerium der Justiz, Gesetz über Energiedienstleistungen und andere Energieeffizienzmaßnahmen (EDL-G), Ausfertigungsdatum: 04.11.2010

**BMU (2012a):** Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, BMU-Pressedienst, Gemeinsame Presseerklärung mit dem Bundeswirtschaftsministerium, Rösler / Röttgen: Energiewende auf gutem Weg, 23.02.2012

**BMU (2012b):** Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Kurzinformativ Energieeffizienz, Stand: September 2010, abgerufen unter <http://www.bmu.de/energieeffizienz/kurzinfo/doc/37891.php>, am 25.07.2012

**BMWFJ (2011):** Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend, Energieeffizienz: Vorgaben und neue Entwicklungen, Stand: Dezember 2011

**BMWI (2007):** Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Nationaler Energieeffizienz-Aktionsplan (EEAP) der Bundesrepublik Deutschland, gemäß EU-Richtlinie über Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen (2006/32/EG), 2007

**BMWI (2011a):** Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, 2. Nationaler Energieeffizienz-Aktionsplan (NEEAP) der Bundesrepublik Deutschland, gemäß EU-Richtlinie über Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen (2006/32/EG) sowie Gesetz über Energiedienstleistungen und andere Energieeffizienzmaßnahmen (EDL-G), 2011

**BMWI (2011b):** Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Das Energieeffizienzziel der Bundesregierung, Vortrag von Stefan Rolle

**BMWi (2012a):** Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Zahlen und Fakten, Energiedaten, Nationale und internationale Entwicklung, Stand: 25.01.2012

- BMWi (2012b):** Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Pressemitteilung, EU-Energieminister diskutieren den EU-Fahrplan Energie 2050 und die EU-Energieeffizienz-Richtlinie, 20.04.2012
- BMWi (2012c):** Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Pressemitteilung, Einigung über EU-Energieeffizienz-Richtlinie zum Energierat am 15. Juni 2012, 15.06.2012
- BMWi (2012d):** Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, EU-Energieeffizienzrichtlinie und Erneuerbare-Energien-Gesetz, Ergebnispapier, 23.02.2012
- BMWi (2012e):** Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Pressemitteilung, Ministerrat stimmt EU-Energieeffizienzrichtlinie zu, 04.Oktober 2012
- Buchholtz, K. (2001):** Verwaltungssteuerung mit Kosten- und Leistungsrechnung, Internationale Erfahrungen, Anforderungen und Konzepte, Wiesbaden 2201
- Bulgarian WEC Committee (2011):** Bulgarian World Energy Council Committee, Energy Strategy of the Republic of Bulgaria till 2020, For reliable, efficient and cleaner energy, June 2011
- Bundesregierung (2002):** Perspektiven für Deutschland, Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung, Die Bundesregierung, 2002
- Bundesregierung (2010):** Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung, 28. September 2010
- Bundesregierung (2011):** Der Weg zur Energie der Zukunft – sicher, bezahlbar und umweltfreundlich, Eckpunktepapier der Bundesregierung zur Energiewende, 06.06.2011
- Cantner et al. (2007):** Cantner, U.; Krüger, J.; Hanusch, H.: Produktivitäts- und Effizienzanalyse, Der nichtparametrische Ansatz, 2007
- Deutscher Bundestag (2012a):** Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage Drucksache 17/8230, Drucksache 17/8358, 17. Wahlperiode, 18.01.2012
- Deutscher Bundestag (2012b):** Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage Drucksache 17/8854, Drucksache 17/9090, 17. Wahlperiode, 23.03.2012
- Drucker (1963):** Drucker, P. F.: Managing for Business Effectiveness, 1963
- ECEEE (2011):** European Council for an Energy Efficient Economy, National energy efficiency and energy saving targets, 24 May 2011
- Eifert et al. (1974):** Eifert, H. J. (Hrsg.), Meyers Handbuch über die Wirtschaft, 3. Auflage, Mannheim 1974
- Enerdata (2010):** Definition of ODEX indicators in ODYSSEE data base, March 2010
- Enerdata (2011):** Overview of overall and sectoral energy efficiency targets by country, November 2011
- EurActiv (2012a):** Einigung über EU-Richtlinie zur Energieeffizienz, 14. Juni 2012, abgerufen unter <http://www.euractiv.de> am 06.07.2012

**EurActiv (2012b):** EU-Parlament verabschiedet Energieeffizienz-Richtlinie, 11. September 2012, abgerufen unter <http://www.euractiv.de> am 18.10.2012

**Europäische Kommission (2007):** Mitteilung der Kommission an den Europäischen Rat und das Europäische Parlament, Eine Energiepolitik für Europa, KOM(2007) 1 endgültig, Brüssel 10.01.2007

**Europäische Kommission (2010a):** Mitteilung der Kommission, Europa 2020, Eine Strategie für intelligentes, nachhaltiges und integratives Wachstum, KOM(2010) 2020 endgültig, Brüssel 03.03.2010

**Europäische Kommission (2010b):** Mitteilung der Kommission an das europäische Parlament, den Rat, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen, Energie 2020, Eine Strategie für eine wettbewerbsfähige, nachhaltige und sichere Energie, KOM(2010) 639 endgültig, Brüssel 10.11.2010

**Europäische Kommission (2011a):** Mitteilung der Kommission an das europäische Parlament, den Rat, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen, Ressourcenschonendes Europa – eine Leitinitiative innerhalb der Strategie Europa 2020, KOM(2011) 21 endgültig, Brüssel 26.01.2011

**Europäische Kommission (2011b):** Mitteilung der Kommission an das europäische Parlament, den Rat, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen, Energieeffizienzplan 2011, KOM(2011) 109 endgültig, Brüssel 08.03.2011

**Europäische Kommission (2011c):** Mitteilung der Kommission an das europäische Parlament, den Rat, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen, Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO<sub>2</sub>-armen Wirtschaft bis 2050, KOM(2011) 112 endgültig, Brüssel 08.03.2011

**Europäische Kommission (2011d):** Vorschlag für Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Energieeffizienz und zur Aufhebung der Richtlinien 2004/8/EG und 2006/32/EG, KOM(2011) 370 endgültig, Brüssel 22.06.2011

**Europäische Kommission (2012):** Kommissar Oettinger begrüßt endgültige Annahme der Energieeffizienz-Richtlinie, Pressemitteilung der Europäischen Kommission, Brüssel, 04.10.2012

**Europäischer Rat (2007):** Schlussfolgerungen des Vorsitzenden vom 08./09. März 2007, Rat der europäischen Union, 7224/1/07 REV 1, Brüssel 02.05.2007

**Europäischer Rat (2010):** Schlussfolgerungen des Europäischen Rates vom 25./26. März 2010, EUCO 7/10, Brüssel 26.03.2010

**Europäischer Rat (2012):** Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Energieeffizienz und zur Aufhebung der Richtlinien 2004/8/EG und 2006/32/EG – Ergebnisse der ersten Lesung des Europäischen Parlaments, Interinstitutionelles Dossier: 2011/0172 (COD), Brüssel, 18. September 2012

**Europäisches Parlament und Rat (2006):** Richtlinie 2006/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen, 05.04.2006

**Europäisches Parlament und Rat (2012):** Richtlinie 2012/27/EU des Europäischen Parlaments und des Rates zur Energieeffizienz, zur Änderung der Richtlinien 2009/125/EG und 2010/30/EU und zur Aufhebung der Richtlinien 2004/8/EG und 2006/32/EG, 25.10.2012

**European Commission (2008a):** Commission staff working document, impact assessment, document accompanying the package of Implementation measures for the EU's objective on climate change and renewable energy for 2020, SEC(2008) 85/3, Brussels 23.01.2008

**European Commission (2008b):** European Energy and Transport, Trends to 2030 – Update 2007, European Commission, Directorate-General for Energy and Transport

**European Commission (2010a):** EU Energy trends to 2030 – Update 2009, European Commission, Directorate-General for Energy and Transport

**European Commission (2010b):** EU Energy and transport in figures, Statistical Pocketbook 2010

**European Commission (2011a):** Energy Roadmap 2050, Commission staff working paper, impact assessment, SEC(2011) 1565, Part 2/2

**European Commission (2011b):** Energy Roadmap 2050, COM(2011) 885/2

**European Commission (2012a):** EU energy in figures, Statistical Pocketbook 2012

**European Commission (2012b):** Proposal for a Directive of the European Parliament and the Council on energy efficiency and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC, Brussels, 27.06.2012

**FFE (1999):** Forschungsstelle für Energiewirtschaft: Ermittlung von Energiekennzahlen für Anlagen, Herstellungsverfahren und Erzeugnisse – Zielsetzung, Durchführung, Methodik, Kennzahlen, München 1999

**Gasser et al. (2008):** Gasser, L.; Wellig, B.; Hilfiker, K.: WEXA: Exergie-Analyse zur Effizienzsteigerung von Luft/Wasser-Wärmepumpen, Hochschule Luzern, April 2008

**Geller (2006):** Geller, W.: Thermodynamik für Maschinenbauer – Grundlagen für die Praxis, 4. Auflage, Berlin, Heidelberg, New York 2006

**Günther, Schmid (2012):** Günther, M.; Schmid, J.: Steigerung der Energieeffizienz durch direkte Stromerzeugung, in: BWK Bd. 64 (2012) Nr. 9

**Hammerschmidt (2005):** Hammerschmidt, M., Effizienzanalyse im Marketing, Ein produktionstheoretisch fundierter Ansatz auf Basis von Frontier Functions

**Hüttenrauch, Baum (2008):** Hüttenrauch, M.; Baum, M.: Effiziente Vielfalt, Die dritte Revolution der Automobilindustrie, 2008

**Irrek et al. (2008):** Irrek, W.; Thomas, S.; Böhrer, S.; Spitzner, M.: Definition Energieeffizienz, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH

**Kober, Blesl (2010a):** Kober, T.; Blesl, M.: Analysis of potentials and costs of storage of CO<sub>2</sub> in the Utsira aquifer in the North Sea, Report work package 4: Regional analysis of North Sea level

**Kober, Blesl (2010b):** Kober, T.; Blesl, M.: Perspective of CCS power plants in Europe, considering uncertain power plant parameters, Fullpaper, International Energy Workshop (IEW), Stockholm, 21-23 June 2010

**Krewitt, Schlomann (2006)** Krewitt, W.; Schlomann, B.: Externe Kosten der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Vergleich zur Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern. Gutachten im Rahmen von Beratungsleistungen für das Bundesamt für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Stuttgart: April 2006

**Kuder (2013):** Kuder, R.: Energieeffizienz in der Industrie, Dissertation am Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung der Universität Stuttgart, im Erscheinen

**Kuder, Blesl (2009):** Kuder, R.; Blesl, M.: Effects of a white certificate trading scheme on the energy system of the EU-27, Fullpaper, 10th IAEE European Conference, Vienna 2009

**Kuder, Blesl (2010):** Kuder, R.; Blesl, M.: Technology oriented analysis of emission reduction potentials in the industrial sector in the EU-27, Fullpaper, International Energy Workshop (IEW), Stockholm, 21-23 June 2010

**Lange (2005):** Lange, A.: Einbindung von Solar- und Windkraft-Anlagen in dezentrale Energieversorgungssysteme, Magdeburg 2005

**Mauch (1993):** Mauch, W.: Kumulierter Energieaufwand für Güter und Dienstleistungen – Basis für Ökobilanzen, IFE-Schriftenreihe, Heft 26, Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Kraftwerkstechnik, München 1993

**Ministry of Industry and Trade of the Czech Republic (2004):** STATE ENERGY POLICY OF THE CZECH REPUBLIC, Prague 2004

**NTUA (2000):** National Technical University of Athens (NTUA): The PRIMES Energy System Model, Summary Description, Athens 2000

**NTUA (2005):** National Technical University of Athens (NTUA): Version 2 Energy System Model: Design and features, Athens 2005

**Pehnt, M. (2010):** Energieeffizienz, Ein Lehr- und Handbuch

**PLANETS (2009):** PLANETS FP 7 project Probabilistic Long-term assessment of New Energy Technologies Scenarios, work package 5 deliverable No. 5.1: Regional Economic and Energy Implications of Reaching Global Climate Targets – A Policy Scenario Analysis

**Plötz et al. (2012):** Plötz, P.; Schlomann, B.; Rohde, C.; Arens, M.; Fleiter, T.; Hirzel, S.; Jochem, E.; Klobasa, M.; Marscheider-Weidemann, F.; Reichardt, K.; Mai, M.; Toro, F.: Rationelle Energieverwendung, in: BWK, Bd. 64 (2012), Nr. 4

**Sellien (19975):** Sellien, R. (Hrsg.), Doktor Gablers Wirtschaftslexikon, 9. Auflage, Wiesbaden 1975

- 
- Statistisches Bundesamt (2012):** Nachhaltige Entwicklung in Deutschland, Daten zum Indikatorenbericht 2012, Februar 2012
- Sterner et al. (2008):** Sterner, M.; Schmid, J.; Wickert, M.: Effizienzgewinne durch erneuerbare Energien, in: BWK, Bd. 60 (2008), Nr. 6
- UBA (2007):** Umweltbundesamt, Ökonomische Bewertung von Umweltschäden, Methodenkonvention zur Schätzung externer Umweltkosten, April 2007
- UBA (2012):** Umweltbundesamt, Glossar zum Ressourcenschutz, Januar 2012
- Umweltbundesamt (2005):** Energieeffiziente Technologien und effizienzsteigernde Maßnahmen, Praxiserprobte Anwendungen und Innovationen, Wien 2005
- VDI (2003):** Verein Deutscher Ingenieure, Energiekenngrößen, Definitionen – Begriffe – Methodik, VDI-Richtlinien, VDI 4661, September 2003
- Voß (2011):** Voß, A.: Energiewirtschaft und Energieversorgung (Energiesysteme I), Band 1, Vorlesungsmanuskript, Oktober 2011
- Wittmann et al. (1993):** Wittmann, W. (Hrsg.), Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, 5. Auflage, Stuttgart 1993