ECONSTOR
Make Your Publications Visible.

A Service of

ZBW Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft
Leibniz Information Centre for Economics

Lehr, Ulrike; Lutz, Christian; Becker, Lisa

Research Report

Zur Berechnung der durch den Ausbau erneuerbarer Energien und durch Energieeffizienz verminderten Importe fossiler Brenn- und Kraftstoffe: Methode und Ergebnisse für die Jahre 2000 bis 2015

GWS Research Report, No. 2018/03

Provided in Cooperation with:
GWS - Institute of Economic Structures Research, Osnabrück

Suggested Citation: Lehr, Ulrike; Lutz, Christian; Becker, Lisa (2018) : Zur Berechnung der durch den Ausbau erneuerbarer Energien und durch Energieeffizienz verminderten Importe fossiler Brenn- und Kraftstoffe: Methode und Ergebnisse für die Jahre 2000 bis 2015, GWS Research Report, No. 2018/03, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung (GWS), Osnabrück

This Version is available at:
https://hdl.handle.net/10419/184703

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

WWW.ECONSTOR.EU

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

GWS RESEARCH REPORT 18/3

Zur Berechnung der durch den Ausbau erneuerbarer Energien und durch Energieeffizienz verminderten Importe fossiler Brenn- und Kraftstoffe

Methode und Ergebnisse für die Jahre 2000 bis 2015

Ulrike Lehr

Christian Lutz

Lisa Becker

Impressum

AUTOREN

Dr. Ulrike Lehr

Tel: +49 (541) 40933-280, Email: lehr@gws-os.com

Dr. Christian Lutz

Tel: +49 (541) 40933-120, Email: lutz@gws-os.com

Lisa Becker

Tel: +49 (541) 40933-287, Email: becker@gws-os.com

TITEL

Zur Berechnung der durch den Ausbau erneuerbarer Energien und durch Energieeffizienz verminderten Importe fossiler Brenn- und Kraftstoffe

VERÖFFENTLICHUNGSDATUM

© GWS mbH Osnabrück, Juni 2018

HAFTUNGSAUSSCHLUSS

Die in diesem Papier vertretenen Auffassungen liegen ausschließlich in der Verantwortung der Verfasser und spiegeln nicht notwendigerweise die Meinung der GWS mbH wider.

FÖRDERHINWEIS

Die Ergebnisse wurden im Rahmen des Forschungsprojekts 21/15 „Makroökonomische Wirkungen und Verteilungsfragen der Energiewende“ im Auftrag des BMWi erarbeitet.

HERAUSGEBER DER GWS RESEARCH REPORT SERIES

Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung (GWS) mbH

Heinrichstr. 30

49080 Osnabrück

ISSN 2196-4262

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis IV

Tabellenverzeichnis V

Abkürzungsverzeichnis VI

1 Einleitung und Ziel 1

2 Verringerte Importe fossiler Energieträger – zur Methode 2

3 Anwendung auf das Jahr 2015 9

3.1 Gesamtwirtschaftliche Sichtweise 9

3.2 Importeinsparung durch die Sektoren 12

3.2.1 Private Haushalte 13

3.2.2 Industrie 14

3.2.3 Gewerbe, Handel, Dienstleistungen 15

3.2.4 Umwandlungssektor 16

3.2.5 Verkehr 18

3.3 Zusammenfassung und Vergleich der Ansätze am Beispiel 2015 19

4 Zeitliche Entwicklung der verringerten Importe seit 2000 20

4.1 Verminderte Importe in der Wachstumsbereinigung 21

4.2 Sektorale Betrachtung 24

5 Zusammenfassung und Ausblick 29

6 Literatur 31

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Hypothetischer Primärenergieeinsatz bei Annahme konstanter Energieintensität verschiedener Ausgangsjahre 4

Abbildung 2: Graphische Darstellung zum Vorgehen 5

Abbildung 3: Importminderungen sektoral, Summe der sektoralen Minderung und Minderung im gesamtwirtschaftlichen Ansatz 19

Abbildung 4: Entwicklung des BIP und des Endenergieverbrauchs 21

Abbildung 5: Entwicklung der Importminderung beim Endenergieverbrauch 22

Abbildung 6: Entwicklung der Rohstoffpreise 23

Abbildung 7: Entwicklung der Importminderung der privaten Haushalte 24

Abbildung 8: Entwicklung der Importminderung im Industriesektor 25

Abbildung 9: Entwicklung der Importminderung im GHD-Sektor 26

Abbildung 10: Entwicklung der Importminderung im Verkehrssektor 27

Abbildung 11: Überblick über die Importminderungen in den Sektoren 28

Abbildung 12: Entwicklung der Importminderung im Umwandlungssektor 29

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Beispielrechnung mit drei Energieträgern	8
Tabelle 2:	Importpreise fossiler Energieträger im Jahr 2015	9
Tabelle 3:	Anteile konventioneller Energieträger am konventionellen Endenergieverbrauch 2000	10
Tabelle 4:	Berechnung des Endenergieverbrauchs (EEV) am Beispiel von 2015	11
Tabelle 5:	Berechnung des Umwandlungseinsatzes (UE) am Beispiel von 2015	12
Tabelle 6:	Eckdaten und Bewertung für den Energieverbrauch der Privaten Haushalte	13
Tabelle 7:	Eckdaten und Bewertung für den Energieverbrauch der Industrie	14
Tabelle 8:	Eckdaten und Bewertung für den Energieverbrauch im Sektor GHD	16
Tabelle 9:	Eckdaten und Bewertung für den Energieverbrauch im Umwandlungssektor	17
Tabelle 10:	Eckdaten und Bewertung für den Energieverbrauch des Verkehrs	18

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AGEB	Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BPW	Bruttoproduktionswert
BWS	Bruttowertschöpfung
COM	Europäische Kommission
EE	erneuerbare Energien
EEV	Endenergieverbrauch
EJ	Exajoule (= 10^{18} Joule)
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
NEEAP	Nationaler Energieeffizienz-Aktionsplan
ODEX	ODYSSEE-MURE Effizienzindex
ODYSSEE	Europäisches Vorhaben zur Energieeffizienz (http://www.odyssee-mure.eu/project.html)
PEV	Primärenergieverbrauch
PJ	Petajoule (= 10^{15} Joule)
Pkm	Personenkilometer
SKE	Steinkohleeinheit
TJ	Terajoule (=10^{12} Joule)
tkm	Tonnenkilometer
TL	Transportleistung
UBA	Umweltbundesamt
UE	Umwandlungseinsatz

1 EINLEITUNG UND ZIEL

Die Energiewende beschreibt den Weg des umfassenden Umbaus des Energiesystems von einem System, das gekennzeichnet ist durch den Einsatz fossiler Brennstoffe, hin zu einem System auf Basis erneuerbarer Energien, in dem Energie sehr viel effizienter genutzt wird. In Deutschland als ressourcenarmem Land ist dies gleichbedeutend mit einem Rückgang fossiler Brennstoffimporte. Der Rückgang von Importen ist per se gleichbedeutend mit einem Anstieg des Handelsbilanzsaldos. Gleichzeitig lässt sich möglicherweise die Energiesicherheit steigern, denn die importierten fossilen Brennstoffe kommen zum Teil aus politisch wenig stabilen Ländern und sind erheblichen Preisschwankungen unterworfen. Die EU greift in ihren Beiträgen zur Energiesicherheit seit 2000 die Importabhängigkeit als einen wichtigen Indikator auf (vgl. COM 2000, COM 2013).

Will man den Rückgang von Energieimporten einer Veränderung des Energiesystems hin zu heimischen Energieträgern oder steigender Energieeffizienz zuschreiben, wird häufig ein Szenarienvergleich herangezogen. Auf europäischer Ebene wird der Szenarienvergleich in den Impact Assessment Studien zum Ausbau erneuerbarer Energien oder zu den Wirkungen von Klimaschutzpolitik etc. angewendet. Beispiele aus dem letzten Jahr sind die Impact Assessments zur Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Änderung der Richtlinie 2012/27/EU über Energieeffizienz (COM 2016a und COM 2016b), die den Zusammenhang zwischen Energiesicherheit und Energieimporten aufgreifen und die Importrückgänge auf Basis von Simulationsrechnungen und Szenarienvergleichen quantifizieren. Für die gesamte EU wird der Rückgang der Importe fossiler Energieträger aufgrund des Ausbaus erneuerbarer Energien für das Jahr 2014 mit 20 Milliarden Euro beziffert. Das Impact Assessment zur Energieeffizienz widmet dem Thema Energieimporte ein eigenes Unterkapitel und konstatiert: “Although the import of fuels is not an energy security problem in every case, the magnitude and nature of, in particular, oil and gas imports, magnified by the projected reduced domestic production in the next decades, raise specific energy security issues. Energy efficiency policy can contribute to reducing energy imports in total – especially gas and oil imports. (…) In the period 2021 – 2030 the target of 30 % would bring a cumulative Euro 70 billion saving in fossil fuels import bills in comparison to a 27 % target. For more ambitious scenarios, the cumulative savings would range from Euro 147 to 288 billion. The savings would be even greater in the period 2031 – 2050“. Auf nationaler Ebene wurde der Szenarienvergleich beispielsweise zur Berechnung der Auswirkungen der Energiewende eingesetzt. Die Szenarien unterscheiden sich unter anderem im Energieverbrauch und im Energiemix (heimisch/importiert). In GWS, EWI & PROGNOS (2014) wird einem Energiewendeszenario ein kontrafaktisches Szenario gegenübergestellt und die Energieimporte in beiden Szenarien miteinander verglichen. In Lehr et al. (2012) werden Szenarien mit und ohne Effizienzmaßnahmen auf Basis des Nationalen Energieeffizienz-Aktionsplans (NEEAP) (BMWi 2017a) verglichen. Basierend auf dieser Methodik wurden jährlich Schätzungen der durch Effizienz eingesparten Importe durchgeführt. Basisjahr ist dabei 1995. Der Nationale Energieeffizienz-Aktionsplan beschreibt allerdings nur die Lücke zwischen bereits erreichtem Stand und dem Effizienzziel im Jahr 2020.

Will man die Verringerung der Energieimporte ex post für eine Entwicklung bis heute mit dieser Methode abbilden, so muss ein kontrafaktisches Szenario für die Vergangenheit bis heute entwickelt werden, das von etlichen Annahmen geprägt ist. Die detaillierte Modellierung einer kontrafaktischen Entwicklung ist sehr aufwendig. Weniger aufwendig und sehr transparent ist es, die Energieimporte aus den entsprechenden Statistiken des Statistischen Bundesamts den notwendigen Energieimporten ohne EE und Effizienz direkt gegenüber zu stellen.

Für das Monitoring zum Ausbau erneuerbarer Energien wurden in der Begleitforschung jährlich die durch den EE-Ausbau eingesparten Emissionen und die Importrückgänge abgeschätzt. Die Basis dieser Abschätzungen ist die vom UBA bereitgestellte Minderung des fossilen Primärenergieeinsatzes in den Bereichen Strom, Wärme und Verkehr. Das UBA vergleicht zur Ermittlung der Substitutionsfaktoren zwei Szenarien für das jeweils aktuelle Jahr: ein Szenario mit dem tatsächlichen Energiemix und eines, in welchem der gesamte Primär- und Endenergieeinsatz aus fossilen Quellen gespeist wird. Dabei wird das Profil der Energiebereitstellung der erneuerbaren Energiesysteme berücksichtigt. Mittels dieser Substitutionsfaktoren lässt sich ein neuer virtueller Mix ausrechnen, der zu bestimmten Anteilen Energieträger enthält (Steinkohle, Erdgas, Mineralölprodukte), die zum Teil importiert werden. Mit Importpreisen bewertet lässt sich so eine Abschätzung der Importminderung geben. Für alle Verwendungszwecke zusammen ergeben sich allein für die erneuerbaren Energien Importminderungen zwischen 8,78 Mrd. Euro im Jahr 2015 und bis zu zehn Milliarden Euro im Jahr 2012 (O'Sullivan et al. 2016).

Diesem Ansatz auch für die Energieeffizienz folgend wird hier ein vereinfachter Schätzansatz vorgeschlagen, der auf dem Vergleich statistischer Daten mit einem transparent konstruierten kontrafaktischen Verbrauch basiert[1]. Ein derartiger Indikator lässt sich leicht fortschreiben und vermittelt als Zeitreihe anschaulich die Entwicklung der Importeinsparung durch die Veränderungen im Energieträgermix und im Energiebedarf insgesamt. Dabei gilt es immer zu berücksichtigen, dass Energieeffizienz nicht ausschließlich durch die Energiewende und die damit verbundenen Maßnahmen ausgelöst wird, sondern auch autonom stattfindet.

In Kapitel 2 wird im Folgenden die Konstruktion dieses Indikators ausführlicher beschrieben. Kapitel 3 zeigt die Anwendung der Berechnungsmethode am Beispiel von 2015, wobei sowohl eine gesamtwirtschaftliche Perspektive eingenommen wird als auch die Importeinsparungen in den einzelnen Endenergieverbrauchssektoren berechnet werden. In Kapitel 4 wird die Importminderung für die Zeit zwischen den Jahren 2000 und 2015 mittels der vorgeschlagenen Methode berechnet und die Ergebnisse werden diskutiert und eingeordnet. Der Bericht schließt mit einer Zusammenfassung und einem Ausblick.

2 VERRINGERTE IMPORTE FOSSILER ENERGIETRÄGER – ZUR METHODE

Verringerte Importe fossiler Energieträger entstehen durch den Minderverbrauch fossiler Energieträger aufgrund des Einsatzes erneuerbarer Energien oder aufgrund eines geringeren Be-

[1] Die Berechnungen basieren auf einem Datenstand vom November 2017.

darfes durch gesteigerte Energieeffizienz. Um von Minderung zu sprechen, muss eine Vergleichsgröße benannt werden, gegenüber derer gemindert wird. Typischerweise ist dies das Vorjahr oder ein bestimmtes festgesetztes Anfangsjahr.

Es sind dann die folgenden Fragen zu beantworten:

1. Wie groß ist die Energieeinsparung gegenüber dem Bezugsjahr?
2. Was sind die wesentlichen Determinanten dieser Einsparung?
3. Wie groß ist der Importrückgang durch diesen Teil der Energieeinsparung?

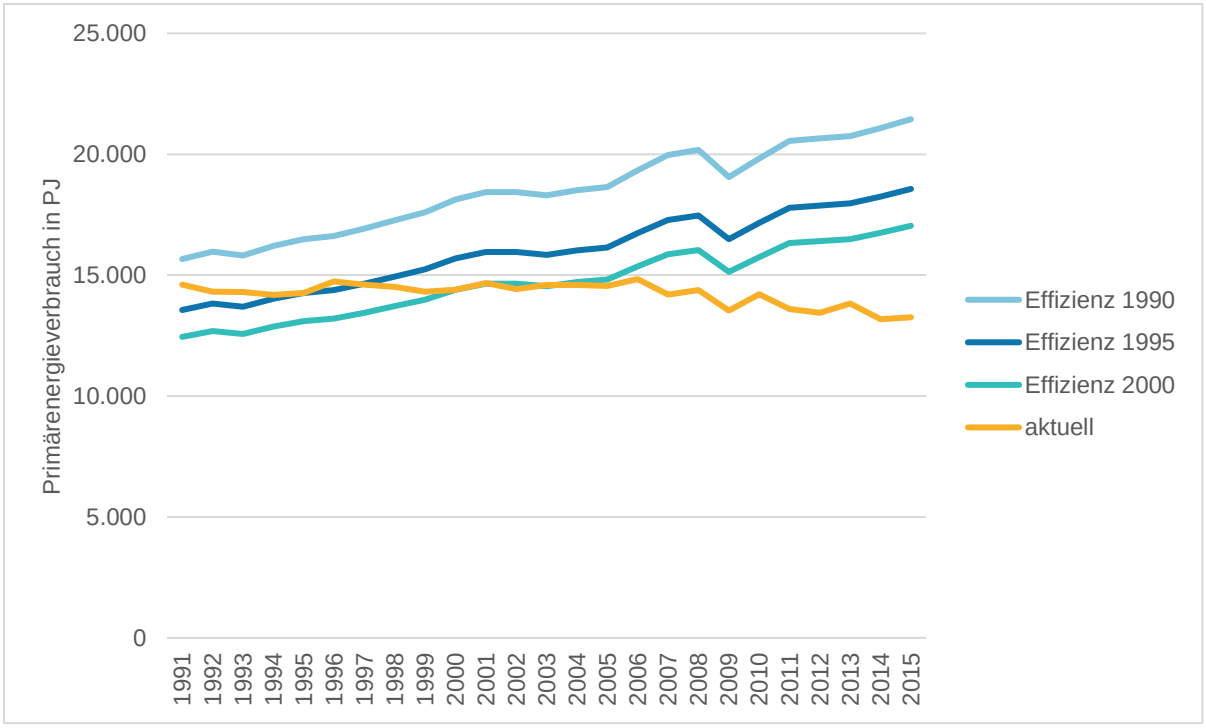
Neben Effizienzsteigerungen und dem Ausbau erneuerbarer Energien, die sich mindernd auf die jeweiligen Verbräuche auswirken, wird der Energieverbrauch vom Wirtschaftswachstum, einer veränderten Bruttoproduktion oder Bruttowertschöpfung, der Veränderung von Transportleistung sowie Änderungen der Wohnfläche determiniert. Um diese Einflüsse muss die Importdifferenz gewissermaßen bereinigt werden.

Grundsätzlich lassen sich verschiedene Bereinigungsverfahren an den Energieverbräuchen vornehmen. Die hier vorgeschlagene Methodik folgt der Energiebilanz und unterscheidet den Primärenergieverbrauch, den Umwandlungseinsatz(vor allem für Strom) und den Endenergieverbrauch. Die jeweiligen Effizienzsteigerungen bzw. Substitutionsmöglichkeiten durch erneuerbare Energien unterschieden sich auf all diesen Stufen, sodass eine gesonderte Ausweisung der Importverringerung von Primärenergie, Endenergie und Umwandlungseinsatz für die Maßnahmen- und Instrumentendiskussion sinnvoll scheint. .

Betrachtet man den Primär- oder Endenergieverbrauch insgesamt, bietet es sich an, mit dem Bruttoinlandsprodukt zu bereinigen, d. h. die Frage zu stellen, wie hoch der Energieeinsatz wäre, wenn man die heutige Wirtschaftsleistung mit einer Technikausstattung erbringen wollte, die 15 Jahre alt oder noch älter ist. Ähnlich wird auch bei der Konstruktion des ODEX (Odyssee-Mure; verschiedene Jahre) vorgegangen. Dort wird der gesamtwirtschaftliche Index um das jeweilige Wirtschaftswachstum bereinigt.

Dieser hypothetische Energieeinsatz variiert natürlich stark mit dem jeweiligen Bezugsjahr. Abbildung 1 illustriert den Einfluss des Bezugsjahres auf die Ergebnisse im Vergleich zum Primärenergieverbrauch des aktuellen Jahres (hier 2015). Ein großer Sprung in der Energieeffizienz wurde zwischen 1990 und 1995 vollzogen, der Unterschied zwischen 1995 und dem Jahr 2000 als Bezugsjahr fällt bereits geringer aus. Die Schnittpunkte mit der Linie des aktuellen Primärenergieeinsatzes kennzeichnen das jeweilige Bezugsjahr.

Abbildung 1: Hypothetischer Primärenergieeinsatz bei Annahme konstanter Energieintensität verschiedener Ausgangsjahre



Eigene Berechnung nach AG Energiebilanzen (2016), Statistisches Bundesamt (2017).

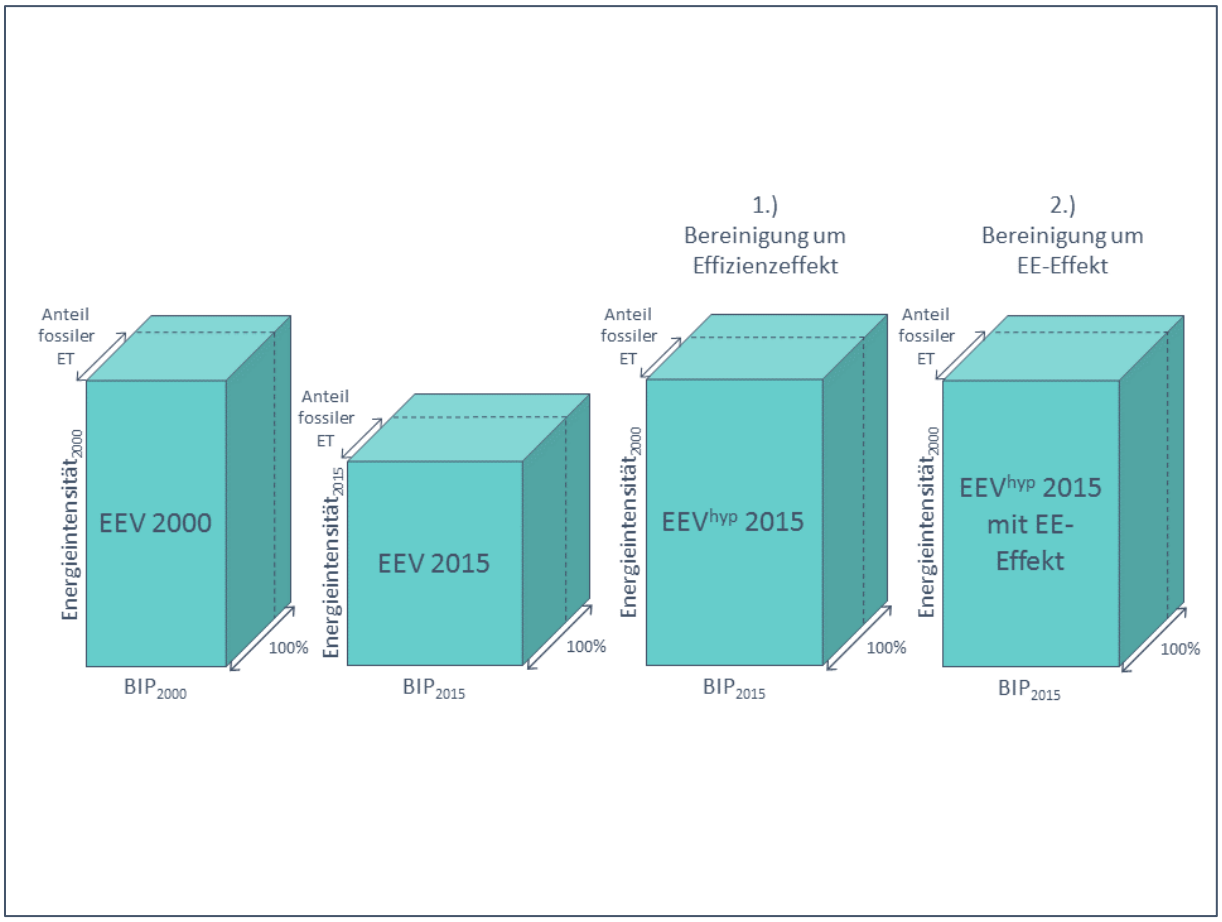
Die Wahl des Bezugsjahrs fällt im Folgenden auf das Jahr 2000, das gewissermaßen als Start der Energiewendepolitik angesehen werden kann. Während die Effizienzpolitik in den Neunzigerjahren in der Industrie geprägt war von der Selbstverpflichtung und im Gebäudebereich von der Diskussion um die Novelle der Wärmeschutzverordnung, trat zur Jahrtausendwende mit der Zusammenlegung von Wärmeschutzverordnung und Heizungsanlagenverordnung, der Ökosteuer und dem Erneuerbare-Energien-Gesetz ein Instrumentenmix ein, der als der Beginn der Energiewende bezeichnet werden kann. Auch die Expertenkommission zum Monitoring-Prozess nennt das Jahr 2000 als möglichen Anfangspunkt der Energiewende (Löschel et al. 2014).

Abbildung 2 illustriert die Vorgehensweise für die Berechnung der Einsparung fossiler Brennstoffimporte durch den Ausbau erneuerbarer Energien und die gesteigerte Energieeffizienz. EEV kennzeichnet den jeweiligen Endenergieverbrauch für das Jahr 2015 und 2000 mit den entsprechenden Anteilen erneuerbarer Energien. Der hypothetische Verbrauch fossiler Brennstoffe entsteht in zwei Schritten, der Bereinigung um den BIP-Effekt und der Bereinigung um den EE-Effekt. In diesem zweiten Schritt wird der Energieträgermix aus dem Jahr 2000 unterlegt, wobei die EE auf dem Stand des damaligen Ausbaus festgesetzt werden. Somit ergeben sich Äquivalente zu den heute mit EE produzierten Energiemengen, die unter den Gegebenheiten im Jahr 2000 zusätzlich mit fossilen Energieträgern hätten erbracht werden müssen. Der finale hypothetische fossile Endenergiebedarf wird dann mit dem tatsächlichen energieträgerscharfen Endenergieverbrauch verglichen und die Differenz mit den Importpreisen des jeweiligen Energieträgers bewertet (vgl. Gleichung (1)).

Kennzeichnend für den Ansatz ist der Vergleich von Mengen (Energieeinsatz) und Strukturen (Energieträger) im letzten aktuell verfügbaren Jahr mit den hypothetischen Mengen und den

Strukturen der Vergangenheit. Es werden nicht zwei zeitliche Entwicklungen verglichen, sondern der Frage nachgegangen, was wäre wenn mit der Effizienz aus dem Jahr 2000 und dem Energieträgermix aus dem Jahr 2000 das heutige BIP, die heutige Transportleistung, die heutige Wohnfläche und Wertschöpfung bereitgestellt und versorgt werden müsste.

Abbildung 2: Graphische Darstellung zum Vorgehen



Eigene Darstellung.

Zusammenfassend ergeben sich die Importeinsparungen wie folgt:

$$(1)\ Imp_t = \sum_{i=1}^{30} ip_{i,t} * iq_{i,t} * \left(q^c_{i,2000} * \left(\frac{EEV_{2000}}{BIP_{2000}} * BIP_t - \sum_{j=24}^{26} eev_{j,2000}\right) - eev_{i,t}\right)$$

mit

Imp_t	Einsparung der durch den Ausbau der EE und Energieeffizienz verminderten Importe im Jahr t
$ip_{i,t}$	Importpreis für den Energieträger i im Jahr t
$iq_{i,t}$	Importquote für den Energieträger i im Jahr t
BIP_t	Reales Bruttoinlandsprodukt im Jahr t
EEV_t	Endenergieverbrauch im Jahr t
$eev_{i,t}$	Endenergieverbrauch des Energieträgers i im Jahr t
$q^c_{i,t} = \frac{eev_{i,t}}{EEV_t - \sum_{j=24}^{26} eev_{j,t}}$	Anteil einzelner konventioneller Energieträger am konventionellen Teil des Energiemix im Jahr t

Der Energieverbrauch wird in den Energiebilanzen differenziert nach 30 Energieträgern angegeben, davon stellen Energieträger 24 bis 26 die erneuerbaren Energien dar.[2]

Der hypothetische Endenergieverbrauch, der sich ergäbe, wenn man das heutige BIP mit der Energieeffizienz aus dem Jahr 2000 erwirtschaften wollte, errechnet sich nach Gleichung (2).

(2) $EEV_t^{hyp} = \frac{EEV_{2000}}{BIP_{2000}} BIP_t$

Dieser Energieverbrauch muss nun mit einem Energiemix gedeckt werden, bei dem der Endenergieverbrauch erneuerbarer Energien dem EE-Einsatz im Jahr 2000 entspricht. Der Mehrverbrauch durch die Bereinigung um das BIP und den EE-Ausbau seit dem Jahr 2000 wird konventionell gedeckt. Mit diesem Ansatz wird die Wirkung realisierter Effizienzverbesserungen insgesamt erfasst, es wird dabei nicht zwischen maßnahmengetriebener und nicht-politikgetriebener Effizienz unterschieden.

Was aber ist die Importeinsparung nur durch EE oder nur durch die Effizienz? Die Antwort lautet: es kommt auf das Berechnungsverfahren an.

Bereinigt man zuerst um das BIP, so lautet der hypothetische neue Verbrauch je Energieträger

(3) $EEV_t^{hyp} * q_{i,t}$

mit

$q_{i,t}$ Anteil des Energieträgers i am gesamten Mix im Jahr t

Nach der BIP-Bereinigung ergibt sich ein energieträgerspezifischer Mehrverbrauch von

(4) $EEV_t^{hyp} * q_{i,t} - eev_{i,t}$.

Nach anschließender Bereinigung um den Effekt der erneuerbaren Energien, d.h. nach Festsetzen der EE-Menge auf den Wert des Jahres 2000 ergibt sich ein zusätzlicher Mehrverbrauch zu:

(5) $q_{i,2000}^c * \left(EEV_t^{hyp} - \sum_{j=24}^{26} eev_{j,2000}\right) - q_{i,t} * EEV_t^{hyp}$

In der Summe ergibt sich aus diesen beiden Teilen multipliziert mit der Importquote und den Importpreisen nach Umformung wieder die obige Gleichung:

(6) Imp_t

$$= \sum_{i=1}^{30} EEV_t^{hyp} * q_{i,t} - eev_{i,2015} + q_{i,2000}^c * \left(EEV_t^{hyp} - \sum_{j=24}^{26} eev_{j,2000} \right) - q_{i,t} * EEV_t^{hyp}$$

$$= \sum_{i=1}^{30} ip_{i,t} * iq_{i,t} * \left(q_{i,2000}^c * \left(\frac{EEV_{2000}}{BIP_{2000}} * BIP_t - \sum_{j=24}^{26} eev_{j,2000}\right) - eev_{i,t} \right)$$

Umgekehrt folgt aus der Bereinigung um die EE im ersten Schritt ein hypothetischer Mehrverbrauch bei den konventionellen Energieträgern mit:

(7) $\left(EEV_t - \sum_{j=24}^{26} eev_{j,2000}\right) * q_{i,2000}^c - eev_{i,t}$

Als Mehrverbrauch aus anschließender BIP-Bereinigung ergibt sich

[2] 24 = Wasser-, Windkraft und Photovoltaikanlagen, 25 = Biomasse und erneuerbare Abfälle, 26 = sonstige erneuerbare Energieträger.

(8) $\left(EEV_t^{hyp} - EEV_t\right) * q_{i,2000}^{c}$

Die Summe aus (7) und (8), jeweils gewichtet mit den entsprechenden Importquoten und Preisen, ergibt wiederum Gleichung (1).

Vergleicht man jedoch die Summanden, so zeigt sich, dass die dem jeweiligen Schritt (Bereinigung um EE-Effekt und Bereinigung um den BIP-Effekt) zuweisbaren Importeinsparungen von der Reihenfolge der Schritte abhängen. Für den BIP-Effekt lässt sich das wie folgt zeigen, indem die Summe über (4) gewichtet mit den Importquoten und Preisen verglichen wird mit der ebenso gewichteten Summe über (8). Ausklammern von $\left(EEV_t^{hyp} - EEV_t\right)$ führt zu

(9) $\sum_{i=1}^{30} q_{i,t} * ip_{i,t} * iq_{i,t} \neq \sum_{i=1}^{30} q_{i,2000}^{c} * ip_{i,t} * iq_{i,t}$,

da die unterschiedlichen Importpreise und -quoten in den beiden Summen unterschiedlich gewichtet werden.

Nachstehend werden die Ergebnisse aus der unterschiedlichen Abfolge der Bereinigungsschritte für ein fiktives numerisches Beispiel mit zwei fossilen Energieträgern und einem erneuerbaren Energieträger illustriert. Der Endenergieverbrauch im Jahr 2000 beträgt im Beispiel zehn Einheiten, im Jahr t beträgt er acht Einheiten. Würde man das BIP im Jahr t mit der Effizienz des Jahres 2000 erwirtschaften, würden 12 Energieeinheiten benötigt. Bereinigt man zunächst um das BIP, so beträgt die Importeinsparung durch Effizienz 350 Einheiten. Wird anschließend um den EE-Effekt bereinigt, ergeben sich zusätzlich eingesparte Importe durch die EE in Höhe von 597 Einheiten. Insgesamt beträgt die Importverringerung durch EE und Effizienz 947 Einheiten. Wenn der EE-Effekt im ersten Schritt betrachtet wird, ergeben sich die Importeinsparungen durch die EE zu 253 Einheiten und die Einsparungen durch die Effizienz liegen deutlich höher bei 693 Einheiten. In der Summe werden natürlich unabhängig von der Bewertungsreihenfolge immer 947 Einheiten eingespart.

Tabelle 1: Beispielrechnung mit drei Energieträgern

		2000		t	
EEV		10		8	
EEV^{hyp}				12	
		Fossil 1	**Fossil 2**	**EE**	**Summe**
	EEV_t	2	2	4	8
	Anteile	0,25	0,25	0,5	1
	EEV_{2000}	4	3,5	2,5	10
	Anteile fossil normiert	0,533	0,467	0	1
Variante 1	Bereinigung BIP	3,0	3,0	6	12
	Zusätzliche Menge nach BIP Bereinigung	1,0	1,0	2,0	4
	Importquote	1,0	1,0	0	
	Importpreis	150	200		
	Einsparung Importe	*150*	*200*		*350*
	Bereinigung EE	5,1	4,4	2,5	12
	zusätzliche Menge nur EE Bereinigung	2,07	1,4	-3,5	0
	Importquote	1,0	1,0	0	
	Importpreis	150	200		
	Einsparung Importe	*310*	*287*		*597*
	zusätzliche Menge	3,07	2,43	-1,50	4
	Importquote	1,0	1,0	0	
	Importpreis	150	200		
	Einsparung Importe	*460*	*487*		*947*
Variante 2	Bereinigung EE	2,93	2,57	2,5	8
	Zusätzliche Menge nach EE Bereinigung	0,93	0,57	-1,50	0
	Importquote	1,0	1,0	0	
	Importpreis	150	200		
	Einsparung Importe	*140*	*113*		*253*
	Bereinigung BIP	5,1	4,4	2,5	12
	zusätzliche Menge nur BIP Bereinigung	2,13	1,9	0,0	4
	Importquote	1,0	1,0	0	
	Importpreis	150	200		
	Einsparung Importe	*320*	*373*		*693*
	zusätzliche Menge	3,1	2,4	-1,5	4
	Importquote	1,0	1,0	0	
	Importpreis	150	200		
	Einsparung Importe	*460*	*487*		*947*

3 ANWENDUNG AUF DAS JAHR 2015

Die vorgestellte Berechnungsmethode für Importeinsparungen aus Kapitel 2 wird nachfolgend am Beispiel von Daten für das Jahr 2015 angewendet. Hierfür werden die Importeinsparungen sowohl aus gesamtwirtschaftlicher Perspektive als auch in den einzelnen Endenergieverbrauchssektoren berechnet.

3.1 GESAMTWIRTSCHAFTLICHE SICHTWEISE

Die Energieeinsparung gegenüber dem Jahr 2000 beispielsweise lässt sich durch einen Vergleich der Energieverbräuche bemessen. Der Endenergieverbrauch betrug im Jahr 2000 9,23 EJ, im Jahr 2015 lag er bei 8,9 EJ. Der Primärenergieverbrauch betrug 14,4 EJ im Jahr 2000 und 13,26 EJ im Jahr 2015. Der Umwandlungseinsatz belief sich auf 11,62 EJ im Jahr 2000 und auf 10,67 EJ im Jahr 2015. Die Einsparung lag also beim Endenergieverbrauch bei 0,34 EJ, beim Primärenergieverbrauch bei 1,14 EJ und beim Umwandlungseinsatz 0,95 EJ.

Würde die wirtschaftliche Leistung des Jahres 2015 mit der Effizienz des Jahres 2000 erbracht, läge der Endenergieverbrauch um knapp 23 % höher, der Primärenergieverbrauch und der Umwandlungseinsatz jeweils um knapp 29 %. Um den kombinierten Effekt aus Energieeffizienz und erneuerbaren Energien abzuschätzen, wird darüber hinaus angenommen, dass diese um mehr als zwanzig Prozent höheren Energieverbräuche mit einem Energiemix gedeckt werden, der die erneuerbaren Energien auf dem Stand von 2000 festhält. Die Abschätzung des hypothetischen zusätzlichen Energieverbrauchs basiert dann auf einem hypothetischen aus der Effizienz resultierenden Verbrauch, der mit dem genannten hypothetischen Energiemix gedeckt wird.

Von den fossilen Energieträgern werden die meisten damals wie heute zum größten Teil importiert. Für die Abschätzung der verringerten Importe infolge der erneuerbaren Energien und Energieeffizienz werden die Importquoten von Steinkohle, Erdgas und Mineralölen zu 100 % angenommen, da beispielsweise die heimischen Mengen aus der Steinkohleförderung als bereits eingesetzt gelten können.

Das BAFA und das BMWi geben die Importpreise für Steinkohle, Erdgas und Rohöl an (Tabelle 2). Da nur wenige Informationen über die Importe von Mineralölprodukten vorliegen, werden diese mit dem Rohölpreis bewertet (zu dieser Vorgehensweise vgl. Lehr 2011).

Tabelle 2: Importpreise fossiler Energieträger im Jahr 2015

	Einheit	2015
Rohöl	Euro/t	356
Erdgas	Euro/TJ	5.618
Steinkohlen	Euro/t SKE	68

BMWi Energiedaten (2017), Energiedaten-gesamt.xls; Blatt 26.

Mit diesen Preisen wird der zusätzliche Import bewertet, der zur Deckung des neuen hypothetischen Energieverbrauchs notwendig ist. Hierfür werden die Preise in Euro pro TJ umgerechnet.

Dieser Energieverbrauch muss zunächst mit einem Energiemix gedeckt werden, bei dem der Endenergieverbrauch erneuerbarer Energien dem EE-Einsatz im Jahr 2000 entspricht. Der Mehrverbrauch durch die Bereinigung um das BIP und um den EE-Ausbau seit dem Jahr 2000 wird konventionell mit dem Energiemix des Basisjahres gedeckt, der in Tabelle 3 dargestellt wird.

Tabelle 3: Anteile konventioneller Energieträger am konventionellen Endenergieverbrauch 2000

Energieträger	Produkte	Anteil
Steinkohlen	Kohlen	2,54 %
	Briketts	0,05 %
	Koks	3,66 %
	andere Steinkohlenprodukte	0,00 %
Braunkohlen	Kohlen	0,08 %
	Briketts	0,45 %
	andere Braunkohlenprodukte	0,67 %
	Hartbraunkohle	0,00 %
Mineralöle	Erdöl (roh)	0,00 %
	Ottokraftstoffe	18,18 %
	Rohbenzin	0,00 %
	Flugturbinenkraftstoffe	4,45 %
	Dieselkraftstoff	17,98 %
	Heizöl leicht	16,64 %
	Heizöl schwer	1,40 %
	Petrolkoks	0,12 %
	Flüssiggas	1,14 %
	Raffineriegas	0,05 %
	andere Mineralölprodukte	0,10 %
Gase	Kokerei- und Stadtgas	0,00 %
	Gichtgas- und Konvertergas	0,00 %
	Naturgase, Erdgas, Erdölgas	2,77 %
	Grubengas	0,13 %
sonstige Energieträger	nicht-erneuerbare Abfälle, Abwärme u. a.	0,00 %
elektrischer Strom und andere Energieträger	Strom	25,77 %
	Kernenergie	0,00 %
	Fernwärme	3,83 %

Eigene Darstellung auf Grundlage der Energiebilanz 2000.

Die hypothetischen zusätzlichen Importe ergeben sich gemäß der in Tabelle 4 im Überblick dargestellten Berechnung. Für den Umwandlungseinsatz findet die Berechnung entsprechend statt und wird in Tabelle 5 zusammengefasst.

Tabelle 4: Berechnung des Endenergieverbrauchs (EEV) am Beispiel von 2015

	2000	2015	Verhältnis 2015 zu 2000
EEV in EJ	9,23	8,90	96,4 %
EEV/BIP in MJ/Euro	3,92	3,19	81,4 %
BIP in Bio. Euro	2,36	2,79	118,3 %
	Berechnung für ausgewählte Energieträger		
	Ottokraft-stoffe	Heizöl, leicht	Erdgas
EEV 2015 in PJ	722	660	2.056
EEV 2000 in PJ	1.255	1.149	2.204
EEV_{eff}^{hyp} in PJ	886	811	2.526
$EEV_{eff,ee}^{hyp}$ in PJ	1.491	1364	2.617
Mehrverbrauch^{hyp} in PJ	769	704	560
Preis 2015 in Euro/TJ	8.361	8.361	5.618
Importeinsparung in Mrd. Euro	6,429	5,889	3,149

Daten von AG Energiebilanzen (2016); eigene Berechnung der GWS.

Aufgrund der geringeren Effizienz im Jahr 2000 gegenüber dem aktuellen Jahr führt der Effizienzeffekt bei allen Energieträgern zu einem höheren hypothetischen Energieverbrauch (EEV_{eff}^{hyp}). Der EE-Effekt verteilt den hypothetischen Energieverbrauch anschließend um, entsprechend des jeweiligen Anteils am Energieträgermix im Basisjahr erhöht oder reduziert sich der Energieverbrauch ($EEV_{eff,ee}^{hyp}$). Ergibt sich nach beiden Bereinigungen ein geringerer hypothetischer Energieverbrauch im Vergleich zum tatsächlichen Wert, liegt keine Einsparung vor, sondern es würde theoretisch mehr Energie von dem jeweiligen Energieträger verbraucht. Insgesamt ergeben sich aus dem durch die Effizienz verringerten Endenergieverbrauch und dem Ersatz fossiler durch erneuerbare Energieträger im Endenergieverbrauch Einsparungen in Höhe von 16,1 Mrd. Euro.

Tabelle 5: Berechnung des Umwandlungseinsatzes (UE) am Beispiel von 2015

	2000	2015	Verhältnis 2015 zu 2000
UE in EJ	11,62	10,67	91,8 %
UE/BIP in MJ/Euro	4,93	3,82	77,6 %
BIP in Bio. Euro	2,36	2,79	118,3 %

	Berechnung für ausgewählte Energieträger			
	Stein-kohle	Erdöl (roh)	Ottokraft-stoffe	Heizöl schwer
UE 2015 in PJ	1.427	3.979	53	41
UE 2000 in PJ	1.690	4.569	147	129
UE_{eff}^{hyp} in PJ	1.839	5.128	68	53
$UE_{eff,ee}^{hyp}$ in PJ	2.006	5.422	175	153
$Mehrverbrauch^{hyp}$ in PJ	579	1443	122	112
Preis 2015 in Euro/TJ	2.318	8.361	8.361	8.361
Importeinsparung in Mrd. Euro	1,342	12,065	1,018	0,933

Daten von AG Energiebilanzen (2016); eigene Berechnung der GWS.

Die Energiebilanz weist zudem den Primärenergieverbrauch und den Umwandlungseinsatz aus. Der Primärenergieverbrauch ergibt sich aus dem Energieaufkommen im Inland und dem Außenhandelssaldo nach Abzug von Hochseebunkerungen und Bestandsveränderungen (Lagerung). Der inländisch eingesetzte Anteil könnte ähnlich behandelt werden wie der Endenergieverbrauch. Die Import- und Exportströme, die Einfuhr von Energieträgern für die stoffliche Umwandlung in Raffinerien und Kokereien, deren Produkt zum Teil für den Export bestimmt ist, machen die Berechnung abhängig von einer Reihe von Annahmen. Unter Vernachlässigung von Nettoexporten bestimmter Energieträger, hierunter vor allem verschiedene Mineralölprodukte, ergibt sich eine Importeinsparung von 21,3 Milliarden Euro. Beim Umwandlungseinsatz führt das für den Endenergieverbrauch vorgeschlagene Vorgehen insgesamt zu Einsparungen in Höhe von 16,6 Milliarden Euro. Allerdings sind hier ebenfalls die Produkte aus Raffinerien und Kokereien enthalten.

Insgesamt schlagen wir vor, die Importreduktion durch erneuerbare Energien und Energieeffizienz auf die weiter oben beschriebene Berechnung des Endenergieverbrauchs zu beziehen, bzw. diese im Detail für die verschiedenen Endenergieverbräuche der einzelnen Sektoren zu betrachten, wie nachstehend ausgeführt wird.

3.2 IMPORTEINSPARUNG DURCH DIE SEKTOREN

Energieeffizienz und der Ausbau erneuerbarer Energien haben sich in den einzelnen Endverbrauchssektoren und dem Umwandlungsbereich durchaus unterschiedlich entwickelt und die Sektoren tragen dadurch unterschiedlich zur Importverringerung bei. Neben dem BIP gibt es weitere wichtige Einflussgrößen auf den Energieverbrauch, die sich bei einer Aufbereitung der sektoralen Energieverbräuche und damit verbundenen Importe besser untersuchen lassen.

Hier werden daher die sektorspezifischen Energieeffizienzen an der zu beheizenden Fläche (Haushalte), dem erwirtschafteten Bruttoproduktionswert (Industrie), der Bruttowertschöpfung

(GHD) und der Transportleistung (Verkehr) gemessen. Der hypothetische Energieverbrauch im Jahr 2015 wird berechnet, indem mit diesen Effizienzen aus dem Jahr 2000 die Bedürfnisse des Jahres 2015 befriedigt werden.[3] Auch hier werden die erneuerbaren Energien im nächsten Schritt auf dem Niveau von 2000 gehalten und es lassen sich die jeweiligen sektorspezifischen fossilen Mehrverbräuche errechnen, zu deren Deckung die Importe deutlich höher ausfallen als tatsächlich im Jahr 2015. Diese Herangehensweise wird in Kapitel 3 betrachtet.

Zur Berechnung der hypothetischen Energieverbräuche in den Sektoren werden die Effizienzindikatoren der AG Energiebilanzen (AGEB 2016) herangezogen.

3.2.1 PRIVATE HAUSHALTE

Ein Indikator für die Effizienz der Haushalte in den Energiebilanzen ist der Energieverbrauch je Quadratmeter Wohnfläche. Da die Witterungseinflüsse auf den Energieeinsatz für Raumwärme teilweise erheblich sind, wird für Wärme der temperaturbereinigte Energieverbrauch genutzt.

Tabelle 6: Eckdaten und Bewertung für den Energieverbrauch der Privaten Haushalte

	2000	2015	Verhältnis 2015 zu 2000
Stromverbrauch in GWh	130.500	128.700	98,6 %
Wärme (bereinigt) in EJ	2,40	1,96	81,6 %
Stromverbrauch pro Flächeneinheit in kWh/qm	40,21	34,80	86,5 %
Wärme pro Flächeneinheit in MJ/qm	739,31	515,80	69,8 %
Fläche in Mio. qm	3.245	3.795	116,9 %
	Berechnung für ausgewählte Energieträger		
	Heizöl leicht	Erdgas	
Wärme (bereinigt) 2015 in PJ	486,68	917,11	
Wärme (bereinigt) 2000 in PJ	881,33	1.075,47	
$Wärme_{eff}^{hyp}$ in PJ	697,57	1.314,52	
$Wärme_{eff,ee}^{hyp}$ in PJ	1.043,70	1.273,60	
$Mehrverbrauch^{hyp}$ in PJ	557,01	356,49	
Preis 2015 in Euro/TJ	8.361	5.618	
Importeinsparung in Mrd. Euro	4,657	2,003	

Daten von AG Energiebilanzen (2016); eigene Berechnung der GWS.

Tabelle 6 zeigt den Stromverbrauch und den temperaturbereinigten Wärmeverbrauch der privaten Haushalte. In der letzten Spalte wird die Veränderung in Prozent des heutigen Verbrauchs zum Verbrauch in 2000 angegeben. Dort zeigt sich, dass der Stromverbrauch weniger stark zurückgegangen ist als der Wärmeverbrauch. Dies ist vor allem eine Folge der steigenden Stromanwendungen im Haushaltsbereich und den steigenden Ausstattungsgraden mit

[3] Die Möglichkeit von Reboundeffekten besteht auch hier. Allein durch effizientere Geräte könnte der Verbraucher beispielsweise in Versuchung sein, diese öfter einzusetzen oder bei Nichtgebrauch nicht abzuschalten. Derzeit berücksichtigt der Ansatz das nicht, da es noch keinen einheitlichen Standard zur Messung von Reboundeffekten gibt.

elektrischen Geräten, wohingegen der Energiebedarf für Wärme aufgrund eines geringeren Wärmebedarfs und einer effizienteren Wärmeerzeugung stärker sinken konnte.

Geht man genauso vor wie bei der gesamtwirtschaftlichen Sichtweise, so wird der zusätzliche Energiebedarf auf die fossilen Energieträger verteilt und es resultieren die zusätzlichen hypothetischen Importe. Die Importpreise sind dieselben, die auch im vorherigen Abschnitt genutzt wurden (BMWi 2017c). Damit ergibt sich aus dieser Berechnung ein verringerter Import von 6,7 Mrd. Euro.

Die Veränderungen im Strombedarf werden im Umwandlungssektor verbucht. Entsprechend werden die Einsparungen beim Verkehr der Haushalte im Verkehrssektor gebucht.

3.2.2 INDUSTRIE

Für die Industrie wählt die AG Energiebilanzen den Bruttoproduktionswert (BPW) als Bezugsgröße des Effizienzindikators. Das BMWi übernimmt diese Größe in der Broschüre „Energieeffizienz in Zahlen“ (BMWi 2017b).

Tabelle 7: Eckdaten und Bewertung für den Energieverbrauch der Industrie

	2000	2015	Verhältnis 2015 zu 2000
Stromverbrauch in GWh	207.903	224.878	108,2 %
(Prozess- und Raum-)Wärme in EJ	1,67	1,74	103,9 %
Stromverbrauch pro BPW in kWh/1000Euro	228,17	207,86	91,1 %
Wärme pro BPW in MJ/1000Euro[4]	1,84	1,60	87,1 %
BPW in Mrd. Euro	911,17	1081,87	118,7 %
	Berechnung für ausgewählte Energieträger		
	Heizöl, leicht	Heizöl, schwer	Erdgas
Wärme 2015 in PJ	32,59	14,77	779,01
Wärme 2000 in PJ	87,82	96,36	811,75
$Wärme_{eff}^{hyp}$ in PJ	37,24	16,88	890,16
$Wärme_{eff,ee}^{hyp}$ in PJ	104,41	114,56	965,11
$Mehrverbrauch^{hyp}$ in PJ	71,82	99,79	186,10
Preis 2015 in Euro/TJ	8.361	8.361	5.618
Importeinsparung in Mrd. Euro	0,601	0,834	1,045

Daten von AG Energiebilanzen (2016); eigene Berechnung der GWS.

Der Stromverbrauch und der Energieeinsatz für Prozess- und Raumwärme sind in der Industrie angestiegen, aber weniger schnell gewachsen als die damit erbrachte Leistung, der Bruttoproduktionswert. Beim Strom ergibt sich eine fast neunprozentige Verbesserung, bei der Wärme sogar fast eine 13-prozentige Verbesserung der Effizienz.

[4] In der Originalquelle (AGEB 2016) wird dieser Effizienzindikator in GJ pro 1.000 Euro BPW angegeben, dies wurde hier angepasst an die tatsächliche Größenordnung. Gleiches gilt für die Größe „Wärme & Prozess pro BWS“ im nächsten Kapitel.

Das Vorgehen entspricht dem oben erläuterten. Bewertet mit den Importpreisen für diese Energieträger ergeben sich Importe in Höhe von 2,3 Mrd. Euro, die durch den Ausbau erneuerbarer Energien und die angestiegene Energieeffizienz nicht notwendig waren. Auch hier gilt, dass die Einsparungen beim Strom im Umwandlungssektor verbucht werden und die Transportleistung im Verkehrssektor.

3.2.3 GEWERBE, HANDEL, DIENSTLEISTUNGEN

Die AG Energiebilanzen setzt als Referenzgröße für den Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) die Bruttowertschöpfung an. Der Sektor beinhaltet eine Vielzahl von Tätigkeiten und der Energieverbrauch ist von der Raumwärme und der Zahl der Beschäftigten bestimmt. Die AG Energiebilanzen bietet diesen Indikator jedoch nicht temperaturbereinigt an, vermutlich wegen der Heterogenität der Energieverwendungszwecke in diesem Einsatzbereich. Da Gewerbe, Handel und Dienstleistungen mit 16 %[5] des Endenergieverbrauchs den kleinsten und heterogensten Endenergieverbrauchssektor darstellen, liegen wenige detaillierte Untersuchungen vor.

Um die gestiegene Wertschöpfung bereinigt hat sich die Effizienz für Wärme- und Prozessenergie um mehr als 25 % gesteigert. Die Importrückgänge sind hauptsächlich bei leichtem Heizöl und Erdgas zu verorten und sie werden mit denselben Importpreisen bewertet wie zuvor.

Dies äußert sich in verringerten Importen von knapp 2,3 Mrd. Euro. Auch hier werden Strom und Verkehr in den entsprechenden Sektoren verbucht.

5 Die Angabe bezieht sich auf den Anteil im Jahr 2015.

Tabelle 8: Eckdaten und Bewertung für den Energieverbrauch im Sektor GHD

	2000	2015	Verhältnis 2015 zu 2000
Stromverbrauch in GWh	140.023	149.876	107,0 %
(Prozess- und Raum-)Wärme in EJ	0,97	0,89	91,2 %
Stromverbrauch pro BWS in kWh/1000Euro	89,69	80,99	90,3 %
Wärme pro BWS in MJ/1000Euro	0,62	0,47	74,9 %
BWS	1561,15	1850,62	118,5 %
	Berechnung für ausgewählte Energieträger		
	Dieselkraft-stoff	Heizöl, leicht	Erdgas
Wärme 2015 in PJ	101,91	170,41	408,81
Wärme 2000 in PJ	96,43	284,63	444,53
$Wärme_{eff}^{hyp}$ in PJ	132,42	221,42	531,19
$Wärme_{eff,ee}^{hyp}$ in PJ	114,36	337,57	527,21
$Mehrverbrauch^{hyp}$ in PJ	12,45	167,15	118,39
Preis 2015 in Euro/TJ	8.631	8.361	5.618
Importeinsparung in Mrd. Euro	0,104	1,398	0,665

Daten von AG Energiebilanzen (2016); eigene Berechnung der GWS.

3.2.4 UMWANDLUNGSSEKTOR

Im Umwandlungssektor hat die Effizienz zugenommen. Die AG Energiebilanzen weist einen Effizienzindikator für den Sektor insgesamt aus. Dieser bezieht sich auf die gesamte Stromerzeugung aus allen Energieträgern. Die Kernenergie wird in den Energiebilanzen mit einem Wirkungsgrad von 30 % verbucht; Wind, Sonne und Wasserkraft werden mit Wirkungsgraden von 100 % in der Energiebilanz verbucht. Eine Transformation des Energieträgermix zu einem Mix, der weniger Kernenergie und mehr EE enthält, wird daher ohnehin rechnerisch einen höheren Wirkungsgrad haben. Die AG Energiebilanzen schreibt dazu: „Der Ersatz von Kernenergiestrom führt also allein aus methodischen Gründen zu einer Erhöhung der gesamtwirtschaftlichen Energieeffizienz. Diese rechnerische Erhöhung tritt ein, weil je Einheit Wirtschaftsleistung rechnerisch weniger Primärenergie eingesetzt wird. Die Stromintensität, berechnet als Verhältnis von Stromerzeugung und Wirtschaftsleistung, bleibt hingegen unverändert“ (AGEB 2012). Dazu kommt die Effizienzsteigerung im konventionellen Bereich.

Tabelle 9: Eckdaten und Bewertung für den Energieverbrauch im Umwandlungssektor

	2000	2015	Verhältnis 2015 zu 2000
Brennstoffeinsatz in EJ	5,34	4,96	93,0 %
Brennstoffeinsatz je Stromausstoß in MJ/kWh	9,25	7,66	82,8 %
Stromausstoß in GWh	576.543	647.882	
Hypothetisch zusätzlich notwendiger Strom aus den anderen Sektoren in GWh	-	70.156	
davon private Haushalte		23.895	
davon Industrie		21.975	
davon GHD		16.111	
davon Verkehr		8.176	
Summe Stromausstoß in GWh	576.543	718.038	
	Berechnung für ausgewählte Energieträger		
	Steinkohle	Heizöl schwer	Erdgas
Brennstoffeinsatz 2015 in PJ	981,29	9,33	391,65
Brennstoffeinsatz 2000 in PJ	1.267,63	33,07	390,78
$Brennstoffeinsatz_{eff}^{hyp}$ in PJ	1.313,92	12,49	524,40
$Brennstoffeinsatz_{eff,ee}^{hyp}$ in PJ	1.589,81	41,48	490,10
$Mehrverbrauch^{hyp}$ in PJ	608,52	32,15	98,46
Preis 2015 in Euro/TJ	2.318	8.361	5.618
Importeinsparung in Mrd. Euro	1,411	0,269	0,553

Daten von AG Energiebilanzen (2016); eigene Berechnung der GWS.

Aus den Berechnungen für die Haushalte, die Industrie und den Verkehr sowie den Sektor GHD ergibt sich eine zusätzlich benötigte Strommenge von 70.156 GWh. Wird die gesamte Strommenge mit einem weniger effizienten Kraftwerkspark und dem Energieträgermix von 2000 produziert, würden vor allem zusätzliche Kohle- und Gasimporte notwendig. Bei einer Bewertung mit den Importpreisen beläuft sich der Wert dieser Importe insgesamt auf 2,3 Mrd. Euro.

Welche Rolle spielt der Stromexport in diesem Zusammenhang? Die obigen Überlegungen finden vor dem Hintergrund gleichbleibender Stromexporte und -importe statt. Die Bundesnetzagentur (verschiedene Jahrgänge) beschreibt die Situation des deutschen Stromaußenhandels in den Monitoringberichten: In allen Jahren, für die ein Bericht auf der Internetseite zur Verfügung steht, übertrifft der Stromexport den Stromimport. Dabei blieben in den vergangenen Jahren die Exporte nahezu konstant und die Importe nahmen ab, sodass der Exportsaldo stieg.

Diese Menge lässt sich in der obigen Rechnung nicht verrechnen, denn über das Lastprofil des dort gebildeten hypothetischen Stromverbrauchs ist in dem hier vorgeschlagenen vereinfachten Ansatz wenig bekannt. Ob diese Menge zur Verfügung stünde, kann ohne ausführlichere Simulationsrechnungen nicht geklärt werden.

3.2.5 VERKEHR

Im Verkehrsbereich sind erhebliche Energieeinsparungen zu beobachten, die in der Zunahme der Transportleistung (TL) häufig untergehen. Spezifisch ist der Verbrauch von Kraftstoffen um 25 % gesunken, absolut nahezu gleich geblieben.

Tabelle 10: Eckdaten und Bewertung für den Energieverbrauch des Verkehrs

	2000	2015	Verhältnis 2015 zu 2000
Strom in GWh	15.910	11.279	70,9 %
Kraftstoff in TJ	2,69	2,58	95,8 %
Strom/TL in kWh/100Pkm	0,26	0,15	58,0 %
Kraftstoff/TL in MJ/100Pkm	44,85	33,81	75,4 %
Transportleistung in 100 Mio. Pkm[6]	60.073	73.459	122,3 %
	Berechnung für ausgewählte Energieträger		
	Ottokraftstoff	Dieselkraftstoff	
Kraftstoff 2015 in PJ	709,23	1.375,43	
Kraftstoff 2000 in PJ	1.238,18	1.145,38	
$Kraftstoff_{eff}^{hyp}$ in PJ	905,54	1.756,15	
$Kraftstoff_{eff,ee}^{hyp}$ in PJ	1.515,35	1.401,78	
$Mehrverbrauch^{hyp}$ in PJ	806,12	26,35	
Preis 2015 in Euro/TJ	8.361	8.361	
Importeinsparung in Mrd. Euro	6,740	0,220	

Daten von AG Energiebilanzen (2016); eigene Berechnung der GWS.

Die Stromeffizienz hat sich fast verdoppelt in den 15 Jahren gegenüber 2000. Zur Ermittlung der Importrückgänge werden Güterverkehr und Personenverkehr zusammen betrachtet. Hauptgrund hierfür ist die Datenverfügbarkeit, denn die hier zugrunde gelegten Effizienzdaten der AGEB weisen ebenso wie die Energiebilanz keine Aufteilung auf den Personen- und den Güterverkehr aus. Die Energiebilanz unterscheidet zwar zwischen dem Schienenverkehr, dem Straßenverkehr, dem Luftverkehr und der Küsten- und Binnenschifffahrt, aber auch zu dieser Unterscheidung weist die AGEB keine detaillierten Effizienzindikatoren aus.

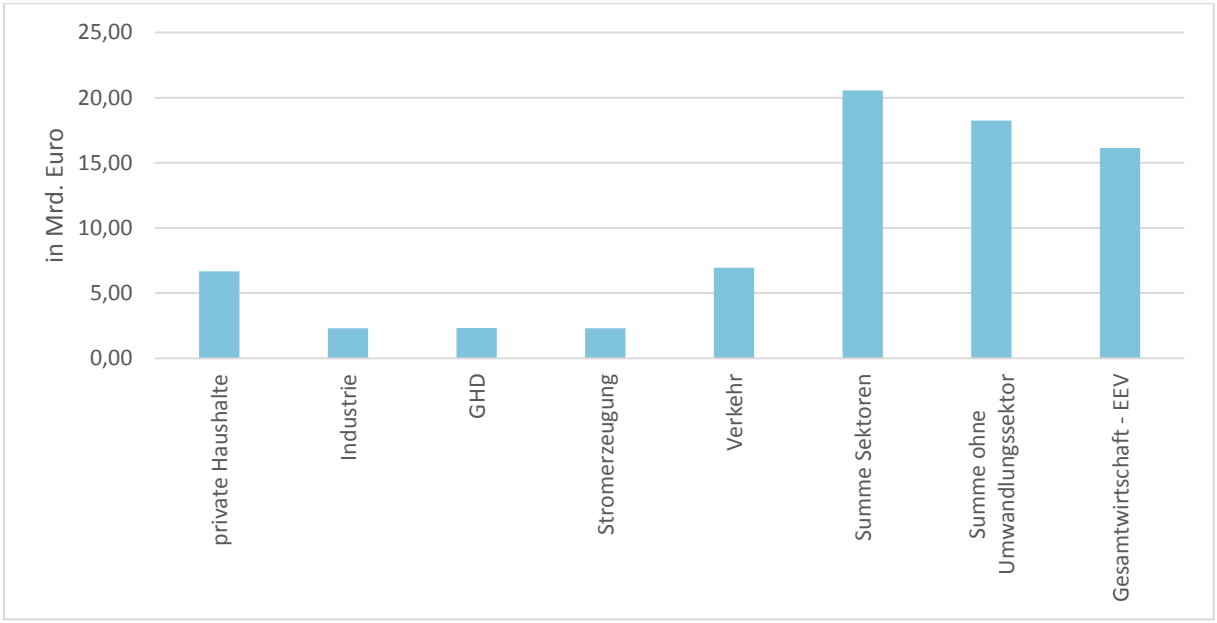
Bewertet mit den zusätzlichen Rohölimporten führt der Effizienzgewinn zu einem Importrückgang von 6,9 Mrd. Euro. Die erneuerbaren Energien spielen hier nur eine untergeordnete Rolle.

[6] Die Angabe bezieht sich sowohl auf den Güter- als auch auf den Personenverkehr. Hierfür wird die Verkehrsleistung des Güterverkehrs, die in Tonnenkilometern (tkm) gemessen wird, in Personenkilometer (Pkm) umgerechnet. Ein Tonnenkilometer wird hierbei äquivalent zu zehn Personenkilometer gesetzt (AGEB 2016, S. 7).

3.3 ZUSAMMENFASSUNG UND VERGLEICH DER ANSÄTZE AM BEISPIEL 2015

Unabhängig von der gewählten Vorgehensweise in Kapitel 3.1 und 3.2 liegt die Verringerung der Importe fossiler Energieträger durch Energieeffizienz und den Ausbau erneuerbarer Energien im zweistelligen Milliardenbereich. Dabei entfällt in der sektoralen Betrachtung der größte Anteil auf die Einsparungen in der Stromerzeugung, im Verkehrsbereich und der privaten Haushalte. Detailliertere Informationen, die Rückschlüsse auf den jeweiligen Treiber der Einsparung zulassen, liegen nicht vor.

Abbildung 3: Importminderungen sektoral, Summe der sektoralen Minderung und Minderung im gesamtwirtschaftlichen Ansatz



Eigene Berechnung der GWS.

Insgesamt liegen die verringerten Importe für den Endenergieverbrauch nach den hier vorgeschlagenen Ansätzen bei 18,25 Mrd. Euro bei einzelner Sektorbetrachtung (ohne Umwandlungssektor) und bei 16,14 Mrd. Euro bei gesamtwirtschaftlicher Betrachtung. Wie kommt dieser Unterschied zustande? Die gesamtwirtschaftliche Betrachtung misst die Effizienz der Volkswirtschaft in Relation zum BIP. Zum Bruttoinlandsprodukt tragen alle wirtschaftlichen Aktivitäten, Waren und Dienstleistungen bei, sodass die verschiedenen Aktivitäten der Energieverbrauchssektoren im Prinzip enthalten sind. Die einzelnen Treiber in den Energieverbrauchssektoren sind jedoch oftmals nicht der Beitrag zum BIP, sondern etwa die Wohnfläche oder die Verkehrsleistung. Daher liegt die Importverminderung in sektoraler Betrachtung erwartungsgemäß höher.

Trotzdem empfehlen wir, die sektorale Betrachtung fortzuführen, da sie bessere Rückschlüsse auf die Ursache der Importverminderung zulässt. Nicht umsonst werden in den Publikationen zur Messung von Energieeffizienz die sektoralen Indikatoren ausgewiesen, die hier verwendet worden sind.

Vergleicht man die Ergebnisse mit früheren Berechnungen im Rahmen des Monitorings, so wirken die hier berechneten Importverringerungen kleiner. Die Ursache ist überwiegend im Referenzjahr zu suchen. Die vorliegende Abschätzung der Verringerung der Importe durch erneuerbare Energien stellt dem heutigen Energiemix einen Energiemix gegenüber, der die

EE auf dem Stand im Jahr 2000 festhält. Frühere Untersuchungen gehen von einem Beitrag der EE von Null zum Energiemix aus. Dadurch liegen die Importeinsparungen dort noch höher. Die modellgestützten Überlegungen zur Energieeffizienz basieren auf den Elementen des Nationalen Energieeffizienz-Aktionsplans (NEEAP), die Effizienz bis in das Jahr 1995 zurückverfolgen. Aus dem Plan geht jedoch nicht hervor, ob die aufgeführten Maßnahmen tatsächlich durchgeführt wurden (vgl. Lehr et al. 2012, 2013).

Die Studie von GWS, DIW und Prognos (in Vorbereitung) zu den gesamtwirtschaftlichen Effekten der Energiewende stellt unter anderem Energieszenarien unter Energiewendeannahmen und unter kontrafaktischen Annahmen zur Verfügung. Hierfür wurde ein kontrafaktisches Energiesystem unter bestimmten Annahmen optimiert. Auch dieses Energiesystem wäre für die hier vorgelegten Berechnungen prinzipiell verwendbar. Der gewählte Ansatz (Energiemix aus dem Jahr 2000) hat demgegenüber den Vorteil, dass er auf beobachteten Daten basiert und im Prinzip nachrechenbar ist. Will man ihn in die Zukunft fortschreiben, so kann die Energieträgerstruktur und die Effizienz des letzten statistisch vorliegenden Jahres als Referenzgröße genutzt werden. Aus verschiedenen Zukunftsszenarien lässt sich dann eine zukünftige Importentwicklung ableiten.

Für eine Ex-Ante-Fortschreibung der hier skizzierten Werte lassen sich die unterschiedlichen Energiebilanzen der Szenarien einsetzen, da es für die Zukunft keine statistischen Daten gibt.

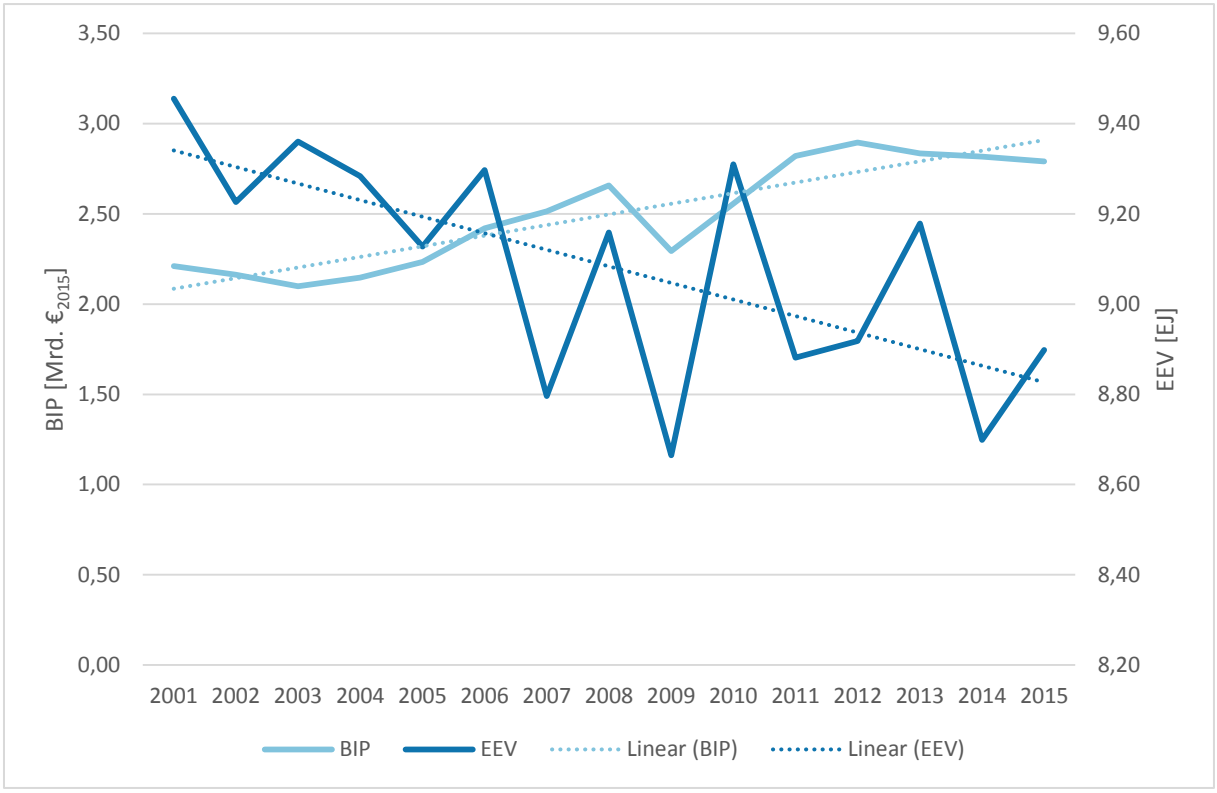
Um die auf statistischen Daten basierende Methode einzusetzen, wären Informationen in größerer Zeitnähe wünschenswert. Die Effizienzindikatoren der AG Energiebilanzen sind derzeit für das Jahr 2016 noch nicht verfügbar (Stand November 2017).

4 ZEITLICHE ENTWICKLUNG DER VERRINGERTEN IMPORTE SEIT 2000

Wie haben sich die Importe fossiler Energieträger in der Vergangenheit unter dem Einfluss von Effizienzmaßnahmen und dem Ausbau erneuerbarer Energien seit dem Jahr 2000 entwickelt? Der Antwort auf diese Frage wird hier abschließend mit einer Zusammenschau der Ergebnisse für die Jahre 2001 bis 2015 vorgelegt. Hierbei wird deutlich, wie die Importe auf das wirtschaftliche Geschehen, insbesondere die Finanzkrise und die Schwankungen der Rohstoffpreise, reagieren, und welche Auswirkungen die Bemühungen um Effizienz und der Ausbau erneuerbarer Energien hatten. Derzeit erlauben die Daten eine Untersuchung bis einschließlich 2015, für alle Jahre wird als Basisjahr 2000 gesetzt.

4.1 VERMINDERTE IMPORTE IN DER WACHSTUMSBEREINIGUNG

Abbildung 4: Entwicklung des BIP[7] und des Endenergieverbrauchs

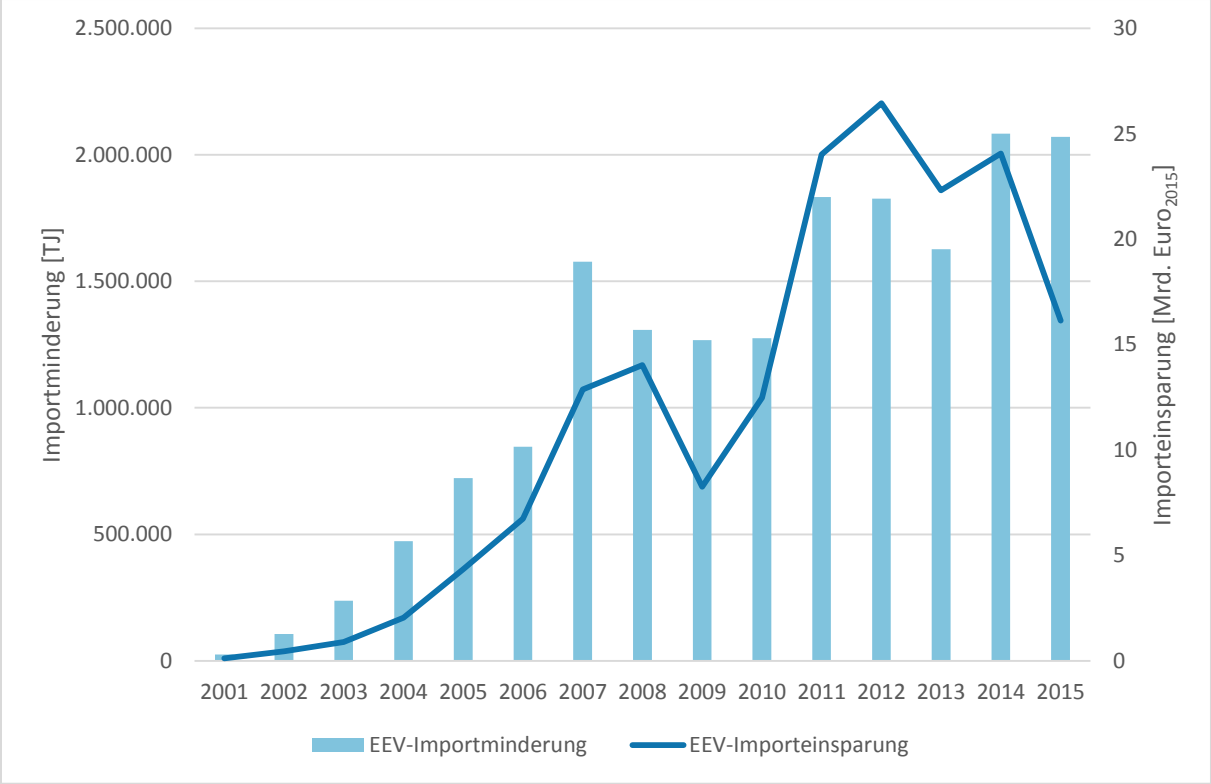


Quelle: Daten von AGEB (2016), BMWi (2017c), eigene Berechnungen der GWS.

Abbildung 4 zeigt die Entwicklung des Endenergieverbrauchs und des Bruttoinlandsprodukts in Deutschland seit dem Jahr 2001. Während das BIP weite Phasen mehr oder weniger starkes Wachstum aufzeigt, geht der Endenergieverbrauch über die letzten 15 Jahre insgesamt zurück. Die lineare Trendlinie beim BIP zeigt den wachsenden Trend, die Trendlinie des EEV geht zurück. Die gewünschte Entkopplung von Energieeinsatz und Wachstum ist über den gesamten Betrachtungszeitraum gemittelt erkennbar. Rund um die Jahre 2007 bis 2010 hingegen ist dieser Trend von den turbulenten Einflüssen erst eines stark steigenden Ölpreises, der Immobilien-, Banken- und letztlich der Finanzkrise mit dem weltweiten Wachstumsrückgang und der anschließenden Erholungsphase unterbrochen, scheint sich aber in den letzten Jahren fortzusetzen. All dies spiegelt sich auch in den Importen fossiler Brennstoffe wider.

[7] Hier wird das BIP in Preisen von 2010 angegeben. Die folgenden Zeitreihen werden hingegen auf Basis der Preise in 2015 deflationiert.

Abbildung 5: Entwicklung der Importminderung beim Endenergieverbrauch

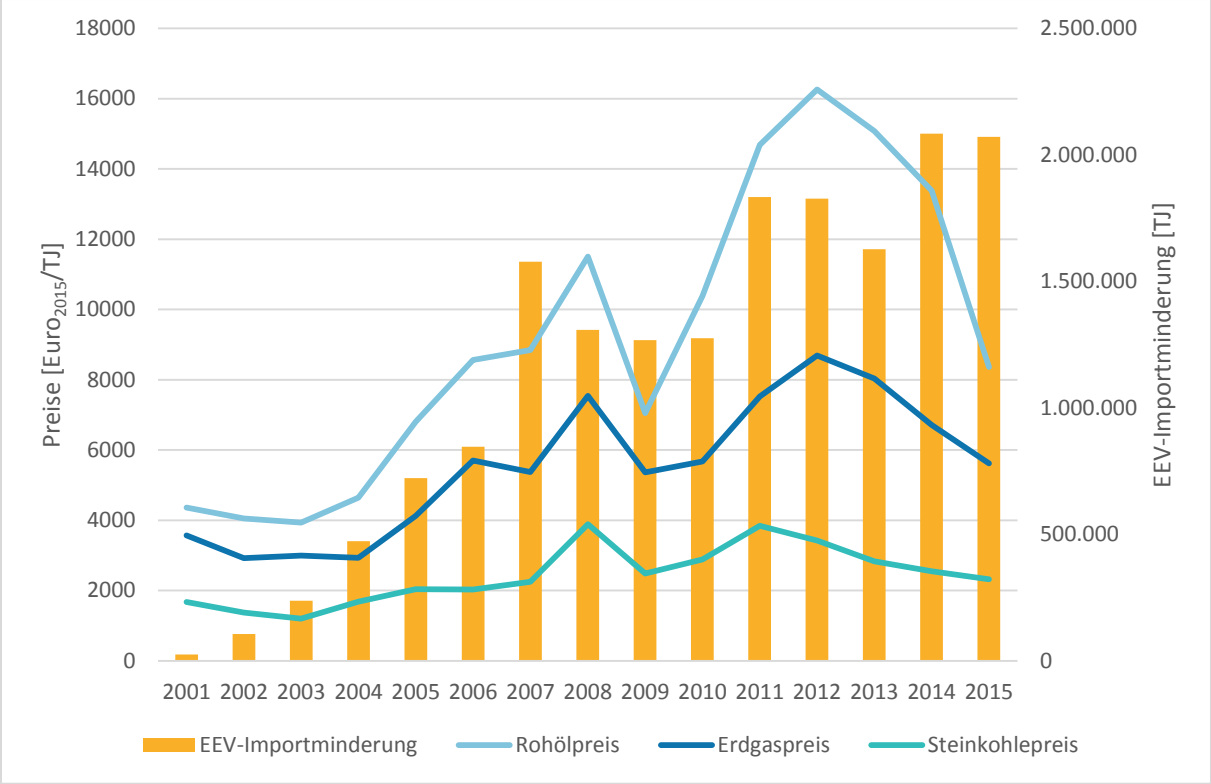


Quelle: Daten von AGEB (2016), BMWi (2017c), eigene Berechnungen der GWS.

Abbildung 5 zeigt die Entwicklung der Minderimporte seit 2001 in Energieeinheiten (linke Achse und Balkendiagramm) und in Geldeinheiten (rechte Achse und Liniendiagramm). In den Jahren 2001 bis 2004 sind lediglich geringe Importeinsparungen fossiler Energieträger erkennbar, was sich darauf zurückführen lässt, dass sich die Energieeffizienz im Vergleich zum Basisjahr 2000 noch nicht wesentlich verbessert hat und folglich Importverringerungen kaum möglich gewesen sind. Zudem ist der Ausbau der erneuerbaren Energien in dieser Zeitspanne wenig vorangeschritten, sodass ihr Anteil am gesamten Energieträger-Mix ähnlich gering wie in 2000 ausfällt.

Ab 2004 steigen die Importeinsparungen stark an, sowohl mengenmäßig als auch wertmäßig. Die starken Preisanstiege fossiler Brennstoffe, allen voran des Rohöls, tragen vermutlich zu einem sparsamen Umgang mit Öl und Gas bei (Abbildung 6). Im Gebäudebereich gelten neue Vorschriften, die den Energiebedarf für Raumwärme senken. Der Ausbau erneuerbarer Energien nimmt langsam Fahrt auf.

Abbildung 6: Entwicklung der Rohstoffpreise



Quelle: Energiedaten AGEB (2016), Preisdaten BMWi (2017c); eigene Berechnungen der GWS.

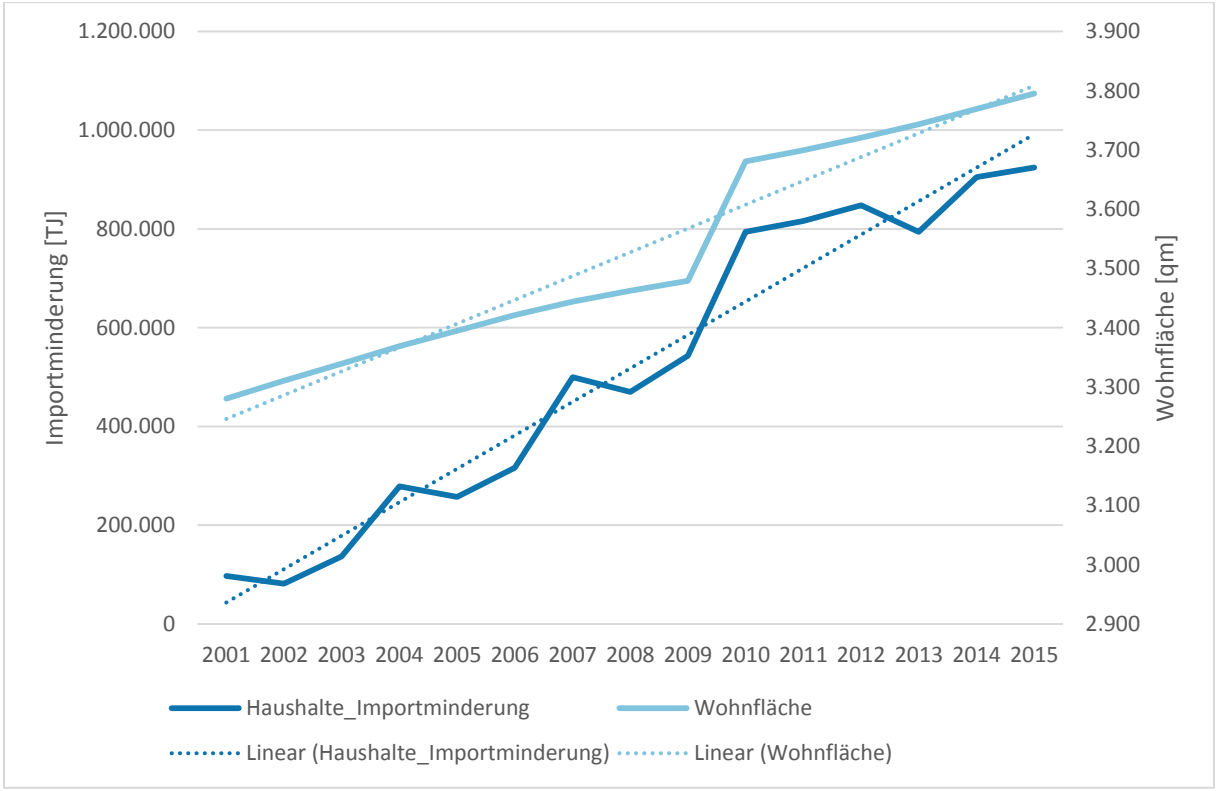
Durch die Finanzkrise wird die positive Entwicklungstendenz allerdings in jeder Hinsicht gestoppt: Das Absinken der Wirtschaftstätigkeit hat sinkende Produktion und damit sinkenden Energiebedarf zur Folge. Da auch die Rohstoffpreise mit einem Absinken auf die sinkende Nachfrage und die Verwerfungen durch die Finanzkrise reagieren, führt die wirtschaftliche Situation in 2009 und 2010 zu geringeren Importeinsparungen.

Seit 2011 erholt sich die wirtschaftliche Lage, was sich auch in den Importeinsparungen widerspiegelt. Durch den Vergleich des tatsächlichen Energieverbrauchs in den jeweiligen Jahren mit einem hypothetischen Mehrverbrauch für ein Szenario ohne Effizienzverbesserung und ohne Ausbau der erneuerbaren Energien zeigt sich, dass in den letzten Jahren hohe Einsparungen im Bereich der Importe fossiler Rohstoffe erzielt werden konnten. Dadurch konnte die Energieversorgung unabhängiger von Importen und dadurch auch von Preisschwankungen auf den Rohstoffmärkten geleistet werden und letztlich zur Energiesicherheit beigetragen werden. Im Jahr 2015 verringern sich die hypothetischen Importeinsparungen zwar, allerdings ist dieser Effekt ausschließlich auf die seit 2012 stark gesunkenen Rohstoffpreise zurückzuführen, anhand derer die Importe bewertet wurden. Der Ölpreis ist zum Beispiel von mehr als 110$/bbl Ende 2012 auf unter 30$/bbl zu Anfang des Jahres 2016 gefallen. Die theoretisch eingesparten Importmengen fielen jedoch ähnlich hoch aus wie im Vorjahr. Eine deutliche Entwicklungsrichtung ist für die letzten Jahre jedoch nicht erkennbar: Sowohl die schwankenden Rohstoffpreise als auch die hypothetisch eingesparten Importmengen bilden eine unstetige Tendenz ab.

4.2 SEKTORALE BETRACHTUNG

Die Untersuchung der Importentwicklung im zeitlichen Ablauf soll nachfolgend auch auf Ebene der Sektoren erfolgen, um somit Unterschiede zwischen verschiedenen Einflussgrößen auf den Energieverbrauch herauszustellen. Wie oben beschrieben wurde, haben sich Energieeffizienz und der Ausbau der erneuerbaren Energien in den einzelnen Bereichen unterschiedlich entwickelt, sodass ihr jeweiliger Effekt auf die Importe einer genaueren Betrachtung bedarf.

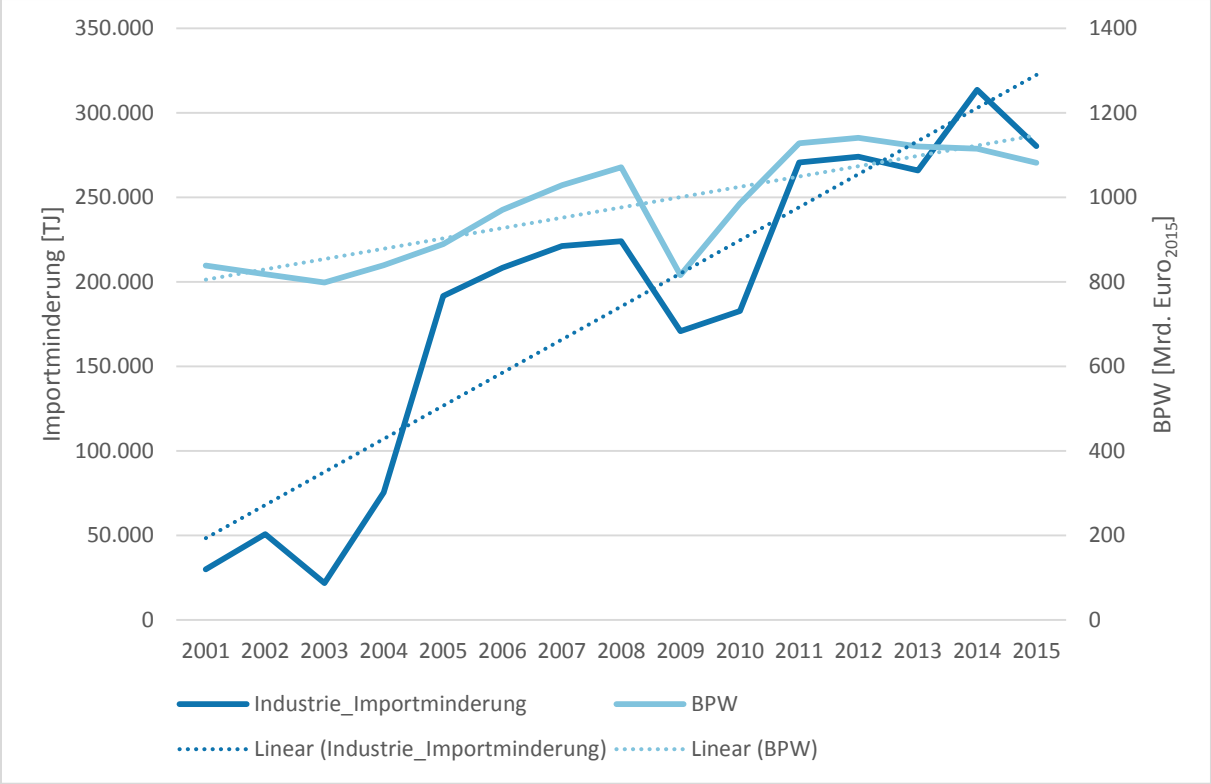
Abbildung 7: Entwicklung der Importminderung der privaten Haushalte



Quelle: Daten von AGEB (2016), BMWi (2017c), eigene Berechnungen der GWS.

Bei den privaten Haushalten wird Energie vor allem für die Beheizung der Wohnräume benötigt. Damit die Zeitreihe nicht durch Temperaturschwankungen zwischen den Jahren verzerrt ist, wurden bereinigte Energiedaten genutzt. Die Importminderungen der Haushalte steigen, obwohl die Wohnfläche deutlich gestiegen ist. Wertmäßig hängen diese Einsparungen stark vom Ölpreis ab, da immer noch fast ein Viertel des Endenergiebrauchs der Haushalte für Raumwärme auf Öl entfällt. Daher fallen die Importminderungen im Rahmen der Wärmeversorgung privater Haushalte im Jahr 2009. Im Bereich der Raumwärme der privaten Haushalte gibt es darüber hinaus wenige Auswirkungen der Wirtschaftskrise, denn die Energienachfrage hängt nur zu einem geringen Teil von den wirtschaftlichen Möglichkeiten der Nachfrager ab. Die Beheizung der Wohnräume gehört zur Grundversorgung. Treiber des langfristigen Trends sind daher die Verbesserung der Effizienz von Heizungsanlagen, die Verbesserung des Gebäudestandards und der Umstieg auf erneuerbare heimische Energieträger wie die Wärmepumpe, die Solarthermie und die Biomasse.

Abbildung 8: Entwicklung der Importminderung im Industriesektor

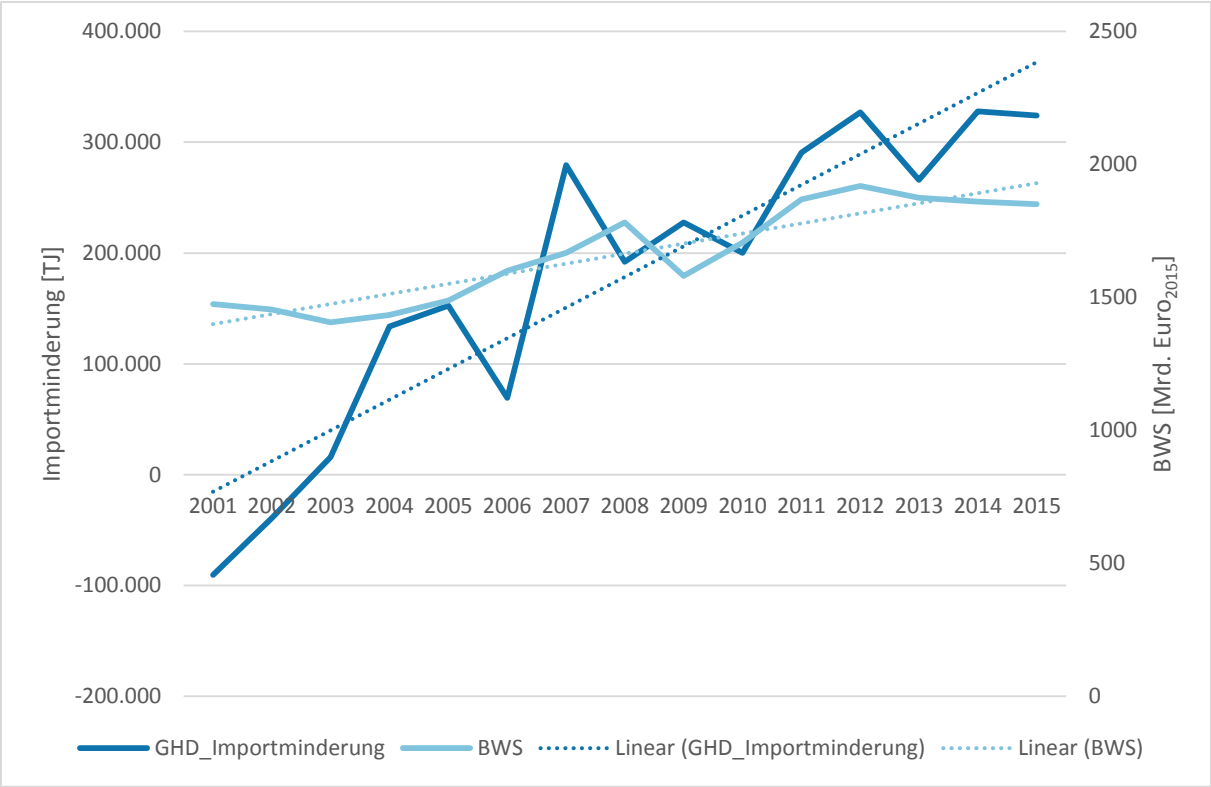


Quelle: Daten von AGEB (2016), BMWi (2017c), eigene Berechnungen der GWS.

Im industriellen Bereich ist die Entwicklung der Importeinsparung in den ersten Jahren nach der Energiewende gering und zeigt keinen eindeutigen Trend. Ab 2003 ist ein positiver Trend zu erkennen, der sich bis einschließlich 2008 fortsetzt. Die Wirkung der Finanzkrise in 2009 zeigt sich in den Daten zur Industrie deutlich: Von 2008 zu 2009 sinken die hypothetischen Importminderungen stark, da weniger erwirtschaftet wurde, wie sich an der Entwicklung des Bruttoproduktionswertes erkennen lässt. Zusätzliche Effizienzanstrengungen wurden in dieser Phase der wirtschaftlichen Unsicherheit nicht vorgenommen. So zeigt eine Untersuchung der Prognos AG aus dem Jahr 2010, dass „die (aktuelle) Wirtschafts- und Finanzkrise Investitionen in Energieeffizienz beeinträchtigt (hat). Knapp zwei Drittel der Unternehmen, die aktuell Maßnahmen planen oder umsetzen, gaben an, dass sie Maßnahmen zurückgestellt oder in geringerem Umfang durchgeführt haben“ (Prognos 2010). In den USA wiederum wurden im Rahmen des American Recovery and Reinvestment Act etliche Investitionen im Energiesektor getätigt.

Seit 2009 erholt sich die wirtschaftliche Situation und der Importrückgang der fossilen Rohstoffe konnte stark steigen. Insbesondere im industriellen Sektor spielt die Effizienz eine ausgeprägte Rolle, da hier infolge von technischem Fortschritt hohe Einsparpotenziale beim Energieverbrauch ausgeschöpft werden können. Da die Industrie mit erheblich kürzeren Amortisationszeit rechnet als beispielsweise der private Haushalt, ist eine zusätzliche Förderung von EE- oder Effizienztechnologien oftmals unabdingbar.

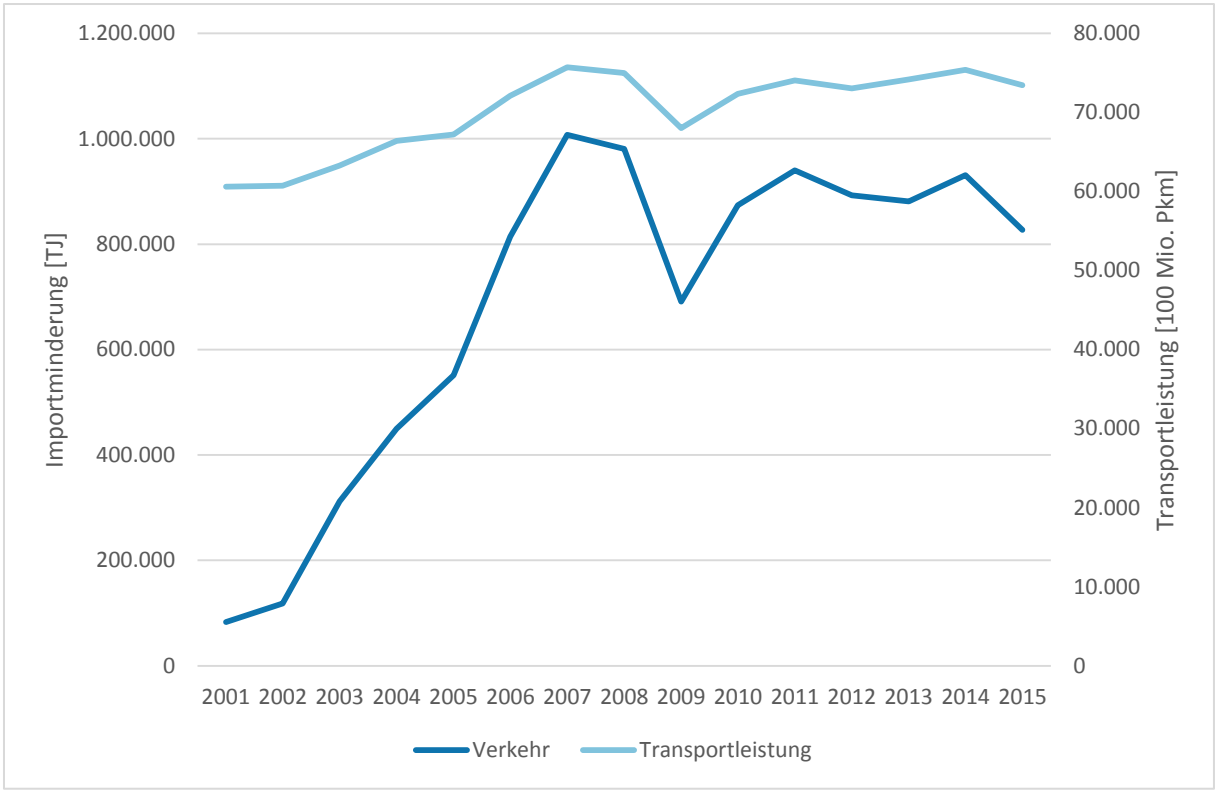
Abbildung 9: Entwicklung der Importminderung im GHD-Sektor



Quelle: Daten von AGEB (2016), BMWi (2017c), eigene Berechnungen der GWS.

Die Entwicklung der Importeinsparungen im Sektor GHD ist auffallend unstetig. Während die Bruttowertschöpfung mit Ausnahme von einem Rückgang infolge der Finanzkrise fast konstant steigt, schwanken die Importminderungen stark um den über den Zeitraum gemittelten positiven Trend. Diese starken Veränderungen lassen sich schwer ihren Ursachen zuordnen, da der Sektor von einer starken Heterogenität gekennzeichnet ist. In den Energiebilanzen wird hierfür der Energieverbrauch von Gewerbebetrieben mit weniger als 20 Beschäftigten, Landwirtschaft, Handelsunternehmen, privaten und öffentlichen Dienstleistungsunternehmen sowie in Räumlichkeiten gewerblicher Art eingeschlossen (AGEB 2012). Da insbesondere die Erfassung der Aktivitäten der Dienstleistungsunternehmen mit Schwierigkeiten behaftet ist, können die starken Schwankungen zum Teil auch auf Probleme bei der Abgrenzung des Sektors zurückführbar sein.

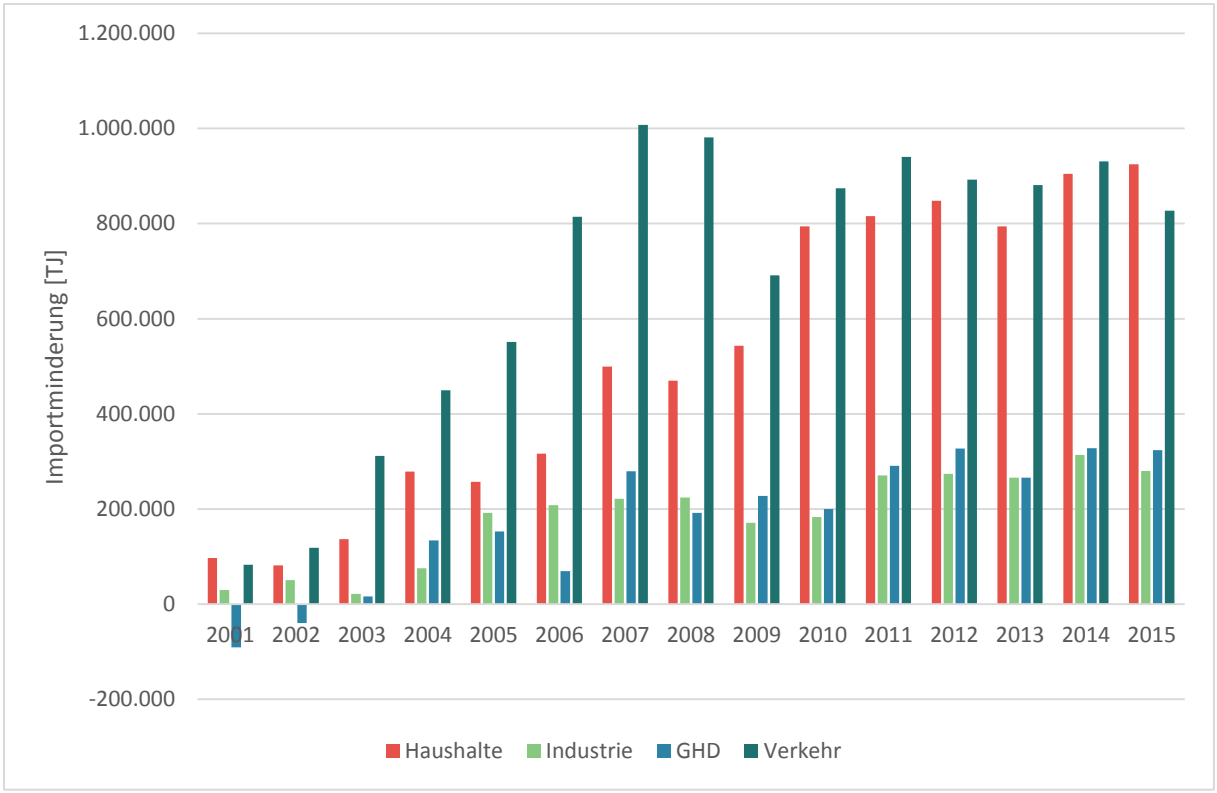
Abbildung 10: Entwicklung der Importminderung im Verkehrssektor



Quelle: Daten von AGEB (2016), BMWi (2017c), eigene Berechnungen der GWS.

Die hypothetischen Zusatz-Importe für den Verkehrsbereich steigen bis 2008 stets an, erst als Reaktion auf die Finanzkrise dezimieren sie sich sowohl mengenmäßig als auch in der Bewertung durch den gesunkenen Ölpreis. Nach 2009 haben sich wieder höhere Importeinsparungen ergeben, nach 2011 gehen die Importeinsparungen allerdings leicht zurück, um danach zu stagnieren. Insgesamt liegen im Verkehrssektor sowohl Effizienzpotenziale vor als auch Potenziale für Veränderungen des Modal Split oder der Antriebstechnik. Der Umstieg auf die erneuerbaren Energien ist nahezu gescheitert, daher sind die beobachteten Importrückgänge auf gesteigerte Effizienz zurückzuführen.

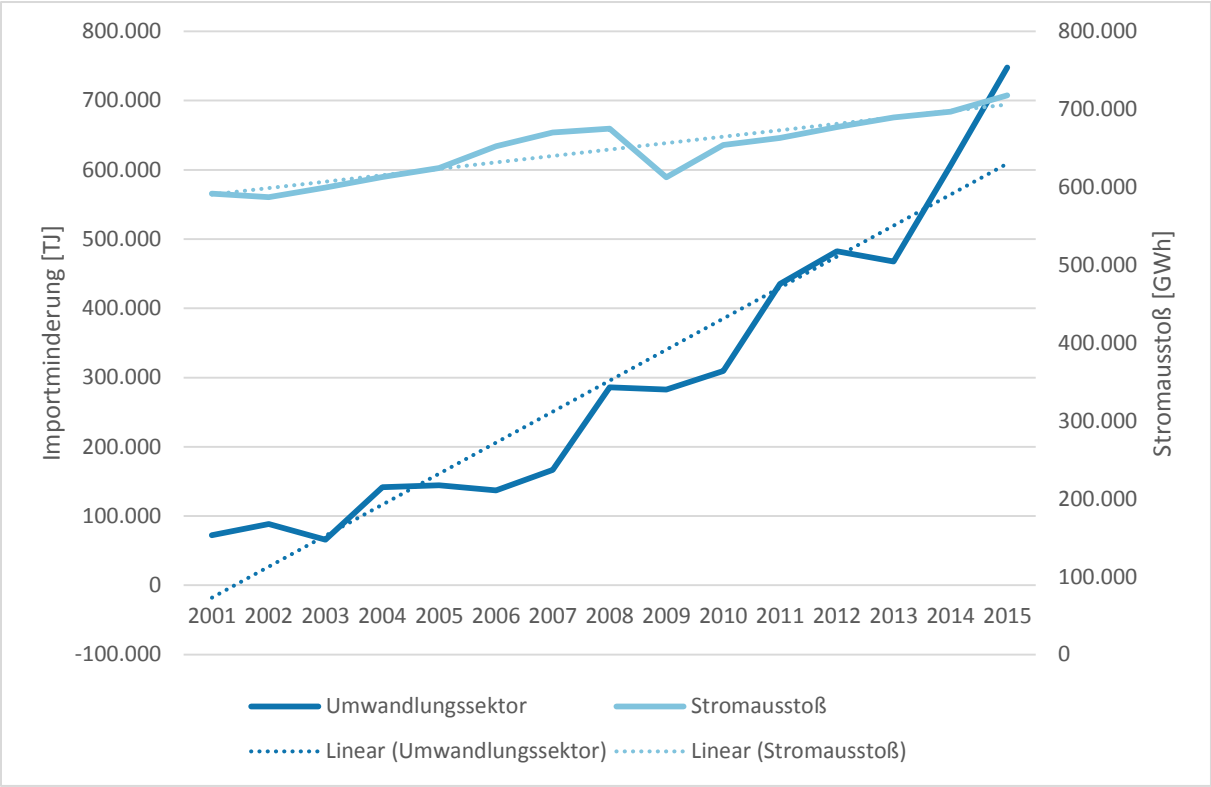
Abbildung 11: Überblick über die Importminderungen in den Sektoren



Quelle: Daten von AGEB (2016), BMWi (2017c), eigene Berechnungen der GWS.

Auf sektoraler Ebene werden die Importeinsparungen dominiert durch den Sektor Haushalte und durch den Verkehr. Letztlich werden erhebliche Einsparungen und Importminderungen durch die Haushalte erbracht, denn die Effizienzgewinne im Personenverkehr sind wie oben beschrieben in der Verkehrseffizienzberechnung enthalten. Schwankungen in diesen Sektoren sind vor allem auf Schwankungen in den Energiepreisen, allen voran im Ölpreis zurückzuführen. Um diese Schwankungen „bereinigt“ zeigt sich ein steter Anstieg der Importverringerung bis 2011. Danach stagnieren die Minderimporte gegenüber 2000. Dies lässt sich zum einen auf die Veränderung von Wohnungsgrößen und Haushaltsgrößen zurückführen, zum anderen werden im Strombereich auch zunehmende Geräteausstattungen eine Rolle spielen.

Abbildung 12: Entwicklung der Importminderung im Umwandlungssektor



Quelle: Daten von AGEB (2016), BMWi (2017c), eigene Berechnungen der GWS.

Im Umwandlungssektor tragen die erneuerbaren Energien am stärksten von allen betrachteten Sektoren zur Importeinsparung bei. Im Jahr 2015 lag der Beitrag der erneuerbaren Energien zum Bruttostromverbrauch bei 31,5 % (AGEE-Stat 2017). Allerdings ist der Umwandlungssektor zu einem erheblichen Anteil von heimischen Energieträgern, insbesondere der Braunkohle, abhängig. Im Jahr 2015 betrug der Anteil der Braunkohle am Endenergieeinsatz des Umwandlungssektors 28,3 %.

5 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Der Ausbau erneuerbarer Energien und die gesteigerte Energieeffizienz tragen zur verminderten Abhängigkeit von Energieimporten bei. In diesem Beitrag wird eine Methode zur Quantifizierung vorgeschlagen und auf die Jahre 2000 bis 2015 angewendet. In der Untersuchung werden keine Simulationsrechnungen mit kontrafaktischen Szenarien vorgestellt, sondern bewusst ein vereinfachter Ansatz entwickelt, mit dessen Hilfe eine jährliche Fortschreibung der Indikatoren möglich ist. Es wird vorgeschlagen, den jährlichen Energieverbrauch um bestimmte wichtige Faktoren zu „bereinigen“. Hierzu zählen das Wirtschaftswachstum, die Transportleistung, die Wohnfläche und andere Größen. Darüber hinaus wird die Energiebereitstellung durch erneuerbare Energien konstant auf dem Niveau des Jahres 2000 gehalten, um den Effekt des Ausbaus erneuerbarer Energieträger abzuschätzen. Diese Es wird dann die implizite Schlussfolgerung gezogen, dass Veränderungen – abseits der konstant gehaltenen Faktoren – durch den Ausbau erneuerbarer Energien und Effizienzsteigerungen getrieben wären. Im Einzelnen erlaubt der verfolgte Ansatz jedoch nicht die Trennung der Effizienzeffekte, die

auf energiepolitische - Maßnahmen zurückzuführen sind, von solchen Effekten, die sich unabhängig davon z. B. aus der technologischen Entwicklung oder einem wirtschaftlichen Strukturwandel ergeben haben. Der gewählte Ansatz versucht mehrere der zehn Leitsätze zu erfüllen, welche die Expertenkommission für ein gutes (Energieeffizienz-)Monitoring aufgestellt hat (vgl. Kapitel 5 in Löschel et al. 2015). Dazu gehören insbesondere die Prinzipien in Leitsatz 3, „belastbare und aktuelle Datenbasis“, und in den Leitsätzen 9 und 10, wonach das Monitoring selbst „effizient“, „transparent“ und „neutral“ umgesetzt werden soll. Mit Wahl der Daten der AG Energiebilanzen, des Statistischen Bundesamts und des BAFA sowie mit der ausführlichen Beschreibung aller Rechenschritte in den letzten Kapiteln können diese Leitsätze als erfüllt gelten.

Handelt es sich um eine geeignete Methodik? Aus Sicht der Autoren schon. Natürlich bestimmen mehr Variablen die Energienachfrage und die zu ihrer Deckung notwendigen Importe. Diese Faktoren sollten in Ergänzung zu der vorgelegten einfachen Indikatorik regelmäßig beforscht und veröffentlicht werden. Der vorliegende Beitrag legt jedoch erstmals eine systematische Abschätzung von verringerten Importen vor, die es erlaubt, den Einfluss erneuerbarer Energien und der Energieeffizienz zusammen zu betrachten.

Allerdings erlaubt der Ansatz tatsächlich keine Trennung der Effekte von EE-Ausbau und Effizienz. Der Grund dafür ist einfach nachvollziehbar. Der Ansatz fußt auf der Konstruktion eines hypothetischen Energieverbrauchs, bei dem die EE dem Ausbaustand des Jahres 2000 entsprechen und die heutigen Leistungen mit der Effizienz des Jahres 2000 bereitgestellt werden. Aus dem Vergleich dieses hypothetischen Energieverbrauchs mit dem tatsächlichen ergibt sich ein hypothetischer Mehrverbrauch und Mehrimport, der durch die Energiewende eingespart werden konnte. In der Summe ist die Reihenfolge der Schritte natürlich unerheblich, aber einzelne Zuweisungen zur Einsparungen durch die eine oder die andere Säule der Energiewende hängen von der Reihenfolge der Berechnung ab. Vielleicht ist dies ein Hinweis mehr darauf, dass Energieeffizienz und der Ausbau erneuerbarer Energien unabdingbar zusammen gehören bei der Transformation hin zu einem nachhaltigen Energiesystem.

6 LITERATUR

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (2012): Energie in Zahlen. Arbeit und Leistungen der AG Energiebilanzen.

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (2016): Ausgewählte Effizienzindikatoren zur Energiebilanz Deutschland, Daten für die Jahre von 1990 bis 2015.Energieintensität in Deutschland, Ausgewählte Kennziffern als Zeitreihe von 1990 bis 2015

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (verschiedene Jahrgänge): Energiebilanzen. http://www.ag-energiebilanzen.de/7-0-Bilanzen-1990-2015.html

Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (2017): Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland.

BMWi (2017a): 2. Nationaler Energieeffizienz-Allokationsplan (NEEAP) 2017 der Bundesrepublik Deutschland, Berlin.

BMWi (2017b): Energieeffizienz in Zahlen, Berlin.

BMWi (2017c): Energiedaten. Zahlen und Fakten. Nationale und Internationale Entwicklung.

Bundesnetzagentur (verschiedene Jahrgänge): Monitoringbericht.

COM (2000): Towards a European strategy for the security of energy supply. Green Paper, 769.

COM (2013): Member States' Energy Dependence: An Indicator-Based Assessment, Occasional Papers 145, April 2013.

COM(2016a): Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 2012/27/EU on Energy Efficiency, Commission Staff Working Document, Impact Assessment, 761.

COM (2016b): Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast), Commission Staff Working Document, Impact Assessment, 767.

Destatis (2017): Gebäude und Wohnungen. Bestand an Wohnungen und Wohngebäuden, Bauabgang von Wohnungen und Wohngebäuden. Lange Reihen ab 1969 – 2016.

Dowling, P., & Russ, P. (2012): The benefit from reduced energy import bills and the importance of energy prices in GHG reduction scenarios, Volume 34, Supplement 3, Dezember 2012, S. 429–435. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.12.010

GWS, DIW, Prognos (in Vorbereitung): Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende, GWS Research Report.

GWS, EWI & Prognos (2014): Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Osnabrück, Köln, Basel.

Lehr, U. (2011): Methodenüberblick zur Abschätzung der Veränderungen von Energieimporten durch den Ausbau erneuerbarer Energien. Teilstudie im Vorhaben „Einzel- und gesamtwirtschaftliche Analyse von Kosten- und Nutzenwirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien im deutschen Strom- und Wärmemarkt. Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Osnabrück.

Lehr, U., Lutz, C. & Ulrich, P. (2012): Gesamtwirtschaftliche Effekte energie- und klimapolitischer Maßnahmen der Jahre 1995 bis 2011. Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes, Climate Change 15/2012.

Lehr, U., Ulrich, P., Lutz, C., Thobe, I., Edler, D., O'Sullivan, M., Simon, S., Naegler, T., Pfennig, U., Peter, F., Sakowski, F. & Bickel, P. (2015): Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland: Ausbau und Betrieb, heute und morgen. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Osnabrück, Berlin, Stuttgart.

Lehr, U., Lutz, C. & Ulrich, P. (2013): Gesamtwirtschaftliche Effekte energie- und klimapolitischer Maßnahmen der Jahre 1995 bis 2012. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Osnabrück. Download

Lehr, U., Lutz, C. & Ulrich, P. (2012): Gesamtwirtschaftliche Effekte energie- und klimapolitischer Maßnahmen der Jahre 1995 bis 2011. Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes, Climate Change 15/2012.

Löschel, A., Erdmann, G., Staiß, F., Ziesing, H. (2014): Stellungnahme zum ersten Fortschrittsbericht der Bundesregierung für das Berichtsjahr 2013. Expertenkommission zum Monitoring-Prozess „Energie der Zukunft". Berlin, Münster, Stuttgart.

Löschel, A., Erdmann, G., Staiß, F., Ziesing, H. (2015): Stellungnahme zum vierten Monitoring-Bericht der Bundesregierung für das Berichtsjahr 2014. Expertenkommission zum Monitoring-Prozess „Energie der Zukunft". Berlin, Münster, Stuttgart.

O'Sullivan, M., Edler, D., Lehr, U. (2016): Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland und verringerte fossile Brennstoffimporte durch erneuerbare Energien und Energieeffizienz (Stand September 2016).

OECD, IEA (2014): Capturing the Multiple Benefits of Energy Efficiency.

Prognos (2010): Rolle und Bedeutung von Energieeffizienz und Energiedienstleistungen in KMU. Endbericht.

U.S. House of Representatives Committee on Appropriations (2009): American Recovery and Reinvestment. Summary. https://web.archive.org/web/20090124213955/http://appropriations.house.gov/pdf/PressSummary01-21-09.pdf