



SPECIALISTS IN  
EMPIRICAL ECONOMIC  
RESEARCH



**Fraunhofer**  
ISI

 **DIW** BERLIN



**prognos**

GWS RESEARCH REPORT 2016 / 01

# Systematisierung der gesamtwirtschaftlichen Effekte und Verteilungswirkungen der Energiewende

**Christian Lutz (GWS)**

**Barbara Breitschopf (ISI)**

# Impressum

## AUTOREN

### **Dr. Christian Lutz**

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

### **Dr. Barbara Breitschopf**

Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung ISI

Breslauer Straße 48, 76139 Karlsruhe, [Barbara.Breitschopf@isi.fraunhofer.de](mailto:Barbara.Breitschopf@isi.fraunhofer.de)

## TITEL

Systematisierung der gesamtwirtschaftlichen Effekte und Verteilungswirkungen der Energiewende

## VERÖFFENTLICHUNGSDATUM

© GWS mbH Osnabrück, Juni 2016

## HAFTUNGSAUSSCHLUSS

Die in diesem Papier vertretenen Auffassungen liegen ausschließlich in der Verantwortung des Verfassers/der Verfasser und spiegeln nicht notwendigerweise die Meinung der GWS mbH oder des Fh-ISI wider.

## HINWEIS

Die Ergebnisse wurden im Rahmen des Forschungsprojekts 21/15 „Makroökonomische Wirkungen und Verteilungsfragen der Energiewende“ im Auftrag des BMWi erarbeitet. Der Projektbeirat hat zu einer früheren Version wertvolle Hinweise geliefert.

## HERAUSGEBER DER GWS RESEARCH REPORT SERIES

### **Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung (GWS) mbH**

Heinrichstr. 30

49080 Osnabrück

ISSN 2196-4262

## Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>V</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>VI</b>
<b>1 Fragestellung</b>	<b>1</b>
<b>2 Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende</b>	<b>4</b>
2.1 Ausgangspunkt: Die wirtschaftliche Dimension von Energie	4
2.2 Beobachtbare Effekte	6
2.2.1 Einzeleffekte	6
2.2.2 Methodik zur Bestimmung von Gesamteffekten	9
2.3 Erneuerbare Energien	10
2.3.1 Wirkungszusammenhänge	10
2.3.2 Zentrale Studien	13
2.4 Energieeffizienz	14
2.4.1 Wirkungszusammenhänge	14
2.4.2 Zentrale Studien	16
2.5 Weitere Bereiche der Energiewende	17
2.6 Kritische Einordnung	18
2.6.1 Anforderungen an Modellanalysen	18
2.6.2 Schwer quantifizierbare Effekte	19
<b>3 Verteilungseffekte der Energiewende</b>	<b>23</b>
3.1 Verteilungswirkungen unter wohlfahrtstheoretischen Aspekten	24
3.2 Studien zu Verteilungswirkungen	27
3.3 Begriffsabgrenzung	30
3.4 Verteilungseffekte in Folge der deutschen Energiepolitik	32
3.4.1 Erneuerbare Energien im Strombereich	32
3.4.2 Effizienz im Stromverbrauch	34
3.4.3 Energieeffizienz und Erneuerbare im Wärmebereich	36
3.4.4 Verteilungseffekte im Verkehrssektor	38
3.5 Zusammenfassung: Verteilungseffekte in der deutschen Energiepolitik	39
<b>4 Fazit</b>	<b>42</b>
<b>5 Literaturverzeichnis</b>	<b>44</b>



## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Wirkungen der Energiewende am Beispiel des Ausbaus erneuerbarer Energien	2
Abbildung 2:	Brutto- und Nettoeffekte des Ausbaus erneuerbarer Energien	6
Abbildung 3:	Ablauf einer gesamtwirtschaftlichen Modellanalyse	10
Abbildung 4:	Gesamtwirtschaftliche Effekte des Ausbaus erneuerbarer Energien in der Stromerzeugung	11
Abbildung 5:	Gesamtwirtschaftliche Betrachtung von Energieeffizienzmaßnahmen	15
Abbildung 6:	Gesamtwirtschaftliche Effekte von Energieeffizienzmaßnahmen in der Industrie	16
Abbildung 7:	Verteilungswirkungen	24
Abbildung 8:	Energie- und Klimapolitik sowie Aktionsbereiche	31
Abbildung 9:	Wirkungen erneuerbarer Energien im Strombereich	33
Abbildung 10:	Wirkungen von Energieeffizienz im Strombereich	35
Abbildung 11:	Wirkung erneuerbarer Energien und Effizienzmaßnahmen im Wärmebereich	37
Abbildung 12:	Wirkung der erneuerbarer Energien beim Verkehr	39
Abbildung 13:	Verteilungseffekte der Energiewende in Deutschland	41

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Überblick über zusätzliche ausgelöste („positive“) und gegenläufige/vermiedene („negative“) Effekte der Energiewende (EW)	7
Tabelle 2:	Personelle Verteilungswirkungen der Energiewende	31

## 1 FRAGESTELLUNG

Ziel der Energiewende ist der langfristige Umbau des Energiesystems zu einem klimafreundlichen System und der gleichzeitige Ausstieg aus der Kernenergie bis zum Jahr 2022 bei Gewährleistung einer sicheren, wirtschaftlichen und umweltverträglichen Energieversorgung. Für diese Transformation sind technologische Entwicklungen und Investitionen notwendig. Die Energiewende ist mit gesamtwirtschaftlichen Effekten und vielfältigen Verteilungswirkungen verbunden, um deren Verständnis es im Kern des Forschungsvorhabens geht. Für die Akzeptanz der Energiewende ist es entscheidend, dass sie gesamtwirtschaftlich positiv, oder jedenfalls nicht negativ wirkt, und negative Verteilungswirkungen frühzeitig erkannt, begrenzt und, wenn möglich, ausgeglichen werden. Ziel dieses Beitrags ist die Systematisierung der Effekte und ihrer Begrifflichkeiten als Basis für das gesamte Forschungsvorhaben. Die Energiewende wird dabei als umfassende Transformation des Energiesystems gemäß der Zielarchitektur der Energiewende verstanden, auch wenn die Darstellung im Folgenden oft anhand der erneuerbaren Energien und dem Strombereich erfolgt, weil sich bisherige Forschungsarbeiten und die politische Diskussion auf diese Teilbereiche der Energiewende konzentriert haben.

Zu dem Themenfeld liegen bereits verschiedene Arbeiten nicht zuletzt der Forschungsnehmer vor. So wurde im Zuge der Bewertung von Kosten- und Nutzenwirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien erstmals ein Kosten-Nutzen-Konzept von ISI et al. (2010) entwickelt und dargestellt, das auch Verteilungseffekte umfasst (Abbildung 1). Unter diesem Konzept werden die Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien nach Kategorien unterschieden, die sich auf drei Ebenen bewegen: (i) Die systemanalytischen Kosten und Nutzenwirkungen zeigen geänderte Erzeugungskosten und den tatsächlichen Ressourcenverbrauch z.B. eines Energieerzeugungssystems mit erneuerbaren Energien im Vergleich zu einem System ohne erneuerbare Energien auf. Der Vergleich findet auf der Ebene des Energiesystems<sup>1</sup> statt. (ii) Dagegen entsprechen die zusätzlichen Mehr- oder Minderkosten des erneuerbaren Energieeinsatzes für den einzelnen Akteur – Erzeuger und oder Verbraucher – den sogenannten Verteilungswirkungen (siehe Abbildung 1). Dies fallen auf der mikroökonomischen Ebene an, während (iii) die sektoralen und gesamtwirtschaftlichen Effekte auf der Makroebene erfasst werden. Auf System- und Makroebene werden meist Differenzen zwischen einer Welt ohne Energiewende (business-as-usual) und einer Welt mit Energiewende betrachtet.

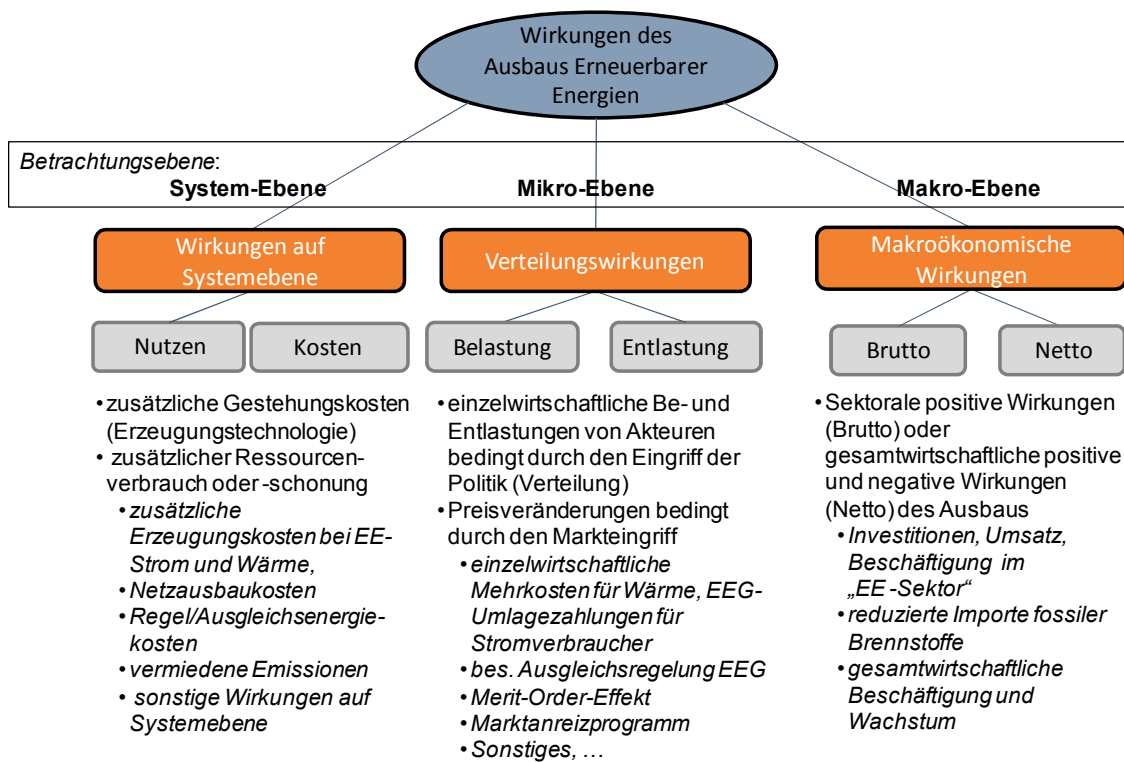
Nach diesem Konzept zeigen die Verteilungseffekte auf, welche Konsumenten und Produzenten in welchem Umfang vom Ausbau erneuerbarer Energien im Vergleich zu einem Szenario ohne Ausbau be- oder entlastet werden, d.h. wer die auf Systemebene

---

<sup>1</sup> Das Stromerzeugungssystem umfasst z.B. den gesamten Kraftwerkspark, Übertragungs- und Verteilernetzleitungen, Regel-/Ausgleichsenergieleistungen sowie Leistungsregelung von Verbrauch und Erzeugung.

anfallenden Mehrkosten trägt oder Margen einführt. Die makro-ökonomischen Wirkungen unterscheiden zwischen Brutto- und Nettowirkungen. Während Bruttowirkungen nur die zusätzlichen Effekte eines Ausbaus mit Erneuerbaren darstellen, z.B. aller im Bereich der erneuerbaren Energien Beschäftigten, greifen Nettowirkungen in Form von z.B. Nettobeschäftigungseffekten auch die gegenläufigen Wirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf, wie beispielsweise den Rückgang der Konsumnachfrage aufgrund höherer Strompreise oder den Rückgang von Produktion und Beschäftigung bei konventionellen Energieträgern. Bruttowirkungen umfassen nur die Wirkungen im „erneuerbaren Sektor“ und vergleichen diese nicht mit einer Situation ohne Erneuerbare. Nettowirkungen dagegen vergleichen immer die Wachstums- oder Beschäftigungseffekte in einem Szenario mit und ohne (oder weniger) erneuerbare Energien.

**Abbildung 1: Wirkungen der Energiewende am Beispiel des Ausbaus erneuerbarer Energien**



Quelle: ISI et al. (2010), angepasst in Breitschopf, Held (2014)

Diese differenzierte Betrachtung der Kosten- und Nutzenwirkungen wurde in europäischen (Breitschopf, Held 2014) und internationalen Studien (IRENA, CEM 2014, IRENA 2016) aufgegriffen und darauf basierend die Wirkung des Ausbaus erneuerbarer Energien abgeschätzt. Zur Abschätzung der makroökonomischen Wirkungen bieten sich je nach Fragestellung und Datenverfügbarkeit verschiedene Methoden an, die in mehreren Veröffentlichungen (z.B. IEA-RETD 2012, Breitschopf et al. 2013) ausführlich diskutiert sind. Im Gegensatz dazu sind zu Verteilungseffekten weniger methodische Arbeiten zu finden, jedoch eine große Vielfalt an Papieren zur regressiven Wirkung von Verbrauchsteuern oder CO<sub>2</sub>-Preisen für Haushalte, d.h. zu Verteilungswirkungen bei Konsumenten.



Vergleichbare Betrachtungen und Systematisierungen liegen auch für den Bereich der Energieeffizienz vor (z.B. IEA 2014a). Ein großer Unterschied zum Bereich der erneuerbaren Energien, genauer zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien, liegt darin, dass Maßnahmen zur verstärkten Energieeffizienz bisher keine oder allenfalls geringe Wirkungen auf Systemebene entfaltet haben. Die Investition in eine entsprechende Anlage bleibt mit Kosten und langfristigen Einsparungen weitgehend auf den Investor beschränkt. Die teils vorhandene staatliche Förderung, insbesondere über die KfW, ist im Vergleich zu den Umlagen im Bereich der erneuerbaren Energien gering und wird aus den öffentlichen Haushalten finanziert und nicht von einzelnen oder Gruppen als negativ wahrgenommen. Ansätze zur Erfassung der Verteilungseffekte sind vielfältig und konzentrieren sich bisher auf die Wirkung bei Verbrauchern.

Bei der Betrachtung der gesamtwirtschaftlichen Nettoeffekte hat sich eine auch international weitgehend einheitliche Vorgehensweise für erneuerbare Energien und Energieeffizienz bzw. Klimaschutzmaßnahmen insgesamt etabliert. Effekte gleichen sich dabei teilweise aus bzw. wirken gegenläufig, während Verteilungseffekte entlang verschiedener Kategorien gemessen werden. Weil es somit keine Betrachtung gibt, die für beide Bereiche geeignet ist, findet eine einheitliche Systematisierung von Verteilungseffekten und gesamtwirtschaftlichen Effekten im Folgenden nicht statt.

Neben der effizienten Allokation knapper Ressourcen zur Produktion von Gütern und Dienstleistungen bilden Fragen der Verteilung (Distribution) dieser Güter und der gesamtwirtschaftlichen Effekte den Kern der Volkswirtschaftslehre. Im Folgenden werden die makroökonomischen Wirkungen in Abschnitt 2 und die Verteilungseffekte in Abschnitt 3 mit Blick auf die Energiewende ausführlich dargestellt und auf Basis eines kurzen Literaturüberblicks und vor allem bisheriger Arbeiten weiter strukturiert, Begriffe definiert und Systematisierungen der Effekte vorgestellt. Bei aller Vereinheitlichung und Gegenüberstellung von unterschiedlichen Effekten sind die weitergehenden, teils langfristigen Vorteile der Energiewende im Blick zu halten, die nicht immer und allein in Geldeinheiten auszudrücken sind. Diese langfristigen, teils nicht-monetären Vorteile der Energiewende tragen je nach individuellen Präferenzen in unterschiedlicher Höhe zur Wohlfahrtssteigerung der Haushalte bei.

## 2 GESAMTWIRTSCHAFTLICHE EFFEKTE DER ENERGIEWENDE

Nach dem ersten Fortschrittsbericht zur Energiewende werden die gesamtwirtschaftlichen Effekte nach ausgelösten Investitionen, außenwirtschaftlichen Impulsen, Preiseffekten, Wachstumsimpulsen und Beschäftigungseffekten ausgewiesen (BMW 2014). Zu trennen sind direkte Änderungen durch die Energiewende wie höhere Investitionen in erneuerbare Energien oder Energieeffizienz von indirekten und vor allem induzierten Effekten, die diese Primärimpulse im gesamtwirtschaftlichen Zusammenhang auslösen. Diese Nettoeffekte werden unter Einsatz gesamtwirtschaftlicher Modelle ermittelt (vgl. GWS, Prognos, EWI 2014).

Vor der Analyse der Veränderungen durch die Energiewende wird zunächst die wirtschaftliche Bedeutung von Energie aufgezeigt. Anschließend werden die verschiedenen beobachtbaren gesamtwirtschaftlichen Effekte beschrieben. Danach werden für die beiden zentralen Säulen der Energiewende, den Ausbau erneuerbarer Energien und Investitionen in Energieeffizienz, die einzelnen Effekte und ihr Zusammenspiel genauer betrachtet und wichtige Studien kurz aufgeführt. Die Gesamteffekte stellen immer Nettoeffekte dar.

Bei der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien, die bisher im Zentrum der öffentlichen Debatte der Energiewende steht, ist mit der EEG-Umlage ein Umverteilungsmechanismus zur Finanzierung der höheren Investitionen eingerichtet. Anreize für Investitionen in Energieeffizienz werden dagegen eher durch Ordnungsrecht und Fördermittel ausgelöst. Programmkosten und damit Umverteilung sind im Vergleich zu den Umlagen bei erneuerbaren Energien begrenzt und streuen über alle Steuerzahler. Auch für weitere Bereiche der Energiewende gelten die grundlegenden Wirkungszusammenhänge, die sich bei der Betrachtung der Energieeffizienz zeigen, in ähnlicher Weise.

Abschließend werden die beschriebenen Effekte kritisch eingeordnet. Dabei werden zum einen Mindestanforderungen an die eingesetzten Modelle genannt, zum anderen werden schwer quantifizierbare Effekte beschrieben.

### 2.1 AUSGANGSPUNKT: DIE WIRTSCHAFTLICHE DIMENSION VON ENERGIE

Ausgangspunkt der Analyse der gesamtwirtschaftlichen Effekte der Energiewende ist die wirtschaftliche Bedeutung von Energie für die deutsche Volkswirtschaft heute. Die Energiewirtschaft ist ein bedeutender Wirtschaftszweig. Nach einer Untersuchung von Albrecht et al. (2011) ist die konventionelle Energiewirtschaft (einschließlich Bergbau) bei wichtigen Kennziffern wie Produktionswert und Wertschöpfung bedeutender als die Chemische Industrie. Sie ist besonders kapitalintensiv und trägt damit deutlich überdurchschnittlich zu den Investitionen bei. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass die Zahl der direkt in der konventionellen Energiewirtschaft Beschäftigten im gesamtwirtschaftlichen Vergleich unterdurchschnittlich ausfällt.

Andere Untersuchungen weisen eine noch größere Bedeutung der Energiewirtschaft aus, wenn auch vor- und nachgelagerte Branchen mit berücksichtigt werden. Nach Böhmer et al. (2015) waren im Jahr 2011 etwa 820.000 Personen in der Querschnittsbranche Energiewirtschaft beschäftigt. Insbesondere für den Bereich der erneuerbaren Energien sind solche Zurechnungen notwendig, weil die Beschäftigung auf viele verschiedene Wirtschaftszweige der amtlichen Statistik verteilt ist. Eine entsprechende Zurechnung für erneuerbare Energien ist zuletzt im Rahmen dieses Projekts im Sommer 2015 erfolgt (O'Sullivan, Lehr, Edler 2015). Danach waren im Jahr 2014 gut 355.000 Personen im Bereich der erneuerbaren Energien beschäftigt. Dahinter stehen hohe Investitionen in Anlagen, die sich im Jahr 2014 auf 18,9 Mrd. Euro belaufen haben. Die hohen Investitionen der Energiewirtschaft machen sie zu einem wichtigen Nachfrager für die Investitionsgüterindustrien.

Zugleich ist der Einsatz von Energie ein wichtiger Produktions- und Kostenfaktor für viele Wirtschaftszweige. Die Preise für die einzelnen Energieträger bestimmen die Energiekosten für andere Industrien und die Endverbraucher. Kurzfristig ist der Energieeinsatz weitgehend limitational, d.h. in festem Verhältnis zur Produktion. Nur längerfristig durch Investitionen in energieeffizientere Technologien kann der Energieeinsatz pro Produktionseinheit reduziert werden. Gerade für energieintensive Branchen, die im internationalen Wettbewerb stehen, sind Energiekosten auch deshalb ein wesentlicher Standortfaktor. Die Erschließung neuer und günstiger Öl- und Gasvorkommen in den USA hat in den letzten Jahren die Standortdebatte verschärft. Bei dauerhaft deutlichen Preisdifferenzen zwischen Nordamerika und Europa sind Verlagerungen energieintensiver Produktion nach Nordamerika zu erwarten (vgl. z.B. IEA 2013). Dies gilt in ähnlicher Weise auch für Strompreise und stromintensive Prozesse wie die Aluminiumherstellung. Ausnahmeregelungen für energieintensive Branchen tragen aber bisher dazu bei Verlagerungen zumindest zu begrenzen (Grave et al. 2015).

Schließlich spielen Energiepreise eine wichtige Rolle für die gesamtwirtschaftliche Entwicklung. Drastische Preisanstiege bei Rohöl haben seit den 70er Jahren immer wieder Rezessionen ausgelöst. Die hohe Volatilität der internationalen Energiepreise kann konjunkturelle Schwankungen verstärken. Sie hat auch Einfluss auf die Preisniveaustabilität und erschwert die Geldpolitik. U.a. wegen stark sinkender Ölpreise erreichen die wichtigen Notenbanken aktuell ihre Inflationsziele nicht. Auch wenn dauerhaft niedrigere Ölpreise das globale Wachstum befördern dürften (IMF 2015), steht dem die negative Wirkung hoher Schwankungen der Ölpreise und damit ausgelöster Unsicherheiten gegenüber (Hamilton 2012). Verschiedene Analysen heben die besondere Bedeutung von Energie als Produktionsfaktor für den langfristigen Wachstumspfad hervor, der über den Anteil der Energieproduktion am BIP hinausgehen könnte (Kümmel, Lindenberger, Weiser 2015).

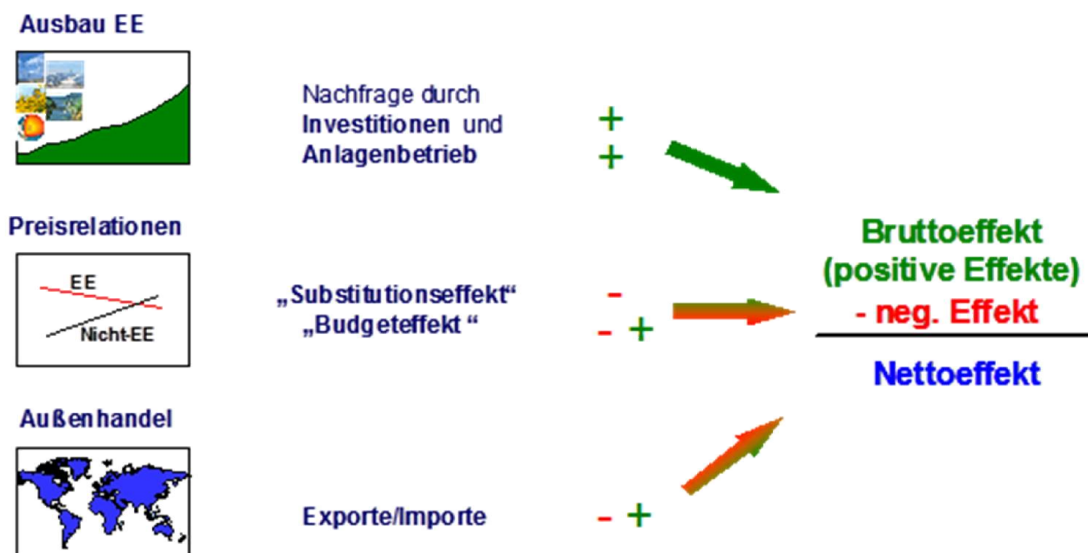
Die Energiepreise im Inland werden zusätzlich zu Beschaffungs- und Verteilungskosten durch Umlagen und staatliche Abgaben bestimmt. Umlagen sind insbesondere mit Verteilungseffekten verbunden. Energiesteuern machen einen bedeutenden Anteil der Staatseinnahmen aus. Im Jahr 2015 lagen die Einnahmen aus der Energie- und Stromsteuer bei rund 46 Mrd. Euro, was immerhin 7,4% der Steuereinnahmen insgesamt (ohne reine Gemeindesteuern) entspricht (BMF 2016). Im Zuge der Energiewen-

de werden diese Einnahmen zukünftig bei rückläufiger Bemessungsgrundlage ohne Anpassung der Besteuerung stark sinken.

## 2.2 BEOBACHTBARE EFFEKTE

In Deutschland wurden bei der Analyse der Beschäftigungseffekte der erneuerbaren Energien Begriffe zu Brutto- und Nettoeffekten entwickelt (vgl. Abbildung 2), die inzwischen auch für die Energiewende insgesamt genutzt werden (Staiß et al. 2006, Lehr et al. 2011, O’Sullivan, Lehr, Edler 2015). Auch international haben sich entsprechende Abgrenzungen durchgesetzt, wobei sich die Begrifflichkeiten teils noch weiter differenziert haben. Grundlegend ist die Unterscheidung in Brutto- und Nettoeffekte: Während Bruttoeffekte die Bedeutung der erneuerbaren Energien (der Energiewende) erfassen, stellen die Nettoeffekte die gesamtwirtschaftliche Bilanzierung aller Effekte dar, die der Ausbau der erneuerbaren Energien (die Energiewende) mit sich bringt.

Abbildung 2: Brutto- und Nettoeffekte des Ausbaus erneuerbarer Energien



Quelle: Lehr et al. (2011, S. 195) nach Staiß et al. (2006)

### 2.2.1 EINZELEFFEKTE

Nach Staiß et al. (2006, S.3) entsteht direkte Beschäftigung durch die Produktion von Anlagen erneuerbarer Energien bei Herstellern, Betreibern und Dienstleistungsunternehmen. Diese Unternehmen fragen ihrerseits Güter in anderen Wirtschaftsbereichen nach und schaffen dadurch indirekt Beschäftigung in Vorleistungs- und Zulieferunternehmen. Beispielsweise ist die Stahlindustrie ein wichtiger Lieferant für die Produktion von Windrädern. Darüber hinaus werden viele Dienstleistungen eingesetzt. Die Summe aus direkter und indirekter Beschäftigung ergibt die Bruttobeschäftigung, wobei inzwischen auch Arbeitsplätze dazugerechnet werden, die im Kontext erneuerbarer Energien durch öffentlich geförderte Forschung und Verwaltung entstehen. Die Methodik wird in O’Sullivan, Lehr, Edler (2015) im Überblick dargestellt.

Direkte Effekte beziehen sich auf die unmittelbar betroffenen Industrien oder Verbraucher. Indirekte Effekte ergeben sich für vor- und nachgelagerte Industrien. Die Unter-

scheidung in direkte und indirekte Effekte kommt aus der Input-Output-Analyse, genauer gesagt dem offenen statischen Mengenmodell, mit dessen Hilfe die Zurechnung der indirekten Effekte erfolgt (Holub, Schnabel 1994). Die Begriffe haben sich auch für die Messung der Bedeutung anderer Industrien etabliert, gerade wenn sich diese nicht eindeutig in der Klassifizierung der amtlichen Statistik als einheitlicher Wirtschaftsbe- reich wiederfinden. Beispiele sind Berechnungen für die Automobilindustrie (ZEW, NIW 2009) und den Tourismus (BMW 2012). Auch für die Ermittlung der regionalwirtschaft- lichen Bedeutung der Braunkohle (u.a. EEFA 2011, Prognos 2011) oder die Wirkung verschärfter Klimaschutzmaßnahmen, die zu vorzeitigen Kraftwerksstillegungen führen (r2b, HWWI 2014), werden vergleichbare Verfahren und Begrifflichkeiten genutzt.

Neben den direkten und indirekten Effekten treten induzierte Effekte auf, für die nicht immer einheitliche Begrifflichkeiten gewählt werden, teilweise sind die Übergänge flie- ßend. Dies sind insbesondere Substitutionseffekte, Preiseffekte, Budgeteffekte, Ein- kommenseffekte, Außenhandelseffekte und dynamische Effekte (vgl. Breitschopf et al. 2013, IEA-RETD 2011, Lehr et al. 2011, IEA 2014a, Cambridge Econometrics et al. 2015, IRENA 2016). Dabei ist zu beachten, dass die Wirkungen von der konkreten Ausgestaltung der energiepolitischen Maßnahmen abhängen. Preisinstrumente wie Steuern oder Zertifikate wirken auch direkt und indirekt auf die Preise. Tabelle 1 stellt die Effekte im Überblick dar. Mit den Begriffen positiv und negativ, die sich in der Lite- ratur etabliert haben, soll keine Wertung verbunden sein. Sie beschreiben einerseits zusätzlich ausgelöste und auf der anderen Seite gegenläufige oder vermiedene Effekte der Energiewende.

**Tabelle 1: Überblick über zusätzliche ausgelöste („positive“) und gegenläufi- ge/vermiedene („negative“) Effekte der Energiewende (EW)**

	Wirkung	Positive Effekte	Negative Effekte
<i>Investitionseffekte</i>	Direkt, indirekt	Investitionen in Energiewende	Vermiedene Investitionen in bisherige Technologien
<i>Effekte durch Betrieb und Wartung</i>	Direkt, indirekt	Effekte durch Betrieb und Wartung von EW-Anlagen	Effekte durch vermiedenen Betrieb und Wartung bisheriger Anlagen
<i>Substitutionseffekte/ Einspareffekte</i>	Indirekt, induziert	Effekte durch verringerten Einsatz fossiler Energieträger	Effekte durch verringerten Einsatz fossiler Energieträger
<i>Preiseffekte</i>	Direkt, indirekt, induziert	Sinkende Preise durch EW	Höhere Preise durch EW; Budgeteffekt, Kosteneffekt
<i>Einkommenseffekte</i>	Induziert	Effekte durch höhere Einkommen durch EW	Effekte durch niedrigere Einkommen durch EW
<i>Außenhandelseffekte</i>	Induziert	Höhere Exporte von EW-Gütern und -Diensten	Reduzierte Exporte konventioneller Technologien
<i>Dynamische Effekte</i>	Induziert	Sich selbst verstärkende Effekte: Multiplikator-, Lern-, Markt-, Produktivitätseffekte	

Quelle: Zusammenstellung vor allem auf Basis von Breitschopf et al. (2013), IEA-RETD (2011)

**Substitutions- oder Einspareffekte** beschreiben die Effekte, die durch den verringerten Einsatz konventioneller Energieträger durch erneuerbare Energien oder Energieeffizienz ausgelöst werden. Dabei kann es sich um direkte (z.B. sinkende Umsätze von

Versorgern durch geringeren Absatz von Gas) und indirekte Effekte (z.B. reduzierte Umsätze bei Kraftwerksherstellern wegen geringerer Investitionen in Gaskraftwerke) handeln. Umgekehrt wirken ein niedrigerer Verbrauch fossiler Energieträger bei Haushalten oder Unternehmen Kosten senkend. Die Einspareffekte setzen Mittel für andere Verwendungen frei. Auch Substitutionsprozesse zwischen fossilen Energieträgern (z.B. von Kohle- zu Gaskraftwerken) sind möglich.

**Preiseffekte** werden durch ökonomische Instrumente wie Abgaben und Zertifikate, aber auch durch zusätzliche oder reduzierte Kosten von Haushalten und Industrie hervorgerufen, die mit erneuerbaren Energien oder Energieeffizienz verbunden sein können. Bei privaten Haushalten mit begrenztem verfügbarem Einkommen müssen höhere Ausgaben z.B. für Strom an anderer Stelle eingespart werden, weil Substitutionsmöglichkeiten kurzfristig gering sind. Die niedrigeren Ausgaben für andere Güter wegen der Budgetrestriktion werden als Budgeteffekt bezeichnet. Für Unternehmen bestehen vergleichbare Beschränkungen, wobei hier auch von Kosteneffekt gesprochen wird. Umgekehrt wirken Einsparungen durch höhere Energieeffizienz entlastend und setzen Mittel für andere Ausgaben frei. Wichtig sind Preiseffekte gerade auch auf lange Sicht: Änderungen relativer Preise spielen für die induzierten Effekte und insbesondere für die dynamischen Langfristeffekte der Energiewende eine große Rolle.

**Einkommenseffekte** beschreiben Wirkungen, die sich aus den geänderten Einkommen von Haushalten und Unternehmen ergeben. Kommt es zu Mehrbeschäftigung und Einkommen in Industrien, die erneuerbare Energien oder Energieeffizienzgüter herstellen, fließt u.a. Einkommen an die zusätzlich Beschäftigten, die dies entsprechend ihrer Konsumneigung ausgeben werden und damit Effekte bei anderen Güterherstellern und vor allem Dienstleistern auslösen. Umgekehrt sind auch negative Einkommenseffekte bzw. Substitutionseffekte möglich, wenn z.B. Anteilseigner großer Versorgungsunternehmen mit sinkender oder ausbleibender Dividende auskommen müssen. Sie werden ihre Ausgaben reduzieren.

**Außenhandelseffekte** ergeben sich einerseits direkt aus der Substitution der Importe fossiler Energieträger und der Einfuhr von Gütern für erneuerbare Energien oder Energieeffizienz. Bekanntestes Beispiel sind die hohen Einfuhren an Solarmodulen. Gleichzeitig lassen sich die Energiewendegüter und -dienstleistungen, die sich in Deutschland bewährt haben, auch gut ins Ausland verkaufen, womit positive Exporteffekte ausgelöst werden.

Darüber hinaus werden verschiedene **dynamische Effekte** genannt, die sich selbst verstärken können, wie Multiplikatoreffekte, Lerneffekte, (Strom-) Markteffekte und Produktivitätseffekte. Multiplikatoreffekte bezeichnen den Zusammenhang zwischen einem gesamtwirtschaftlichen Impuls (z. B. höhere Nachfrage nach Autos durch die Abwrackprämie) und dadurch ausgelösten indirekten Effekten. Lerneffekte, die bei erneuerbaren Energie oft durch globale Lernkurven dargestellt werden, beschreiben den Zusammenhang von global installierter Leistung einer Technologie wie der Photovoltaik und den sinkenden Kosten der Installation (learning by doing). Auf dem Strommarkt beeinflusst ein Zubau erneuerbarer Energien insbesondere mit niedrigen variablen Kosten den Großhandelspreis und die Wirtschaftlichkeit aller Produzenten. Entspre-

chende Markteffekte können gesamtwirtschaftliche Modelle in der Regel allenfalls indirekt über Annahmen geänderter Strompreise aufgreifen.

## 2.2.2 METHODIK ZUR BESTIMMUNG VON GESAMTEFFEKTEN

**Netto(beschäftigungs)effekte** stellen die Bilanzierung der direkten, indirekten und induzierten Effekte dar. Dazu werden zwei Szenarien in komplexe Modellsysteme eingestellt und die Ergebnisse miteinander verglichen. Die Bewertung und der Vergleich von Studien zu Nettobeschäftigungseffekten ist u.a. deshalb schwierig, weil nicht alle induzierten Effekte in allen Studien berücksichtigt werden und sich die Analysen in zentralen Annahmen unterscheiden können. Im den folgenden Abschnitten 2.3 und 2.4 werden die Nettoeffekte, die für die gesamtwirtschaftliche Bewertung entscheidend sind, genauer betrachtet.

Die induzierten Effekte und die Nettoeffekte lassen sich im Gegensatz zu den direkten und indirekten Effekten nicht aus der Statistik ablesen oder durch Zurechnung unmittelbar berechnen. Stattdessen werden sie in komplexen gesamtwirtschaftlichen Modellen bestimmt. Diese Modelle betrachten als Top-down-Ansätze die Energiewirtschaft weitgehend aggregiert mit ihrer Einbindung in die Volkswirtschaft ohne Abbildung konkreter Einzeltechnologien (Forum für Energiemodelle 1999). Veränderungen werden wesentlich durch relative Preise gesteuert. Gut abbilden können die Modelle deshalb die Wirkungen ökonomischer Instrumente wie Steuern oder Zertifikate, die das Preisystem verändern. Eine Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Preise verändert die relativen Preise aller Güter je nach dem Kohlenstoffanteil, der bei der Produktion des Gutes und seiner Vorprodukte freigesetzt wird. Abhängig von der Ausgestaltung der Politikmaßnahme spielt auch die Rückvergütung der Einnahmen etwa über Steuersenkungen an anderer Stelle eine wichtige Rolle für die Effekte. Im Rahmen der ökologischen Steuerreform in den Jahren 1999 bis 2003 wurden Beschäftigungswirkungen durch die Senkung der Sozialversicherungsbeiträge als „doppelte Dividende“ angestrebt.

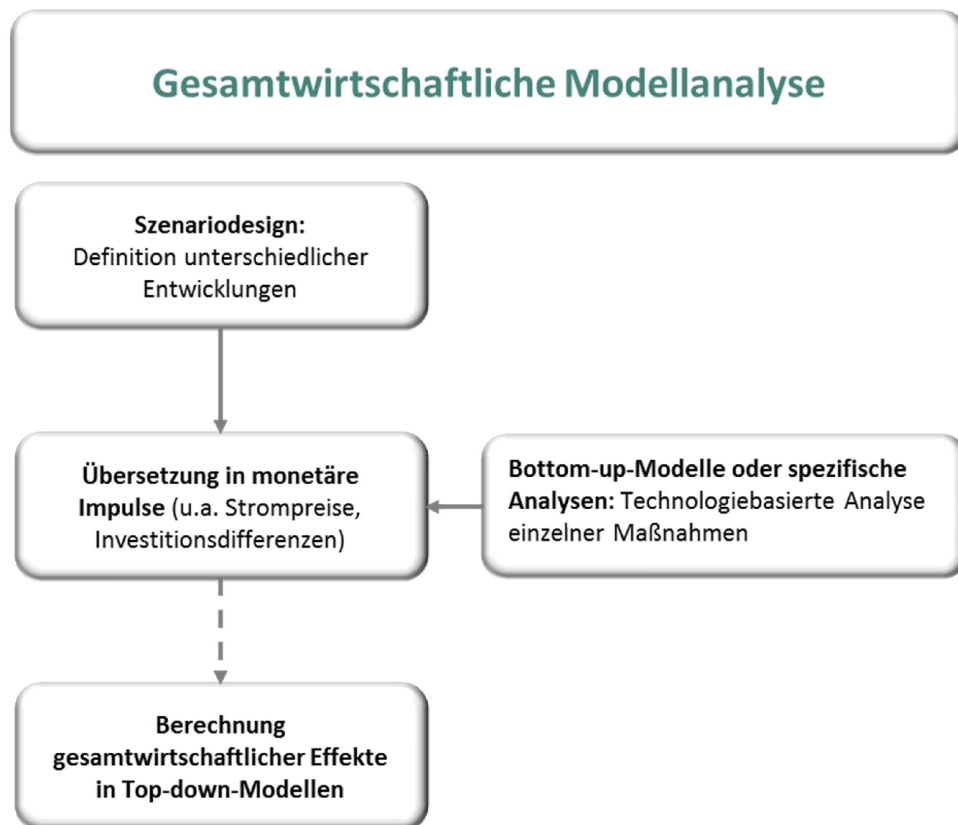
Gerade internationale Organisationen wie zuletzt der IMF (2016) betonen die Vorteilhaftigkeit von ökonomischen Instrumenten zum Klimaschutz und weisen auf die zusätzlichen Einnahmemöglichkeiten hin, mit denen Belastungen an anderer Stelle reduziert werden können. Allerdings benachteiligen ökonomische Instrumente, die nicht international abgestimmt sind, CO<sub>2</sub>-intensive Branchen im internationalen Wettbewerb, was im Rahmen des EU-ETS, des EEG und der Energiesteuern zu verschiedenen Ausnahmeregelungen geführt hat. Außerdem werden Verbraucher mit geringem Einkommen überdurchschnittlich belastet. Auch deshalb kommt im Rahmen der Energiewende in Deutschland und Europa ein ganzes Bündel an Maßnahmen zum Einsatz, die vielfach auf der Ebene einzelner Technologien ansetzen.

Diese Einzeltechnologien werden in Bottom-up-Modellen abgebildet, die in der Regel nur Teilbereiche des Energiesystems erfassen. Eine genauere Darstellung entsprechender sektorspezifischer Modelle findet sich z.B. in Öko-Institut, ISI (2015). Maßnahmen, die an den Einzeltechnologien ansetzen, können gut in diesen Bottom-up-Modellen beschrieben werden. Ihre Wirkungen auf Technologieebene müssen in monetäre Impulse übersetzt werden, um sie in gesamtwirtschaftlichen Modellen zu verarbeiten. Grundlage dieser Impulse sind technologie- oder prozessorientierte Abschät-

zungen der Veränderungen, die durch die Umsetzung einzelner Maßnahmen oder Maßnahmenbündel ausgelöst werden. Diese umfassen insbesondere Investitionsdifferenzen, Änderungen der Energieverbräuche und damit -kosten sowie ggfs. Veränderungen auf ganzen Teilmärkten, vor allem dem Strommarkt (vgl. Prognos, EWI, GWS 2010, S. 148).

Ausgangspunkt der gesamtwirtschaftlichen Modellanalyse ist die Definition unterschiedlicher Entwicklungen, die als Szenarien in die Modelle eingestellt werden. Abbildung 3 stellt die Vorgehensweise im Überblick dar.

**Abbildung 3: Ablauf einer gesamtwirtschaftlichen Modellanalyse**



Quelle: GWS, Prognos, EWI (2014)

## 2.3 ERNEUERBARE ENERGIEN

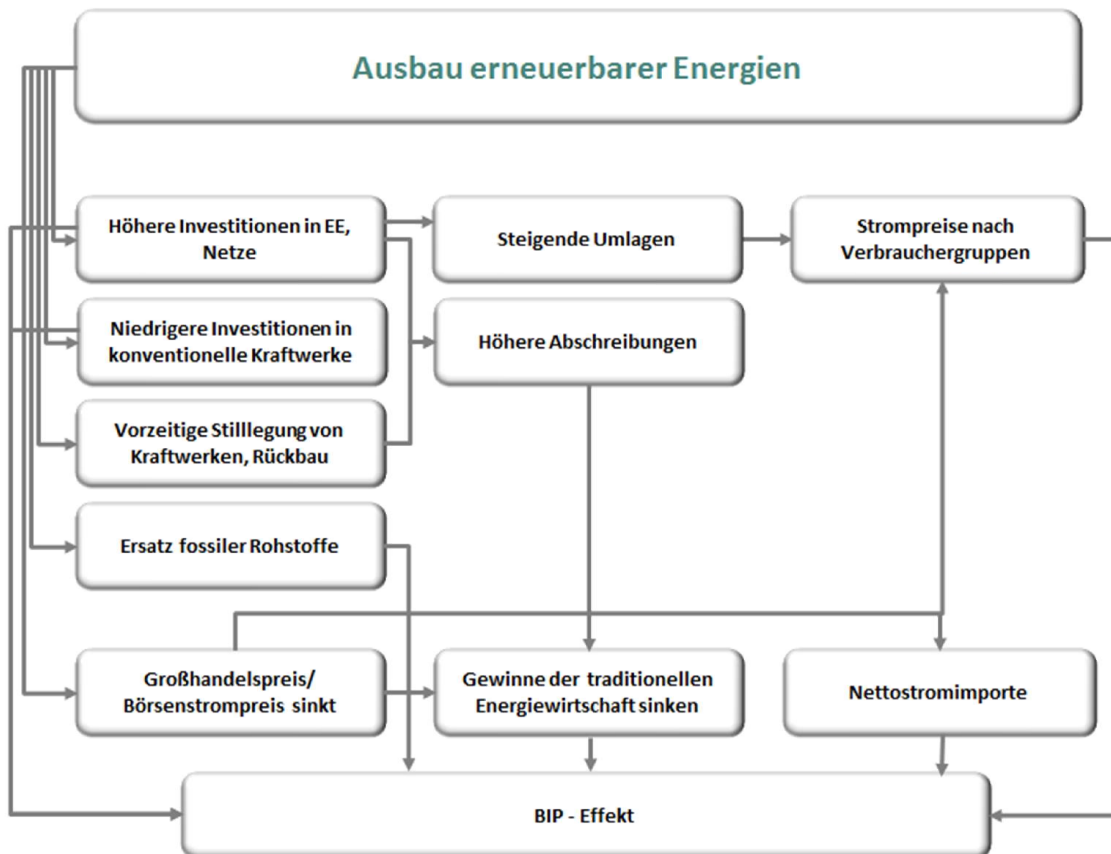
### 2.3.1 WIRKUNGSZUSAMMENHÄNGE

Die Diskussion um die gesamtwirtschaftlichen Effekte des Ausbaus der erneuerbaren Energien konzentriert sich bisher auf den Strombereich. Deshalb zeigt Abbildung 4 zunächst wichtige dabei auftretende inländische Effekte, nicht zuletzt aus Gründen der Übersichtlichkeit ohne Anspruch auf Vollständigkeit. Beim Ausbau der erneuerbaren Energien treten wie oben beschrieben direkte und indirekte Effekte durch die Investitionen in Anlagen und den notwendigen Aus- und Umbau der Netze auf. Als Besonderheit kommen die dauerhaften Ausgaben für Betrieb und Wartung dazu, die den Investitionsimpuls verstetigen. Der Ausbau der erneuerbaren Energien führt aber auch zu einem Rückgang der Investitionen bei konventionellen Anlagen, gerade wenn Überka-



kapazitäten bestehen und ihre Wirtschaftlichkeit niedrig ist. Nicht mehr benötigte Kraftwerke werden vorübergehend oder dauerhaft stillgelegt und müssen vorzeitig rückgebaut werden. Der Einsatz fossiler Energieträger, die in Deutschland mit Ausnahme der Braunkohle weitgehend importiert werden, geht zurück. Als Folge der höheren Stromproduktion sinkt der Großhandelspreis für Strom.

**Abbildung 4: Gesamtwirtschaftliche Effekte des Ausbaus erneuerbarer Energien in der Stromerzeugung**



Quelle: in Anlehnung an GWS, Prognos, EWI (2014, S. 78)

Substitutionseffekte treffen die traditionelle Energiewirtschaft, die konventionelle Kraftwerke zur Stromerzeugung betreibt, über mehrere Kanäle. Erstens wird die Stromproduktion aus diesen Anlagen zunehmend ersetzt. Deshalb müssen die Anlagen schneller abgeschrieben werden. Zweitens sinkt der erzielbare Strompreis. Eine Möglichkeit diesen Prozess zu verlangsamen ist der verstärkte Stromexport ins Ausland.

Der Ausbau der erneuerbaren Energien im Strombereich ist bisher über Umlagen, insbesondere die EEG-Umlage, finanziert worden. Zukünftig ist auch von steigenden Netzkosten auszugehen, die über Netzentgelte auf die Verbraucher umgelegt werden. Bestehen wie bei der EEG-Umlage Ausnahmeregelungen für einzelne Verbrauchergruppen sind hiermit zunächst Verteilungseffekte verbunden, die sich aber auch gesamtwirtschaftlich auswirken können.

Für die Preiseffekte und die dadurch induzierten Effekte ist insbesondere der Gesamteffekt auf die Strompreise für einzelne Endverbrauchergruppen wichtig. Höhere Strom-

preise führen dazu, dass die Verbraucher entsprechend ihrer Budgetrestriktion weniger Mittel für andere Ausgabenzwecke zur Verfügung haben. Negative induzierte Effekte in Bezug auf die Wettbewerbsfähigkeit sind vor allem bei stromintensiven Unternehmen zu erwarten, die im internationalen Wettbewerb stehen, sofern keine Ausnahmen gelten. Verschiedene Studien verdeutlichen die gesamtwirtschaftliche Vorteilhaftigkeit der gegenwärtigen Ausnahmeregelungen, vor allem die Besondere Ausgleichsregelung (BesAR) im Rahmen des EEG, auch wenn für die Wirkungen unterschiedliche Größenordnungen ermittelt werden (vgl. Lutz et al. 2015 und die darin aufgeführten Studien).

Schließlich spielt der Außenhandel eine wichtige Rolle für die Nettoeffekte. Einige Analysen kommen sogar zum Ergebnis, dass Nettobeschäftigungseffekte, die durch den Außenhandel ausgelöst werden, größer sein können als die inländischen Wirkungen (z.B. Lehr et al. 2015). Verringerte Importe fossiler Energieträger und vermehrte Exporte von Anlagen zur Erzeugung erneuerbare Energien wirken positiv auf die Handelsbilanz, verstärkte Importe dieser Anlagen sind gesamtwirtschaftlich negativ. Angesichts der hohen weltweiten Ausbaudynamik spielen die damit verbundenen wachsenden Exportchancen und der schnelle Rückgang der Technologiekosten über globale Lernkurven eine wichtige Rolle für die langfristige Entwicklung der gesamtwirtschaftlichen Effekte.

Für eine jährliche oder kurzfristige Betrachtung ist zu beachten, dass positive und negative gesamtwirtschaftliche Wirkungen bezogen auf BIP oder Beschäftigung zeitlich deutlich auseinander fallen können. So war der starke Ausbau der Photovoltaik in den Jahren 2009 bis 2012 unmittelbar mit hohen Investitionen verbunden, die Konjunktur stützend gewirkt haben. Negative Effekte in Form der hohen EEG-Umlage und auch dadurch steigender Strompreise vor allem für Kleinverbraucher, aber auch Abschreibungen auf konventionelle Kraftwerke und stark sinkende Gewinne ihrer Betreiber sind dagegen erst zeitverzögert aufgetreten. GWS, Prognos, EWI (2014) kommen in einer Zerlegung der Effekte zu dem Ergebnis, dass der Ausbau der erneuerbaren Energien im Strombereich für sich betrachtet und nur auf das Inland bezogen in den Jahren 2014 bis 2020 mit negativen gesamtwirtschaftlichen Effekten verbunden ist und sein wird. In den Jahren davor ist der Effekt dagegen deutlich positiv. Auf dieses zeitliche Auseinanderfallen von positiven und negativen Effekten weist die Expertenkommission (2015, S. 112) zu Recht hin. Die daraus folgende Analyse, dass die Förderung erneuerbarer Energien langfristig ein gesamtwirtschaftliches Nullsummenspiel ist, dürfte die Annahme voraussetzen, dass induzierte Effekte einschließlich des Außenhandels auf lange Sicht keine (große) Rolle spielen. Im Gegensatz dazu weisen verschiedene Studien, die im Folgenden kurz dargestellt werden, gerade langfristig gesamtwirtschaftliche Vorteile des Ausbaus der erneuerbaren Energien aus. Sie schließen die Bereiche Wärme und Verkehr meist ein, die Effekte werden aber durch den Strombereich bestimmt.

In den Bereichen **Wärme** und **Verkehr** wird der Ausbau der erneuerbaren Energien weniger kontrovers als beim Strom diskutiert. Grund ist zum einen, dass der Stromsektor die Impulse in Deutschland und Europa dominiert (z.B. nach Fraunhofer-ISI et al. 2014, Lehr et al. 2015). Zum anderen treten bei der Wärmegewinnung aus erneuerbaren Energien vor allem direkte und indirekte, aber nur begrenzt induzierte Effekte auf.

Die Investition in eine entsprechende Anlage bleibt mit Kosten und langfristigen Einsparungen weitgehend auf den Investor beschränkt. Die begrenzte staatliche Förderung wird aus den öffentlichen Haushalten finanziert und nicht von einzelnen oder Gruppen als negativ wahrgenommen (BMWi 2015, ZSW 2014). Die Wirkungszusammenhänge bei erneuerbaren Energien für Wärme sind deshalb gut vergleichbar mit Investitionen in Energieeffizienz (vgl. Abschnitt 2.4.1).

Im **Verkehrsbereich** sorgen Quotenregelungen mit bisher begrenzter Höhe ebenfalls dafür, dass der Ersatz fossiler Treibstoffe durch Biokraftstoffe keine größeren induzierten Effekte hervorruft. Der Ersatz von importierten Mineralölprodukten kann dann deutliche Handelseffekte mit sich bringen, wenn die Biokraftstoffe aus heimischer Produktion stammen. Hierfür sind allerdings die Potenziale auch aufgrund von Nutzungskonkurrenzen begrenzt. Deutlich größere Effekte könnten im Verkehrsbereich auftreten, wenn die vorherrschende Antriebstechnik in Zukunft durch Elektromobilität ersetzt werden wird. Darauf wird in Abschnitt 2.5 kurz eingegangen.

### 2.3.2 ZENTRALE STUDIEN

Unter Einsatz des globalen makroökonomischen Modells E3ME hat Cambridge Econometrics die gesamtwirtschaftlichen Effekte eines verstärkten globalen Ausbaus der erneuerbaren Energien bis zum Jahr 2030 für IRENA (2016) untersucht. Als Referenz dient das New Policies Scenario der IEA (2014b), das im Jahr 2014 umgesetzt und für die Zukunft absehbare Politikmaßnahmen enthält. An diesem business-as-usual wird das REmap-Szenario von IRENA gespiegelt, das eine Verdopplung des Anteils der erneuerbaren Energien am globalen Energieverbrauch von 2010 auf 2030 gemäß der IRENA Roadmap vorsieht. Als Nettoeffekte ergeben sich im Jahr 2030 im REmap-Szenario ein um 0,6% höheres globales Bruttoinlandsprodukt (BIP) sowie eine um 0,14% höhere globale Beschäftigung als in der Referenz. Allerdings treten in einzelnen Ländern und Wirtschaftssektoren auch negative Effekte auf. Zu den positiven gesamtwirtschaftlichen Effekten des Ausbaus der erneuerbaren Energien kommen weitere wohlfahrtssteigernde Effekte in Form niedrigerer THG-Emissionen und verbesserter Gesundheit.

Für die Europäische Kommission wurden in EMPLOY-RES II (Fraunhofer ISI et al. 2014) mit zwei Modellen die gesamtwirtschaftlichen Effekte eines verstärkten Ausbaus der erneuerbaren Energien in der EU ermittelt. Als Referenz dient eine auf dem PRIMES-Modell basierende Baseline (DG Energy et al. 2014), die so fortgeschrieben wird, dass im Jahr 2030 der Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch in der EU bei 26,3% liegt. In Politikscenarien wird ein Anteil der erneuerbaren Energien von 30% bzw. 35% im Jahr 2030 erreicht. Die gesamtwirtschaftlichen Effekte des Ausbaus gemessen am BIP und der (Netto-) Beschäftigung sind bei beiden Modellen positiv. Dabei liegen die Effekte beim makroökonomischen Modell NEMESIS mit einem um 0,4% höheren BIP und einem Zuwachs der Beschäftigung um 0,32% im Jahr 2030 im 30%-Szenario etwa um den Faktor 5 höher als beim Systems Dynamics Modell ASTRA (0,08% beim BIP, 0,06% bei der Beschäftigung). Auch bei stärkerem Ausbau und bei Ergebnissen für das Jahr 2050 zeigen sich ähnlich deutliche Unterschiede zwischen den beiden Modellen. Die positiven gesamtwirtschaftlichen Effekte ergeben sich weitgehend über inländische Nachfragekomponenten des BIP. Annah-

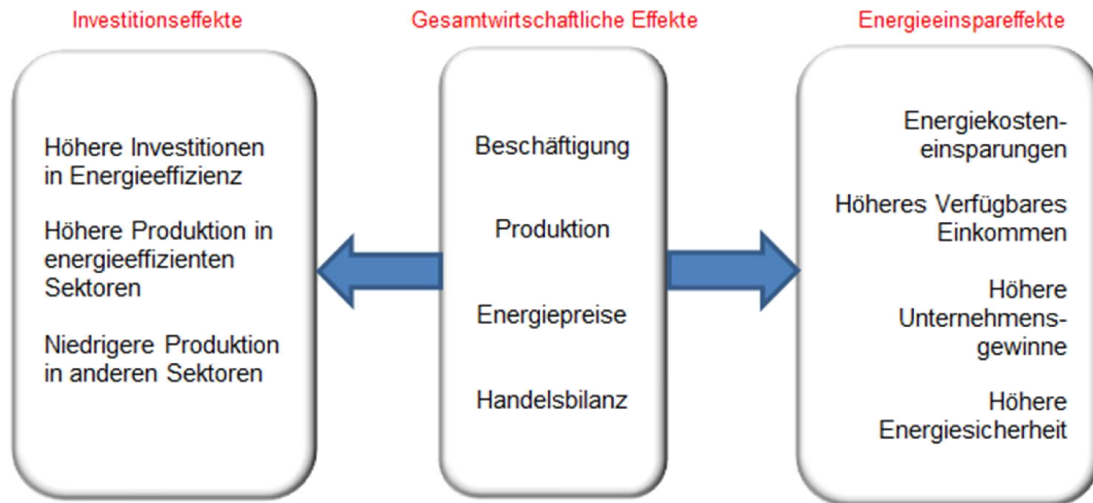
men über höhere Weltmarktanteile und Exporte europäischer Anlagen für die Erzeugung erneuerbarer Energien werden nicht getroffen.

Für BMU/BMWi sind Beschäftigungseffekte des Ausbaus der erneuerbaren Energien in Deutschland mit dem makroökonomischen Modell PANTA RHEI berechnet worden (Lehr et al. 2015). Anders als in den beiden oben dargestellten internationalen Analysen bildet ein Null-Szenario ohne Ausbau der erneuerbaren Energien ab 1995 die Referenz. Der Ausbau der erneuerbaren Energien folgt im Wesentlichen dem Ausbauszenario der vom DLR im Auftrag des BMU entwickelten Leitstudie mit Anpassungen am aktuellen Rand (Nitsch et al. 2012). Kurzfristig sind die Effekte stark von den Annahmen zu den Exporten deutscher Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien geprägt. In einem ungünstigen, aber auch unwahrscheinlichen Szenario ohne entsprechende Exporte, können über einige Jahre negative makroökonomische Wirkungen auftreten. Langfristig ab dem Jahr 2030 sind die gesamtwirtschaftlichen Effekte des Ausbaus der erneuerbaren Energien in jedem Fall deutlich positiv und mit den immer weiter sinkenden fossilen Energieimporten und der zunehmenden Wirtschaftlichkeit der erneuerbaren Energien ansteigend. Bei mittleren Annahmen zur Exportentwicklung liegen die Effekte des Ausbaus im Jahr 2030 auf das BIP bei 1,4% und auf die Beschäftigung bei 0,3% gegenüber dem Null-Szenario.

## 2.4 ENERGIEEFFIZIENZ

### 2.4.1 WIRKUNGSZUSAMMENHÄNGE

Nach einer Studie der IEA (2014a) werden die gesamtwirtschaftlichen Effekte von Energieeffizienzmaßnahmen durch die zusätzlichen Investitionen in entsprechende Güter und Dienstleistungen und die Energieeinspareffekte ausgelöst (vgl. Abbildung 5). Die Investitionseffekte begünstigen die Hersteller dieser Güter, deren Produktion steigt, während die Einspareffekte bei der Energiewirtschaft zu sinkender Produktion und Absatz führen. Energieeinsatz wird letztlich durch Kapitaleinsatz substituiert. Die geringeren Energiekosten reduzieren dauerhaft die Ausgaben der Verbraucher, die als Unternehmen kostengünstiger produzieren können oder als privater Haushalt unter langfristiger Perspektive mehr Mittel für andere Ausgaben zur Verfügung haben, sofern die Mehrausgaben für die Technologie durch Einsparungen innerhalb eines überschaubaren Zeitraums kompensiert werden. Höhere Gewinne der Unternehmen und höhere verfügbare Einkommen der privaten Haushalte ermöglichen sodann zusätzliche Ausgaben für Nicht-Energieprodukte. Niedrigere Importe fossiler Energieträger machen Deutschland weniger abhängig von Preisschwankungen auf dem Weltmarkt und erhöhen die Versorgungssicherheit. Die Primäreffekte lösen in der Gesamtwirtschaft verschiedene induzierte Effekte in Form von positiven und negativen Rückkopplungseffekten aus. Die gesamtwirtschaftlichen Effekte als Folge dieser Effekte werden insbesondere als Änderungen der Beschäftigung, des Bruttoinlandsprodukts (BIP), der Energiepreise und der Handelsbilanz ausgewiesen. Darüber hinaus sollte auch die Wirkung auf das Preisniveau insgesamt betrachtet werden.

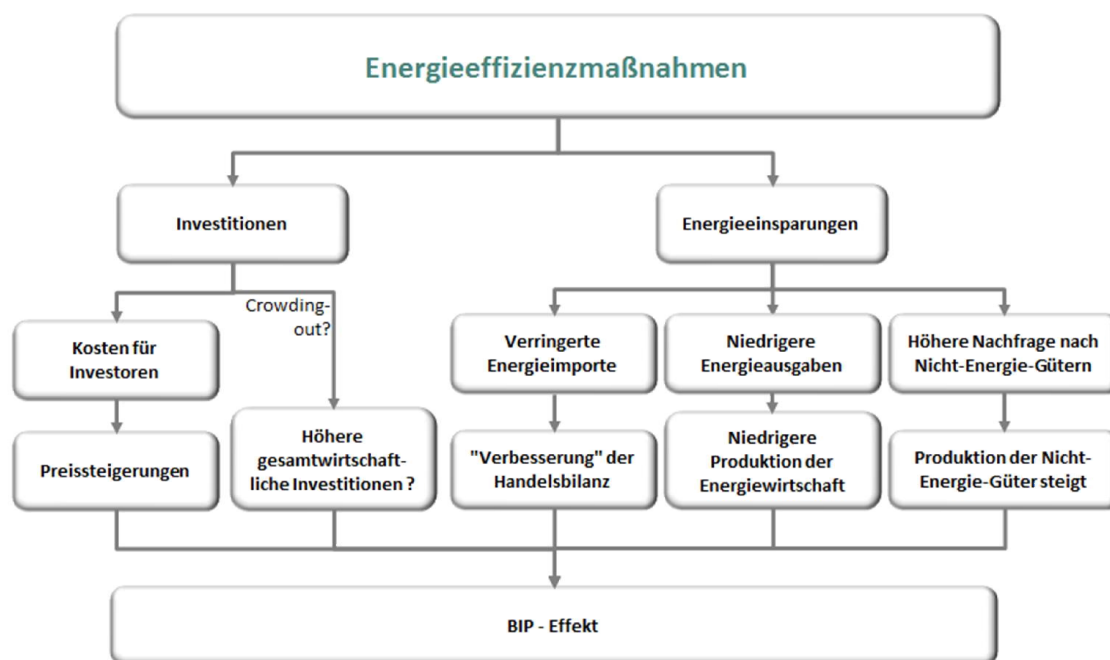
**Abbildung 5: Gesamtwirtschaftliche Betrachtung von Energieeffizienzmaßnahmen**

Quelle: IEA (2014a, S. 47)

In der folgenden Abbildung 6 sind die Wirkungsketten am Beispiel von Energieeffizienzinvestitionen in der Industrie noch weiter ausgeführt. Zusätzliche Investitionen in Energieeffizienz stellen unmittelbar eine höhere gesamtwirtschaftliche Nachfrage dar. Die Investitionen in Energieeffizienz bedeuten für die investierenden Unternehmen zugleich höhere Kosten. Die damit verbundenen Abschreibungen werden von den Unternehmen auf die Güterpreise überwältigt, sofern die Marktsituation das zulässt. Die Investitionen lösen dauerhafte Einsparungen beim Energieverbrauch aus, was die investierenden Unternehmen bei den Energieausgaben entlastet. Andernfalls müssen sie Kosten an anderer Stelle einsparen, was zu Beschäftigungsverlusten führen kann, oder ihre (residualen) Gewinne sinken. Bei privaten Haushalten ist bei Ausgaben in Energieeffizienz die Budgetrestriktion zu beachten, die zu niedrigeren Ausgaben für andere Verwendungen führen kann.

Die Energieeinsparungen führen einerseits zu geringeren Energieeinfuhren, was die Handelsbilanz verbessert und gesamtwirtschaftlich positiv wirkt. Einschränkend ist hier der generelle Hinweis wichtig, dass Deutschland bereits sehr hohe Handelsbilanzüberschüsse aufweist. Die letztlich stattfindende Substitution von Energie durch Kapital erhöht die Nachfrage bei Unternehmen, die diese Kapitalgüter herstellen und reduziert die Nachfrage bei Unternehmen, die Energie bereitstellen. Durch die niedrigeren Energieausgaben werden Unternehmen und Haushalte verstärkt andere Produkte und Dienstleistungen nachfragen. Die Produktion der entsprechend Güter (und vor allem Dienstleistungen) steigt. Wie bei den erneuerbaren Energien fallen auch bei der Energieeffizienz Nachfrageimpuls durch die Investition und dauerhafte Energieeinsparung zeitlich auseinander. Insbesondere langfristig, wenn eine Energieeffizienzmaßnahme finanziert ist, aber noch immer Energieausgaben reduziert, sollte verstärkte Energieeffizienz gesamtwirtschaftlich positiv wirken.

Abbildung 6: Gesamtwirtschaftliche Effekte von Energieeffizienzmaßnahmen in der Industrie



Quelle: in Anlehnung an GWS, Prognos, EWI (2014, S. 76)

## 2.4.2 ZENTRALE STUDIEN

Gesamtwirtschaftliche Wirkungen verstärkter Energieeffizienz weltweit hat die OECD (Chateau et al. 2014) mit einem berechenbaren allgemeinen Gleichgewichtsmodell (CGE) für das Jahr 2035 bestimmt. Ausgehend von dem New Policies Scenario des World Energy Outlook als Referenz wurde ein „Efficient World“ Szenario ermittelt (IEA 2012). Es zeichnet sich dadurch aus, dass weltweit sich einzelwirtschaftlich lohnende Investitionen in Energieeinsparung ergriffen werden, die ansonsten aufgrund von Hemmnissen unterbleiben. Vereinfacht gesprochen wird unterstellt, dass das „wirtschaftliche Potenzial“ zur Energieeinsparung ausgeschöpft wird. Im Ergebnis liegt das globale BIP im Jahr 2035 um 1,1% höher als in der Referenz. Den insgesamt positiven Effekten stehen Verluste in einzelnen Ländern und Sektoren gegenüber, die stark von den bisherigen fossilen Energieträgern geprägt sind und diese in hohem Maße exportieren bzw. nutzen.

Auf EU-Ebene sind vergleichbare Berechnungen für die EU-Kommission mit zwei unterschiedlichen Modellen bestimmt worden: dem bereits bei den erneuerbaren Energien kurz genannten makroökonomischen Modell E3ME und dem berechenbaren allgemeinen Gleichgewichtsmodell GEM-E3 (Cambridge Econometrics et al. 2015). Gegenüber einer Referenz, die für die EU im Jahr 2007 mit dem PRIMES-Modell berechnet wurde, wurden zusätzliche Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz unterstellt. In den Szenarien liegt der Primärenergieverbrauch im Jahr 2030 um 25 bis 40% niedriger als in der Referenz. Interessanterweise kommen beide Modelle zu etwas unterschiedlichen Aussagen zur gesamtwirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit verstärkter Energieeffizienz. Während im makroökonomischen Modell die positiven Effekte auf BIP und Beschäftigung mit verstärkter Energieeffizienz zunehmen, ist im CGE-

Modell der positive Beschäftigungseffekt deutlich größer, die Wirkung auf das BIP dagegen leicht negativ. Eine Verbesserung der Energieeffizienz um 30% führt beim makroökonomischen Modell zu einem höheren BIP von 1,1%, beim CGE-Modell liegt das BIP um 0,22% niedriger. Bei der Beschäftigung fallen die Effekte in beiden Modellen deutlich positiv aus: 1,9% mehr in GEM-E3 und 0,3% mehr in E3ME. In GEM-E3 ist die Substitution zwischen Arbeit und Kapital deutlich ausgeprägter als in E3ME. In diesem Zusammenhang werden die Annahmen über die mögliche Verdrängung anderer Investitionen durch Energieeffizienzinvestitionen als wichtiger Modellunterschied genannt: GEM-E3 unterstellt vollständiges Crowding out, E3ME vollständige Zusatzlichkeit der Effizienzinvestitionen.

## 2.5 WEITERE BEREICHE DER ENERGIEWENDE

In den Klimaschutzszenarien 2050 (Öko-Institut, ISI 2015) wird sichtbar, dass erneuerbare Energien und Energieeffizienz einschließlich Verkehr die Bereiche sein werden, in denen in Deutschland mit Abstand die größten Investitionen getätigt werden müssen, um ambitionierte Klimaschutzziele zu erreichen. Die gesamtwirtschaftlichen Effekte der Energiewende fallen somit überwiegend gemäß den oben aufgeführten Wirkungsmechanismen an. Dabei können für Teilbereiche auch weitere spezifische Zusammenhänge eine wichtige Rolle spielen, die in Analysen, die stark auf den Strombereich fokussiert sind, teilweise gar nicht differenziert betrachtet werden.

Im Verkehrsbereich gelten für Verbesserungen der bestehenden Antriebstechnologien weitgehend die in Abschnitt 2.4 zur Energieeffizienz generell dargestellten Zusammenhänge. Verbesserungen der Effizienz der Fahrzeuge sind bei der Anschaffung mit höheren Kosten für die Nachfrager verbunden, während dauerhaft die Betriebskosten sinken. Höhere Anschaffungskosten können andere Ausgaben verdrängen. Gesamtwirtschaftlich steigen zunächst die Investitionen, während langfristig die Mineralöleinfuhren sinken. Darüber hinaus sind insbesondere dynamische Markt- und Produktivitätseffekte in der Automobilindustrie und damit verbundenen Handelsbilanzeffekte für die gesamtwirtschaftliche Wirkung wichtig (Öko-Institut, DLR-IVF, Fraunhofer-ISI 2013). Die Entwicklung der zukünftig dominierenden Antriebstechnologie hat großen Einfluss auf die gesamte Struktur der Automobilindustrie inklusive der Wertschöpfungsketten. Wenn z.B. Elektromobilität durch Kaufprämien in Zukunft gefördert werden sollte, sind die gesamtwirtschaftlichen Effekte nicht zuletzt davon abhängig, ob heimische Hersteller ihre Marktanteile im In- und Ausland zumindest halten könnten, und ob größere Teile der Wertschöpfungskette ins Ausland verlagert würden. Denn für die deutsche Automobilindustrie, die über 70% der im Inland hergestellten Fahrzeuge im Ausland verkauft, ist die globale Entwicklung der Automobilmärkte von entscheidender Bedeutung. Angesichts der derzeit schwachen Marktposition deutscher Hersteller bei Batterien sind solche negativen Industriestrukturaleffekte nicht auszuschließen. Schließlich trägt der Individualverkehr in hohem Maß zu Steuereinnahmen des Staates bei. Verschiebungen weg vom Individualverkehr oder der Wechsel auf gering besteuerte Energieträger wie Strom können deutliche fiskalische Effekte haben. Entsprechend bestimmt die konkrete Ausgestaltung der Energiewende im Verkehrsbereich und die

Einbettung in globale Änderungsprozesse die gesamtwirtschaftlichen Effekte (und mehr noch die Verteilungseffekte) mit.

Für andere Teilbereiche der Energiewende, die sich auf den Strommarkt beziehen, wie den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung oder den vermehrten Einsatz von Batteriestromspeichern gelten weitgehend die in Abschnitt 2.3.1 für erneuerbare Energien gemachten Aussagen und Wirkungszusammenhänge. Die Bedeutung dieser Technologien und ihrer Förderung sind bezogen auf die Gesamtwirtschaft bisher begrenzt.

Der Einsatz erneuerbarer Energien im Bereich Wärme ist in seiner gesamtwirtschaftlichen Wirkung mit Investitionen in Energieeffizienz (Abschnitt 2.4.1) gut vergleichbar. Kurzfristig sind höhere Investitionen notwendig, während langfristig die laufenden Kosten zurückgehen.

## 2.6 KRITISCHE EINORDNUNG

Zwei Aspekte sind für die Einordnung gesamtwirtschaftlicher Effekte der Energiewende von besonderer Bedeutung. Zum einen werden die Effekte mittels komplexer Modelle ermittelt, die immer Expertensysteme bleiben werden. Umso wichtiger sind aber die kritische Einordnung der Modelle und die Definition von Mindestanforderungen an die Analysen. Zum zweiten gibt es eine Reihe schwer quantifizierbarer gesamtwirtschaftlicher Effekte der Energiewende. Damit verbundene Unsicherheiten der Aussagen sollten durch Sensitivitätsanalysen, Vergleiche mit anderen Studien oder ergänzende qualitative Betrachtungen zumindest begrenzt werden.

### 2.6.1 ANFORDERUNGEN AN MODELLANALYSEN

Gesamtwirtschaftliche Modellanalysen lassen sich anhand verschiedener Kriterien einordnen. Dafür gibt es sowohl in Deutschland als auch international eine lange Tradition, auf die zurückgegriffen werden kann. Für Deutschland sind hier die Arbeiten im Forum für Energiemodelle (1999), das vom BMWi in den Jahren 1997 bis 2006 gefördert wurde, und Vergleichsstudien etwa von Koch et al. (2003) zu nennen. Auf internationaler Ebene nimmt z. B. das Energy Modeling Forum eine entsprechende Funktion ein (vgl. <https://emf.stanford.edu/>). In einer Metastudie von Lehr et al. (2014, S.13) werden die folgenden fünf Kategorien für eine gute Praxis der Kosten- und Nutzenbewertung von Klimaschutzmaßnahmen aufgeführt, die mit gewissen Abstrichen auf die Maßnahmen der Energiewende übertragen werden können:

Erstens hängt die Güte von Modellanalysen wesentlich von der Aktualität der genutzten Daten ab. Dies gilt u. a. für die Rahmendaten. Wenn sich z. B. das internationale Energiepreisniveau wie zwischen 2013 und 2015 fundamental verändert, entwertet allein dieser Zusammenhang ältere Studien. Zum zweiten sollten die Berechnungen so transparent wie möglich sein, was an erster Stelle Nachvollziehbarkeit für Dritte bedeutet. Experten sollten durch eine umfassende Dokumentation in der Lage sein, Unterschiede zu anderen Berechnungen und Modellen zu erkennen. Zentral ist die Dokumentation wichtiger Grundannahmen zu Energiepreisen oder Technologieentwicklung. Schließlich muss klar sein, welche Zusammenhänge in der Analyse als exogen betrachtet werden. Drittens sollte der verwendete Modelltyp bzw. die Methodik allgemein



der Fragestellung angemessen sein. Das bedeutet für die Betrachtung der Energiewende eine angemessene Verknüpfung von gesamtwirtschaftlichem Top-down-Modell mit den Ergebnissen sektorspezifischer technologiebasierter Bottom-up-Modelle. Zum vierten ist die Wahl der Referenzentwicklung entscheidend für die Bewertung der Energiewende. Je ambitionierter die technische Entwicklung in der Referenz verläuft, desto geringer fallen die möglichen Vorteile oder die auftretenden Kosten bei Umsetzung der Maßnahmen aus. Verstärkt wird dieser Effekt dadurch, dass die zuerst ergriffenen Maßnahmen in der Regel kostengünstiger sind, d.h. ceteris paribus zunächst ergriffene (Klimaschutz-) Maßnahmen volkswirtschaftlich vorteilhafter sind. Schließlich muss die zeitliche und räumliche Abgrenzung der Fragestellung angemessen sein.

Schwierig ist u.a. die Bewertung nationaler Energie- und Klimapolitik im internationalen Kontext. Die Energiewende in Deutschland ist eng mit globalen und europäischen Entwicklungen verknüpft. Emissionsgrenzwerte für Neufahrzeuge werden z.B. auf EU-Ebene festgelegt. Am Beispiel des EU-ETS wird offensichtlich, dass nationale Energie- und Klimapolitik unter der Annahme eines unveränderten europäischen Caps nur zu Verlagerungseffekten in andere Länder führen kann. Kritiker einer nationalen Politikmaßnahme werden entsprechend argumentieren (und modellieren). Das Gegenargument sieht nationale Minderungsoptionen als wesentlichen Treiber des Verhandlungsprozesses zur Senkung des EU-weiten Caps. Entsprechende Betrachtungen und Modellanalysen könnten z.B. unterstellen, dass der Preis im EU-ETS trotz zusätzlicher nationaler Klimapolitik unverändert bleibt, das Cap im EU-ETS entsprechend automatisch nachgeführt wird, wenn nationale Emissionen sinken. Damit wird implizit nationale Politik plus induzierte EU-Klimapolitik bewertet. Einen Königsweg zum Umgang mit den unterschiedlichen Ebenen und den wechselseitigen Verknüpfungen gibt es nicht. Die verschiedenen Sichtweisen haben jeweils ihre Berechtigung, müssen aber mit ihren Annahmen und Einschränkungen sehr klar dargestellt werden.

Auch andere Veröffentlichungen sehen entsprechende Kriterien für die Beurteilung von Modellanalysen: In der Stellungnahme des Akademienprojekts (Leopoldina et al. 2015) werden wissenschaftliche Validität, Ergebnisoffenheit und Transparenz als zentrale Anforderungen an Energieszenariostudien genannt. Sehr ausführlich setzt sich die Experten-Kommission zum Monitoring der Energiewende (2014, S. 28) in ihrer Stellungnahme zum ersten Fortschrittsbericht der Energiewende mit Qualitätsanforderungen an Modellanalysen mit den folgenden Schwerpunkten auseinander: Auswahl der Modelle, Auswahl der Szenario-/Prognosetypen, Wahl der Rahmenbedingungen, Transparenz und Dokumentation, Anforderungen an Sensitivitätsanalysen, Interpretation modellbasierter Analysen und Integration von Maßnahmen.

## 2.6.2 SCHWER QUANTIFIZIERBARE EFFEKTE

Während die oben genannten unmittelbaren Impulse direkt zurechenbar sind, sind einige der denkbaren Rückkopplungseffekte von verschiedenen Rahmenbedingungen und Verhaltensweisen abhängig, die schwerer vorherzusagen und nicht unumstritten sind. Unsicherheiten bestehen mit Blick auf eine mögliche Verdrängung anderer Investitionen durch Energiewendeinvestitionen, die Einzelwirtschaftlichkeit von Investitionsprojekten auch wegen der Unsicherheit über die langfristige Entwicklung der Energiepreise, die Quantifizierung von Hemmnissen und Umsetzungskosten sowie die Spezifi-

zierung der Energiewende, den zukünftigen Importanteil von Energiewendegütern über die gesamte Produktionskette hinweg und denkbare Verhaltensänderungen aufgrund niedrigerer Energiekosten (Rebound-Effekte).

### **Zusätzlichkeit der Investitionen**

Investitionen in Energieeffizienz oder erneuerbare Energien können (teilweise) andere Investitionen verdrängen, sog. Crowding out, was die positiven Nachfrageeffekte höherer Investitionen reduziert. Unmittelbar ersichtlich ist dies wegen der sinkenden Energienachfrage bei den Unternehmen, die Energie bereitstellen. Das gilt für andere Investitionen sowohl auf der Ebene eines einzelnen Unternehmens, wenn mit einem fest vorgegebenen Investitionsbudget geplant wird, als auch auf gesamtwirtschaftlicher Ebene, wenn höhere Investitionen eines Unternehmens über Marktprozesse Investitionen anderer Unternehmen reduzieren. In einer idealtypischen geschlossenen Volkswirtschaft mit funktionierenden Märkten, in der alle Produktionsfaktoren bereits optimal eingesetzt sind und Vollbeschäftigung herrscht, sind zusätzliche Investitionen kurzfristig gar nicht möglich. Über höhere Preise bzw. höhere Zinssätze würden die Investitionen in Energieeffizienz andere Investitionen vollständig verdrängen. Anders verläuft der Effekt in einer (stark) unterbeschäftigten Volkswirtschaft, in der vorhandene Kapazitäten zur Produktion weiterer Güter bereitstehen. Die Höhe des möglichen „Crowding out“ in einer realen Volkswirtschaft hängt deshalb auch von der konjunkturellen Lage ab: Je höher die Auslastung des Produktionspotenzials in der Volkswirtschaft oder einer Branche wie der Bauwirtschaft, desto größer ist die Gefahr des Crowding out.

### **Wirtschaftlichkeit der Investitionen**

Bei sich einzelwirtschaftlich lohnenden Investitionen ist davon auszugehen, dass auch die gesamtwirtschaftlichen Effekte ihrer Umsetzung positiv ausfallen. Allerdings sind auch Gründe denkbar, warum sich umgesetzte Effizienzinvestitionen nicht rechnen können. Das der Fall sein, wenn zu positive Annahmen über die zukünftigen Einsparungen (Erlöse) getroffen werden, oder wenn die Investition durch staatliche Regulierung erzwungen wird.

Entscheidungen für Investitionen in Energieeffizienz werden in der Regel unter Unsicherheit getroffen. Ihre Wirtschaftlichkeit hängt von den erwarteten Energiepreisen, den Finanzierungskosten und dem Amortisationszeitraum ab. Je höher die unterstellten zukünftigen Energiepreise, je niedriger die Finanzierungskosten und je länger der Amortisationszeitraum desto besser fällt die Wirtschaftlichkeitsrechnung aus. Die größte Unsicherheit besteht über die Höhe der monetären Einsparungen, weil die zukünftige Entwicklung der Energiepreise unbekannt ist. Aber auch die tatsächlich zu erzielenden Energieeinsparungen können von Vergleichswerten abweichen. Wird die Investition freiwillig getätigt, schätzt der rational handelnde Investor die Investition als wirtschaftlich sinnvoll ein. Dies kann sich später als Irrtum herausstellen, z.B. wenn wegen niedrigerer Energiepreise als erwartet die geplanten Einsparungen nicht erzielt werden. Auch Verhaltensänderungen in Form sog. Rebound-Effekte sind möglich, die der Energieeinsparung zum Teil entgegenwirken. Führen die Energieeffizienzinvestitionen dann zu Kostensteigerungen und damit Preissteigerungen oder Gewinnrückgang bei den betroffenen Unternehmen, wirkt sich dies je nach Marktsituation einzelwirtschaftlich negativ aus. Besonders bei energieintensiven und im internationalen Wettbewerb

stehenden Unternehmen können diese Effekte größer sein. Entsprechend negative Effekte können sich auch ergeben, wenn staatliche Regulierung Unternehmen und Haushalte zu einzelwirtschaftlich unrentablen Investitionen zwingt.

### **Fehleinschätzung von Hemmnissen und Umsetzungskosten**

Analysen zeigen immer wieder, dass Wirtschaftssubjekte aus verschiedenen Gründen auch einzelwirtschaftlich lohnende Investitionen in Energieeffizienz oder erneuerbare Energien in bestimmten Fällen nicht tätigen. Ein Grund sind bestehende institutionelle Hemmnisse wie das Mieter-Vermieter-Dilemma, die die Umsetzung von Maßnahmen erschweren oder verhindern. Bei Unternehmen können Investitionskonkurrenzen Energiewendemaßnahmen entgegenstehen. Die Quantifizierung der letztlich notwendigen Umsetzungskosten zum Erreichen der Energiewendeziele ist deshalb mit Unsicherheiten verbunden. Sind die getroffenen Annahmen über die Umsetzungshürden zu positiv, ergeben sich dadurch zu optimistische gesamtwirtschaftliche Effekte.

### **Abbildung der Maßnahmen – Spezifizierung der Energiewende**

Gesamtwirtschaftliche Modelle betrachten als Top-down-Ansätze die Energiewirtschaft weitgehend aggregiert mit ihrer Einbindung in die Volkswirtschaft ohne Abbildung konkreter Einzeltechnologien (Forum für Energiemodelle 1999). Veränderungen werden wesentlich durch relative Preise gesteuert. Gut abbilden können die Modelle deshalb die Wirkungen ökonomischer Instrumente wie Steuern, die das Preissystem verändern. Allerdings kommt im Rahmen der Energiewende ein ganzes Bündel an Maßnahmen zum Einsatz, die vielfach nicht in die Logik der gesamtwirtschaftlichen Modelle passen.

Eine Erfassung von Einzeltechnologien findet sich dagegen in Bottom-up-Modellen, die in der Regel nur Teilbereiche des Energiesystems erfassen (Öko-Institut, ISI 2015, Prognos, EWI, GWS 2014). Maßnahmen, die an diesen Einzeltechnologien ansetzen, können gut in diesen Bottom-up-Modellen beschrieben werden. Ihre Wirkungen auf Technologieebene müssen in monetäre Impulse übersetzt werden, um sie in gesamtwirtschaftlichen Modellen zu verarbeiten.

Vor diesem Hintergrund ist die Frage, wie gut die Spezifizierung der Energiewende gelingt und wie vollständig die Ergebnisse der Bottom-up-Modelle in die gesamtwirtschaftliche Modellierung einfließen, zentral für die Güte der ermittelten gesamtwirtschaftlichen Effekte. Dies gilt insbesondere für die kurze Frist und bei ex-post-Betrachtungen, wenn die konkreten Maßnahmen bekannt sind. Mit zunehmendem Zeithorizont wird die Abbildung der Maßnahmen dagegen immer abstrakter.

Zugleich ist die Schnittstelle zwischen Bottom-up- und Top-down-Modellen eine mögliche Fehlerquelle, insbesondere wenn die Modellierungslogiken oder -abgrenzungen nicht zusammenpassen. Dann kann es zu Doppelzählungen oder dem Nichtberücksichtigen von Wirkungsmechanismen kommen, was sich entsprechend in den gesamtwirtschaftlichen Effekten niederschlägt.

Nicht zuletzt spielt die konkrete Ausgestaltung von Politikmaßnahmen, von der in Modellanalysen oft abstrahiert wird, eine wichtige Rolle für die Ergebnisse. Das Monitoring der KfW-Förderprogramme spricht z.B. dafür, dass ein hoher Förderhebel erreicht wird und die Programmkosten der Maßnahmen sehr gering sind. Förderprogramme können

auch Investitionen bzw. Ausgabeentscheidungen in Richtung Energiewende lenken und damit Verhaltensänderungen auslösen.

### **Importanteile von Energiewendegütern**

Die gesamtwirtschaftlichen Effekte von Investitionen in Energieeffizienz und erneuerbare Energien hängen auch davon ab, in welchem Umfang die Güter und Dienstleistungen über die gesamte Produktionskette im Inland produziert werden. Je größer der Importanteil ausfällt, desto geringer sind die gesamtwirtschaftlichen Effekte. Veränderungen dieser Importanteile über die Zeit sind nur schwer vorherzusagen, weil Lernkurveneffekte und Spezialisierung im Rahmen internationaler Arbeitsteilung für jede Technologie getrennt zu betrachten.

### **Rebound-Effekte und transformatorische Effekte**

Verringerte Energieausgaben können dazu führen, dass Verbraucher einen Teil der Einsparung durch Energieeffizienzmaßnahmen durch verstärkten Energieeinsatz an anderer Stelle kompensieren. Diese Effekte können sich entlang üblicher Preis- und Einkommenselastizitäten der Nachfrage bewegen und fallen dann im Vergleich zum primären Einspareffekt gering aus. Entsprechende direkte Rebound-Effekte sind in den gesamtwirtschaftlichen Modellen üblicher Weise gut erfasst. Indirekte Rebound-Effekte können aber auch deutlich stärker ausfallen, wenn mit den eingesparten Mitteln zusätzlicher Energieverbrauch verbunden ist. Die IEA (2014a, S. 52) spricht in diesem Zusammenhang von kaum erfassbaren und vorhersehbaren sog. transformatorischen Effekten, bei denen die geänderte effizientere Technologie auch Auswirkungen auf Konsumentenpräferenzen, soziale Institutionen und Produktionsweisen hat, die für das Wirtschaftswachstum eine größere Bedeutung haben können als die Effizienztechnologie selbst.

### 3 VERTEILUNGSEFFEKTE DER ENERGIEWENDE

Im Rahmen der Energie- und Klimapolitik haben sich die Europäische Kommission sowie die Mitgliedsstaaten teils sehr ambitionierte Ziele gesetzt und entsprechende Maßnahmen ergriffen, die weitreichende Verteilungswirkungen mit sich ziehen können. Die Analyse von Verteilungseffekten bzw. Verteilungsgerechtigkeit ist relevant, da sie die politische Machbarkeit und Akzeptanz der Politikmaßnahmen vermutlich entscheidend beeinflussen können (Buechs et al. 2011, Kallbekken, Sælen 2011). Auch die Experten-Kommission (2015) zum Monitoring-Prozess weist in ihrer Stellungnahme zum vierten Monitoring-Bericht der Energiewende auf die Bedeutung der Verteilungseffekte für eine erfolgreiche Energiewende hin.

Verteilungseffekte stellen zusätzliche Belastungen oder Entlastungen unterschiedlicher Akteure dar, die sich durch energie-/klimapolitische Maßnahmen ergeben, z.B. zwischen Produzent und Konsument, zwischen Haushalten und Industrie sowie zwischen Sektoren oder Regionen. Die Effekte können zwischen der heutigen und den zukünftigen Generationen oder zwischen einkommensstarken und -schwachen Haushalten auftreten. Eine Bewertung bzw. Anpassung der Verteilungseffekte basiert letztendlich auf wenigen Grundsätzen oder Werten. Die Beschreibung von Verteilungswirkungen kann jedoch von der Bewertung der Verteilungswirkungen unterschieden werden. Die Beschreibung steht hier im Vorhaben im Vordergrund.

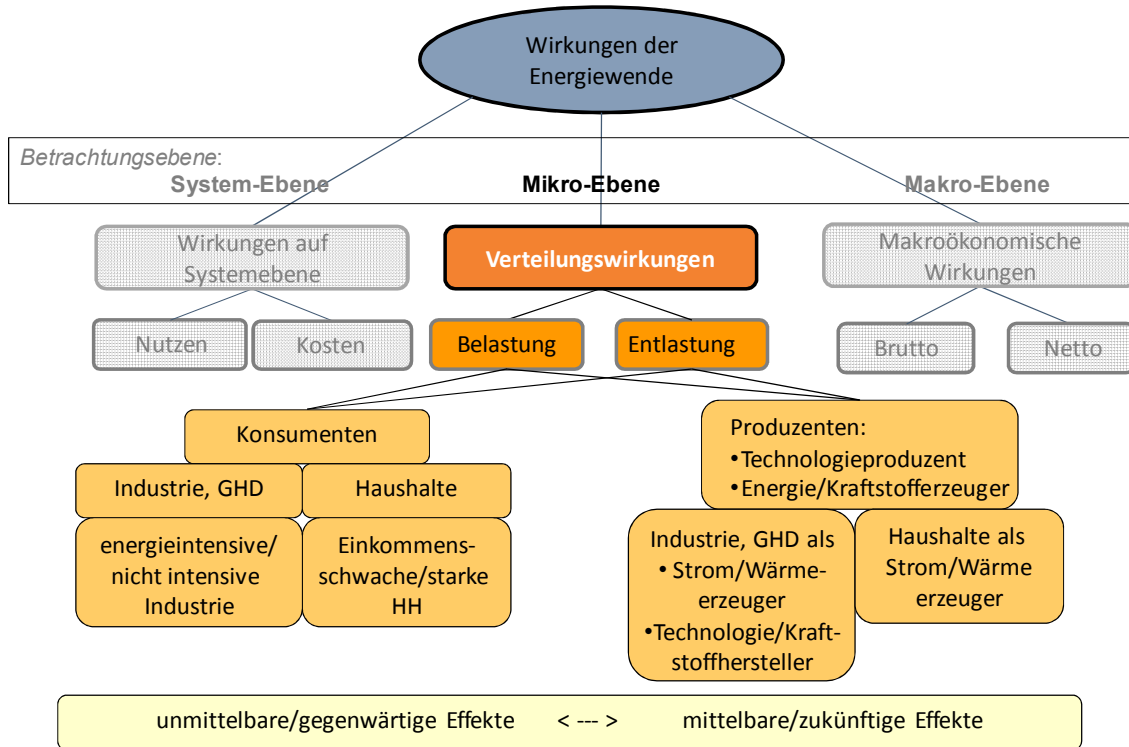
In Deutschland wie auch auf EU-Ebene liegen für den Energiebereich verschiedene Ziele vor. Die Maßnahmen zur Zielerreichung umfassen die Bereiche erneuerbare Energien und Energieeffizienz, aber auch Energiesicherheit, Energiemarkt und Infrastruktur, Klimawandel, Forschung und Entwicklung (Kanellakis et al. 2013). In Deutschland wird von der „Energiewende“ gesprochen, auf europäischer Ebene vom Ziel „energy union“. Beide sollen zu einer wettbewerbsfähigen, kostengünstigen, nachhaltigen, zuverlässigen und sicheren Energiebereitstellung führen. Regulative wie auch finanzielle Maßnahmen begleiten diese Prozesse und ziehen unterschiedliche Verteilungseffekte nach sich. Zur Identifizierung und Erfassung dieser Verteilungswirkungen müssen die Ansatzpunkte der Politik klar sein, d.h. wer zahlt wie viel und wer bekommt wie viel.

Ein erster Ansatz zur Unterscheidung der betroffenen Akteure richtet sich nach Konsum und Produktion von Energie bzw. Energieerzeugungstechnologien. Dieser Differenzierung folgt die Unterteilung in Haushalte und Industrie bzw. Gewerbe, Handel und Dienstleistung und innerhalb dieser Sektoren in einkommensschwache/starke Haushalte bzw. energieintensive und nicht-energieintensive Unternehmen. Letztendlich sind die Wirkungen unmittelbar und kurzfristig zu fassen, wie höhere Ausgaben für Energiebereitstellung und damit Einschränkung des restlichen Konsums oder anderer Investitionen. Davon zu unterscheiden sind mittelbare Effekte in der weiteren Zukunft wie das langsame Zurückfahren des Energieverbrauchs (siehe Abbildung 7).

Nachfolgend wird ein genereller Überblick zu Verteilungswirkungen (distributional effects) gegeben sowie eine Auswahl an Studien vorgestellt, die sich mit verschiede-

nen Verteilungseffekten befassen. Anschließend erfolgt basierend auf den gegenwärtigen Politiken ein kurzer Umriss zu Verteilungswirkungen von Effizienzmaßnahmen und Politiken zu erneuerbaren Energien im Bereich Strom, Wärme und Verkehr.

**Abbildung 7: Verteilungswirkungen**



Quelle: ISI et al. (2010), Breitschopf, Held (2014), erweitert

### 3.1 VERTEILUNGSWIRKUNGEN UNTER WOHLFAHRTSTHEORETISCHEN ASPEKTEN

Gemäß Schwartz und Ter-Minassian (2000) sind in der neoklassischen Ökonomie Wachstum und wirtschaftliche Entwicklung wesentliche Voraussetzung für eine Veränderung der Einkommensverteilung. Insofern wurden Verteilungswirkungen politischer Maßnahmen über ihre Wirkung auf das Wachstum untersucht. Dem schloss sich die Erkenntnis an, dass auch die Einkommensverteilung das Wachstum beeinflussen kann und öffentliche Ausgaben Einfluss auf Verteilungswirkungen nehmen können. Die Analyse von Verteilungseffekten öffentlicher Ausgaben beruht im Wesentlichen auf der Wirkung dieser öffentlichen Ausgaben auf das Einkommen – der absoluten, funktionalen und regionalen Verteilung des Einkommens.

Eine zentrale Fragestellung, die sich beim Eingreifen des Staates in das Marktgeschehen ergibt, ist die Frage nach den Kosten oder Belastungen. Wer trägt in welchem Umfang die Kosten dieser Maßnahme, wer erzielt durch diese einen Nutzen und wie stark ist die relative Be- oder Entlastung einzelner Akteure durch die Maßnahme (Cohen et al. 2013, Schwartz, Ter-Minassian 2000). Während Verteilungswirkungen in Form von Wohlfahrtsverlusten bei Einführung von Steuern in der Literatur intensiv behandelt wurden, haben die Analysen zu Verteilungswirkungen von Energiepolitiken erst be-

gonnen. Instrumente der Energie- oder auch Klimapolitiken unterscheiden sich von einer Steuer, und zwar hinsichtlich ihrer Vielfalt an Ausgestaltungsmöglichkeiten sowie hinsichtlich ihrer Wirkungen. Während Steuern den Preis von Produktionsfaktoren im weitesten Sinne oder von Produkten erhöhen und somit einen Rückgang der Nachfrage und des Angebots bei gleichzeitiger Preisänderung bedingen, setzen Klima- und Energiepolitiken auf unterschiedlichen Ebenen an. Sie können beispielsweise über Standards auf die Produkteigenschaften Einfluss nehmen, über Förderung die Erzeugung bestimmter Produkte steuern und die Förderkosten über Umlagen auf den Verbraucher wälzen. Somit sind auch die Verteilungswirkungen vielfältiger. Aasness, Larsen (2003) zeigen die Verteilungswirkungen umweltpolitischer Steuern, wobei diese über die Veränderung des Konsums erfasst werden. Grundlage bilden unterschiedliche Elastizitäten, die aufzeigen, inwieweit sich die Ausgaben für ein Gut bzw. alle Güter relativ zu Durchschnittsniveaus verändern, wenn insgesamt die Preise, die Anzahl der Kinder oder Haushaltsmitglieder um eine Einheit ansteigen. Energiepolitische Maßnahmen hingegen adressieren die Energiekosten direkt oder sie beeinflussen über Mengenvorgaben (Portfolio Standards, Quoten, Verschmutzungsrechte) auch indirekt Erzeuger- und Verbraucherpreise.

Wird die Nachfrage nach bestimmten Technologien oder Produkten durch Politiken gesteuert, treten über den Marktmechanismus weitere Wirkungen auf. Die daraus resultierenden Verteilungswirkungen diskutiert Fullerton (2009, 2011) anhand eines theoretischen Beispiels aus der Klimapolitik. Er unterscheidet zwischen sechs Verteilungseffekten bzw. Wohlfahrtseffekten.

#### *Verteilungswirkungen nach Fullerton (2011)*

**Höhere Kosten für Konsumenten:** Preise für CO<sub>2</sub>-Emissionsrechte erhöhen die Produktionskosten und somit auch den Preis für Produkte, bei deren Produktion für die angefallenen CO<sub>2</sub>-Emissionen bezahlt werden muss. Je nach Nachfrage- und Angebotselastizität fällt die Preissteigerung stärker oder schwächer aus. Insgesamt verzeichnet der Konsument einen Rückgang seiner Konsumentenrente. Diese Effekte sind je nach Verlauf der individuellen Nachfrage(kurve) für jeden Konsumenten unterschiedlich ausgeprägt und die Frage nach einer angepassten Verteilung (Belastung) erfordert eigentlich eine sehr individuelle Antwort, d.h. eine individuelle Belastungsschwelle, bzw. der Definition von Tragbarkeit.

**Höhere Kosten für den Erzeuger bzw. Faktorkosten:** Die durch eine CO<sub>2</sub>-Bepreisung induzierten höheren Produktionskosten und somit Produktpreise führen nicht nur zu einem Rückgang der Konsumentenrente, sondern auch zur Senkung der Produzentenrente aufgrund des Nachfragerückgangs. Je elastischer die Konsumenten auf Preissteigerungen reagieren, desto stärker sinkt die Produzentenrente und desto höher sind die damit einhergehenden Wohlfahrtsverluste.

**Knappheitsrenten:** Wird die Verfügbarkeit eines Produktes durch Quoten, Zertifikate oder sonstige Verschmutzungsrechte eingeschränkt, entstehen Knappheitsrenten. Diese Knappheitsrenten stellen Kosten für den Produzenten dar. Insofern ist auch die Besteuerung von CO<sub>2</sub>-Emissionen eine Knappheitsrente, die den öffentlichen Haushalten zu Gute kommt. Aber auch steigende Preise für Landflächen für die Installation von

PV- oder Windkraftanlagen, oder für andere, begrenzt verfügbare Materialien bringen Knappheitsrenten zum Ausdruck.

**Kapitalisierungseffekte:** Verändert sich im Zuge einer Politikmaßnahme der Wert von Vermögensgütern und Finanzanlagen, bspw. der Immobilienwert bei Rückbau eines nahe gelegenen Kohlekraftwerks oder bei Aufbau eines Windparks, wird von Kapitalisierungseffekten gesprochen.

**Individueller Grenznutzen:** Nutzenwirkungen von Umweltschutzmaßnahmen sind von Individuum zu Individuum sehr unterschiedlich. Neben Unterschieden in Religion, Geschlecht oder Alter wirken sich insbesondere Einkommens-, Wohn- und Vermögenssituation auf den individuellen zusätzlichen Nutzen einer Umweltmaßnahme aus, da hier die marginalen Nutzenveränderungen einer Klima-/Energiepolitik als Vergleichsbasis dienen. Darüber hinaus sind auch die erwarteten Klimawirkungen von Region zu Region unterschiedlich.

**Transitionseffekte:** Diese Kategorie umfasst nach Fullerton (2011) ein Bündel an Wirkungen, die eher indirekter Natur sind, d.h. Folgen einer ersten Wirkung sind und sich über einen längeren Zeitraum erstrecken können. Beispiele hierfür sind veränderte Ansprüche an die Qualifikation von Arbeitskräften, Entlassungen und zusätzliche Investitionen zur Anpassung von Erzeugungsanlagen.

Gerade die Abschätzung von (Grenz)Nutzen und Transitionseffekten, die sich über einen längeren Zeitraum erstrecken können und ggf. sogar generationsübergreifend wirken, stützen sich auf wohlfahrtsökonomische Ansätze, die eine Wertkomponente, bzw. normative Aspekte bei der Ableitung der Wohlfahrtswirkung auf Basis individueller empirisch basierter Nutzenfunktionen beinhalten. Die Anwendung ethischer und empirischer Parameter - normative und empirische Ansätze – zusammen, kann zu Verzerrungen bei der Bewertung von Politiken führen.

### *Verteilungsgerechtigkeit*

Den Verteilungseffekten vorgeschaltet ist die Frage, welche Verteilung von der Gesellschaft mitgetragen wird bzw. welche Prinzipien die Verteilungsfrage leiten. Eine Diskussion über die ethischen Grundsätze bzw. über Verteilungsgerechtigkeit ist Voraussetzung für die Beurteilung von Politiken (Weisbach et al. 2011). Doch was ist gerecht? Hierzu sind in der Literatur verschiedene Ansätze diskutiert (Mannix et al. 1995, Deutsch 1975), die sich im Wesentlichen auf drei Grundprinzipien reduzieren lassen:

**Leistungsgerechtigkeit:** Produktion und Leistung bilden die Basis für die Verteilungsfrage. Dies bedeutet beispielsweise, dass Haushalte mit einem höheren Einkommen einen größeren Anteil an den Kosten je Produkteinheit übernehmen könnten.

**Bedarfsgerechtigkeit:** Diejenigen, denen auf Grund bestimmter Umstände (z.B. Kinder im Haushalt) ein höherer Bedarf zuerkannt wird, genießen gewisse Privilegierungen, zahlen z.B. eine geringere Umlage oder einen geringeren Preis je Produkteinheit, bzw. ein bestimmtes Verbrauchsniveau wird kostenfrei zur Verfügung gestellt.

**Gleichheitsprinzip:** Be- oder Entlastung wird auf alle Akteure gleich verteilt ohne Berücksichtigung ihres speziellen Bedarfs oder ihrer Leistungsfähigkeit, beispielsweise wäre hier das Verursacherprinzip in dem Sinne denkbar, dass jede verbrauchte Ener-



glicheinheit gleich belastet wird, somit jeder Haushalt den gleichen Betrag je Verbrauchereinheit bezahlt.

Schwartz und Ter-Minassian (2000) weisen darauf hin, dass die Wahrnehmung und Bewertung von Verteilungswirkungen verschiedener Politikmaßnahmen je nach ökonomisch-historischem Hintergrund stark variiert. Beispielsweise orientieren sich ehemals zentrale Planwirtschaften eher am Gleichheitsprinzip. Marktwirtschaften legen einen größeren Fokus auf Leistungsgerechtigkeit.

Die Frage nach der Gerechtigkeit ist eine sehr zentrale Frage, doch würde ihre Diskussion den Rahmen dieses Beitrags sprengen. Darüber hinaus muss diese Diskussion auf gesellschaftlicher Ebene geführt werden, Die Wissenschaft kann hier nur aus verschiedenen Disziplinen (Ethik, Philosophie, Ökonomie) heraus die Diskussion unterstützen. Unter rein ökonomischen Aspekten wird häufig die Pareto-Effizienz als Kriterium aufgeführt. Dieses Kriterium besagt, dass eine Maßnahme dann effizient ist, wenn einige besser gestellt werden können, ohne andere deswegen schlechter zu stellen.

Mit Blick auf die Verteilungswirkungen der Energiewende dienen diese Überlegungen als Grundlage. Der folgende Literaturüberblick und die weitere Darstellung der Verteilungswirkungen erfolgen jedoch mit einer stärkeren Orientierung an der Energiepolitik.

### 3.2 STUDIEN ZU VERTEILUNGSWIRKUNGEN

Eine Untersuchung von Speck (1999) zu Verteilungswirkungen von Energie- und CO<sub>2</sub>-Steuern zeigt leicht regressive Wirkungen dieser Politik auf, die durch entsprechende Umverteilungsmaßnahmen teilweise kompensiert werden können. Allerdings werden mögliche Anpassungsmaßnahmen wie Investitionen in Energieeffizienz oder Veränderungen des Konsumverhaltens genauso wenig berücksichtigt wie unterschiedliche Lebensstile und Nutzenwirkungen. Eine detailliertere Analyse zur regressiven Wirkung wird von Buechs et al. (2011) durchgeführt. Sie vergleichen verschiedene Klimapolitiken mit Blick auf ihre regressive Verteilungswirkung. Unter Verteilungswirkung verstehen die Autoren die Relation von klimapolitisch bedingten Belastungen (Ausgaben) zu Haushaltseinkommen. Im Allgemeinen haben Steuern wie beispielsweise Energiesteuern eine regressive Wirkung auf den Konsum, sofern die Steuereinnahmen daraus nicht wieder entsprechend verteilt werden. Die Messung von Verteilungswirkungen erfolgt mit Hilfe unterschiedlicher Ansätze: Steuerzahlungen im Verhältnis zum jährlich verfügbaren Einkommen oder zu laufenden Konsumausgaben. Allerdings scheinen die Wirkungen überschätzt zu werden, wenn ein konstantes Konsumverhalten hinterlegt ist, d.h. keine Anpassung des Konsums bei Preiserhöhungen erfolgt. Die Autoren kritisieren, dass die rein finanzielle Betrachtung jedoch den Blick auf die Wohlfahrtswirkung verdeckt: Haushalte mit niedrigerem Einkommen erfahren eine größere Einschränkung ihrer Wohlfahrt bzw. müssen größere Nutzenminderungen hinnehmen, weil ihr Grenznutzen aufgrund eines niedrigeren Verbrauchsniveaus in der Regel höher ist.

Bureau (2011) führt eine modellbasierte Schätzung durch, die aufzeigt, wie stark eine CO<sub>2</sub>-Steuer auf Kraftstoffe die Wohlfahrt von verschiedenen Haushaltseinkommensgruppen beeinflusst. Grundlage der Schätzung ist die Veränderung der Konsumenten-

rente. Während hohe Einkommensgruppen auch eine hohe absolute Veränderung der Konsumentenrente aufweisen, liegt die relative Belastung von Haushalten mit geringem Einkommen (im Verhältnis zum Einkommen) deutlich höher.

Eine Studie von Schaffrin (2013) über Verteilungseffekte im Wohngebäudesektor führt zu ähnlichen Ergebnissen. Verteilungseffekte werden wiederum über die Veränderung der Konsumausgaben bzw. anteiligen Ausgaben für Wohnen (Wärme, Licht) erfasst. Haushalte mit höherem Einkommen weisen aufgrund ihres Wohnstils höhere Wohnkosten auf, allerdings relativiert sich dieses Ergebnis bei Bereinigung um den Lebensstil. Dies erklärt sich damit, dass Investitionen in Energieeffizienz hohe anfängliche Ausgaben erfordern, die von Haushalten mit geringem Einkommen nicht getragen werden können. Dadurch sind jedoch - bei gleichem Lebensstil - die laufenden Ausgaben für Wärme und Strom höher als bei wohlhabenderen Haushalten. Daneben würde eine relative Betrachtung der Wohnkosten z.B. im Vergleich zum Haushaltseinkommen eine höhere Belastung bei einkommensschwachen Haushalten aufzeigen. Implizit werden mit dieser Beobachtung zwei Effekte betrachtet: Einsparungen infolge von Investitionen in Effizienzmaßnahmen auf der einen Seite, Mehrausgaben durch höhere Verbrauchsausgaben bei Unterlassung von Effizienzmaßnahmen auf der anderen Seite.

Zu ähnlichen Ergebnissen gelangt eine Studie von Lehr und Drosdowski (2015) für den Strombereich. Als Maß für die Verteilungswirkung dienen die Mehrausgaben für Strom im Verhältnis zum Einkommen oder zu den Gesamtkonsumausgaben des Haushalts. Haushalte mit geringen Einkommen tragen verhältnismäßig größere Kosten der Förderung der erneuerbaren Energien als solche mit höherem Einkommen. Auch Untersuchungen von Frondel et al. (2015) zeigen für Deutschland eine regressiv Wirkung der EEG-Umlagezahlung bezogen auf das Einkommen auf. Dagegen befassen sich Schlör et al. (2013) mit der Auswirkung steigender Strompreise auf den Energieverbrauch des Haushalts. Mit steigenden Energiepreisen steigt der relative Anteil der Energieausgaben unterschiedlich stark, in sozial schwachen Haushalten stärker als in „white collar“ Haushalten. Preissteigerungen können anfangs durch vermindertes Sparen kompensiert werden.

Mit den Wirkungen der Energiepolitik auf Großhandelspreise haben sich verschiedene Autoren befasst. Beispielsweise Cludius et al. (2014a, 2014b) zeigen, dass insbesondere durch Windkraft und Prämien-/Umlagezahlungen zwei Arten von Verteilungseffekten zwischen Haushalten und Industrie zu beobachten sind: Windkraft trägt zum einen signifikant zur Senkung des Großhandelspreises für Strom bei (Merit-Order-Effekt), der nur bedingt an Haushaltskunden weitergereicht wird, während die Industrie hier deutlichere Entlastungen erfährt. Zweitens erhöhen die Umlagezahlungen den Einzelhandelspreis. Der Effekt wird durch die „besondere Ausgleichsregelung“, die Teile der Industrie von Zahlungen der EEG-Umlage ausnimmt, verstärkt. Auch (Burgos-Payán et al. 2013, Krozer 2013, ISI et al. 2015) untersuchen unter anderem den Merit-Order-Effekt (MOE) von erneuerbaren Energien. Sie weisen darauf hin, dass Endkunden nur dann von der Erneuerbaren Politik profitieren, wenn die preisändernde Wirkung der Erneuerbaren Umlage/Prämie geringer ist als der MOE – vorausgesetzt er wird vollständig an diese durchgereicht.

Farrell und Lyons (2015) betrachten in diesem Zusammenhang die Ausgestaltung der Erneuerbaren Förderung und deren Verteilungswirkung genauer. Im Zentrum der Analyse stehen ebenfalls Strompreisänderungen und Förderungen verschiedener Akteure. Verteilungseffekte messen sie an der Ausgabenerhöhung der Haushalte für Umlagezahlungen bei Strom in Relation zu Einkommen oder Haushaltsgröße. Gemäß ihrer Ergebnisse lassen sich regressive Wirkungen der Energiepolitik durch einen entsprechenden Umlagemechanismus abschwächen.

Die Wirkungen der Energiepolitik sind jedoch breiter und dürfen nicht nur auf die bisher dargestellten Strom- oder Heizungskosten der Konsumenten beschränkt werden. Denn die Entwicklung des Energiemarktes wird mit einem Maßnahmenbündel von der Europäischen Kommission forciert und in Deutschland wird die Energiewende (10-Punkte-Agenda) auf verschiedenen Ebenen vorangetrieben. Sie betrifft somit auch Erzeuger von Strom, Wärme und Kraftstoffen sowie Technologiehersteller.

Mit Blick auf die Literatur wird deutlich, dass im Bereich erneuerbarer Energien nicht nur die Konsumenten durch höhere Umlagezahlungen belastet sind. Konventionelle Stromerzeuger erzielen aufgrund des MOE einen geringeren Strompreis und somit geringere Einnahmen, während Betreiber regenerativer Kraftwerke ggf. überdurchschnittlich und vorübergehend von der Einspeisevergütung profitieren, wie das Beispiel der PV-Förderung (Breitschopf et al. 2014) für Deutschland zeigt. Direkte finanzielle Unterstützungen bei Investitionen in erneuerbare Wärmeerzeugung z.B. durch das Marktanreizprogramm, ziehen ebenfalls Verteilungseffekte nach sich und zwar für Wärmeerzeuger und Wärmeverbraucher.<sup>2</sup>

Im Bereich Energieeffizienz hat Moser (2013) untersucht, welche Verteilungseffekte durch die Energieeffizienzdirektive hervorgerufen werden. Hierbei unterscheidet er zwei Phasen: Umsetzungsphase, also die Installation von Energieeffizienztechnologien, und Finanzierungsphase, d.h. Umlage der Kosten auf die Gesellschaft. Gerade in der zweiten Phase, aber nicht nur, können erhebliche Verteilungseffekte auftreten, und zwar dann, wenn Kosten von Einsparmaßnahmen bei einkommensstarken Haushalten auf alle Haushalte – auch einkommensschwache – umgelegt werden. Letztendlich sind zwei Verteilungseffekte zu untersuchen: Einsparungen durch Kauf/Investition in Energieeffizienz und Kostenumlage auf „alle“, d.h. auch auf Nicht-Investoren/Käufer.

Im Verkehrssektor wurde die Wirkung der Biokraftstoffquote auf die Kraftstoffausgaben insgesamt von Sievers et al. (2014) untersucht. Denn aufgrund eines geringeren Energiegehalts von Biokraftstoffen wird volumenbezogen eine höhere Menge an Kraftstoff nachgefragt, die letztendlich zwischen 1% und 4% der Kraftstoffausgaben bedingen.

Die Förderung von Forschung und Entwicklung (FuE) im Bereich Energie entlastet die forschenden Unternehmen von einem Teil der Kosten. Insofern ergeben sich auch hier

---

<sup>2</sup> Bspw. Wärmeerzeuger und -verbraucher erhalten unabhängig von ihrer Einkommenshöhe eine Förderung. Wird davon ausgegangen, dass nicht-einkommensschwache Haushalte in effiziente und umweltfreundliche Wärmeerzeugung investieren, führt die Förderung und damit verbundene Energieeinsparung zur Begünstigung wohlhabenderer Haushalte und zum Ausschluss einkommensschwacher Haushalte von Energieeinsparmaßnahmen.

Verteilungseffekte. Erste Analysen zu deren Verteilung auf die unterschiedlichen Akteure in Deutschland wurden von Diekmann (2015) durchgeführt.

Abschließend ist festzuhalten, dass Verteilungseffekte der Energiepolitik überwiegend mit Blick auf die Belastungen der Konsumenten diskutiert werden, und zwar in wissenschaftlichen Publikationen meist auf Haushalte bezogen, in einigen Projektberichten auch mit Blick auf Industrie und GHD:

- Veränderung von absoluten Konsumausgaben oder der Konsumentenrente für Energie
- Anteil der Energieausgaben am Einkommen oder Gesamtkonsum nach Einkommensgruppen oder Haushaltstypen
- Zusätzliche Ausgaben für Energie (Umwelt-Umlagen oder Prämien) in Bezug auf Einkommen oder Gesamtkonsum
- Veränderung des Energiekonsums (kWh) nach Einkommensgruppen
- Einfluss auf die Wettbewerbsfähigkeit der Industrie
- Wirkung auf Marktpreise (Strom) und Einzelhandelspreise

Über den Konsumbereich hinausgehende Analysen liegen nur begrenzt vor, wie beispielsweise die Wirkung bei Erzeugern, Technologieentwicklern und Investoren in Effizienzmaßnahmen.

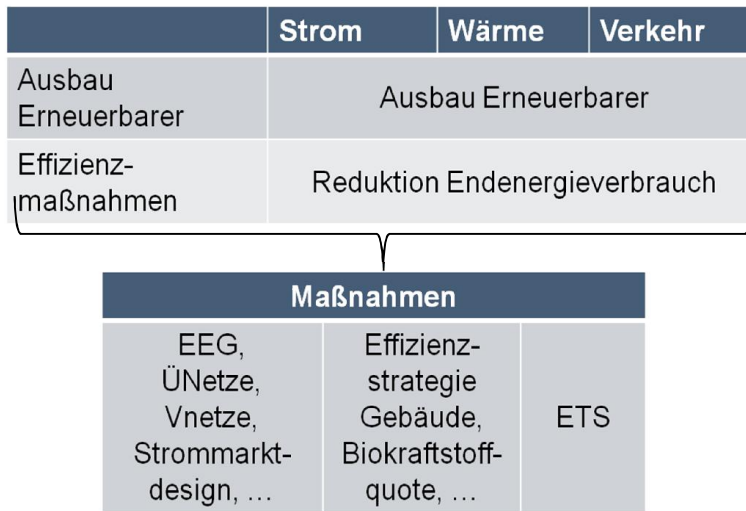
### 3.3 BEGRIFFSABGRENZUNG

In Abgrenzung zu gesamtwirtschaftlichen Effekten zeigen Verteilungswirkungen die beim Verbraucher, Produzenten, Erzeuger und sonstigen Akteuren verbleibenden Mehr- oder Minderbelastungen der Energiewende auf. Die Energiewende stützt sich auf eine umfassende Agenda, die sich über verschiedene Aktivitäten - Ausbau erneuerbarer Energien, ETS, Strommarktdesign, interner EU-Markt, Übertragungs-/Verteilungsnetze, Versorgungsstrategien und Energieeffizienz - erstreckt. Nachfolgend werden insbesondere Verteilungseffekte der Erneuerbaren Politik, des ETS und der Energieeffizienzpolitik näher betrachtet. Die Maßnahmen dieser drei Aktivitätsbereiche liegen quer zu den Verbrauchsbereichen Strom, Wärme und Verkehr (siehe Abbildung 8) und erfordern teils auch Anpassungen bzw. unterstützende Maßnahmen in angrenzenden Bereichen, z.B. bei Netzen und Strommarktdesign.

Verteilungseffekte sind die durch die Energiewende verursachten zusätzlichen Belastungen – häufig in Form von Kosten – und Entlastungen unterschiedlicher Akteure, insbesondere Konsumenten und Produzenten. Diese auf der Mikroebene anfallenden Be-/Entlastungen können nach regionalen, sektoralen oder sozioökonomischen Kriterien differenziert dargestellt werden (vgl. Abbildung 1 und Abbildung 7). Auf der Makroebene sind Wirkungen auf Beschäftigung und Investitionen ebenfalls regional und sektoral differenziert darstellbar. Sie sind aber nicht als Verteilungseffekte im eigentlichen Sinne zu verstehen, da sie weder die zusätzlichen Be- und Entlastungen aufzeigen noch diese für einzelne Akteure darstellen, sondern die Be- und Entlastungen als

Eingangsgröße verwenden, um die auf Makroebene aggregierten Wirkungen über Beschäftigung und Wachstum aufzuzeigen

**Abbildung 8: Energie- und Klimapolitik sowie Aktionsbereiche**



Als Verteilungseffekte werden nachfolgend Veränderungen bei Produzenten und Konsumenten – d.h. personelle Verteilungswirkungen – in den Bereichen Strom, Wärme und Verkehr betrachtet (Tabelle 2).

**Tabelle 2: Personelle Verteilungswirkungen der Energiewende**

	Strom	Wärme	Verkehr
<b>Konsumentenrente<sup>3</sup> ↑↓</b>	Strompreis, Netzentgelte, EEG-Umlage BesAR Kosten Effizienzmaßnahme und Energieeinsparung	Technologiekosten, Betriebs-/Bezugskosten bei Erneuerbaren Investitionen in Effizienzmaßnahme und Energieeinsparung	Kraftstoffkosten (Biokraftstoffquote) Kosten für Emissionsstandards bei Technologie und ggf. Einsparungen (oder Mehrverbrauch)
<b>Produzentenrente<sup>4</sup> ↑↓</b>	Einspeisevergütung Erneuerbare, Marktpreis Strom  (Technologiehersteller: werden nachfolgend nicht weiter betrachtet)	(häufig Wärmeerzeuger = Wärmeverbraucher)	Großhandelspreis

<sup>3</sup> Konsumentenrente misst die Wohlfahrt eines Verbrauchers. Diese ergibt sich aus der Differenz zwischen dem Grenznutzen, d.h. dem Preis, den er bereit wäre zu zahlen, oder Wert, dem er diesem Gut beimisst, und dem Marktgleichgewichtspreis.

<sup>4</sup> Produzentenrente ist die Differenz zwischen den Grenzkosten, d.h. dem Preis, für den er sein Gut verkaufen würde, und dem Marktgleichgewichtspreis.

Das Hauptaugenmerk liegt auf direkten und indirekten Effekten, d.h. auf Wirkungen, die durch höhere Energiepreise oder geringeren Energieverbrauch (Ausgaben- und Einnahmeseite) bedingt sind und weniger auf Wirkungen bei Technologieherstellern. Dagegen können auch Verteilungseffekte auf sektoraler Ebene, d.h. zwischen Wirtschaftssektoren, oder auf regionaler Ebene, wie zwischen Ländern analysiert werden. Letztendlich zeigen die Verteilungseffekte Veränderungen der Belastungen.

### 3.4 VERTEILUNGSEFFEKTE IN FOLGE DER DEUTSCHEN ENERGIEPOLITIK

Nachfolgend sind die Wirkungen der Energiewende mit Blick auf erneuerbare Energien im Strombereich sowie Erneuerbare und Effizienz im Wärme- und Verkehrsbereich aus der Perspektive des Konsumenten und begrenzt aus Sicht der Produzenten (vorgelagerte Bereiche) dargestellt. Diese Darstellung umfasst jedoch nicht alle möglichen Verteilungswirkungen, sondern stellt eine Auswahl dar, die aus Sicht der Konsumenten Verteilungswirkungen beleuchtet, die in verschiedenen Studien aufgeführt wurden.

#### 3.4.1 ERNEUERBARE ENERGIEN IM STROMBEREICH

Während durch den Ausbau erneuerbarer Energien im Technologiebereich Knappheitsrenten insbesondere durch (kurzfristige) starke Nachfragezuwächse einhergehend mit Angebotsengpässen z.B. von Silizium oder Landflächen für PV anfallen, treten Kapitalisierungseffekte (positive wie negative) bei Realwerten auf, die durch Infrastrukturmaßnahmen, Rückbau an Atomkraftwerken oder Zubau an Windparks an Wert gewinnen oder verlieren. Diese beiden Effekte haben sicherlich Einfluss auf die Akzeptanz der Energiewende, aber ausschlaggebender und umfassender sind Preiswirkungen (Veränderung der Konsumenten-/Produzentenrenten) auf Verbraucherseite wie der Industrie und den Haushalten sowie auf Erzeugerseite, da diese einen großen Kreis Betroffener umfassen. Erstere sind in der Literatur (Lehr, Drosdowski 2015, Frondel et al. 2015, Schlör et al. 2013) bereits ausführlich untersucht, zu letzteren liegen einzelne Studien vor.

Am Beispiel Strom wird die Bedeutung der Preiswirkungen für Konsumenten klar ersichtlich (vgl. Abbildung 9). Betreiber erneuerbarer Stromerzeugungsanlagen erhalten eine Einspeisevergütung oder Prämie, die auf die Konsumenten umgelegt wird: Die prognostizierte EEG-Umlagezahlung belief sich in 2014 auf rund 19 Mrd. Euro<sup>5</sup>, wovon die Haushalte rund 8 Mrd. Euro trugen und Teile der Industrie um rund 5,1 Mrd. Euro (4,8 Mrd. Euro in 2015) entlastet wurden<sup>6</sup>. Neben dieser Umlage durch das EEG sowie weiterer geregelter Umlagen für die Energiewende (KWKG, Haftungsumlage, etc.) fallen höhere Kosten für den Netzausbau und Netzstabilität an, die ebenfalls vom Endnachfrager getragen werden. Dagegen sind die Stromerzeugungskosten am Großhandelsmarkt überwiegend durch den Energieträgermix (fossil & erneuerbare) und die

---

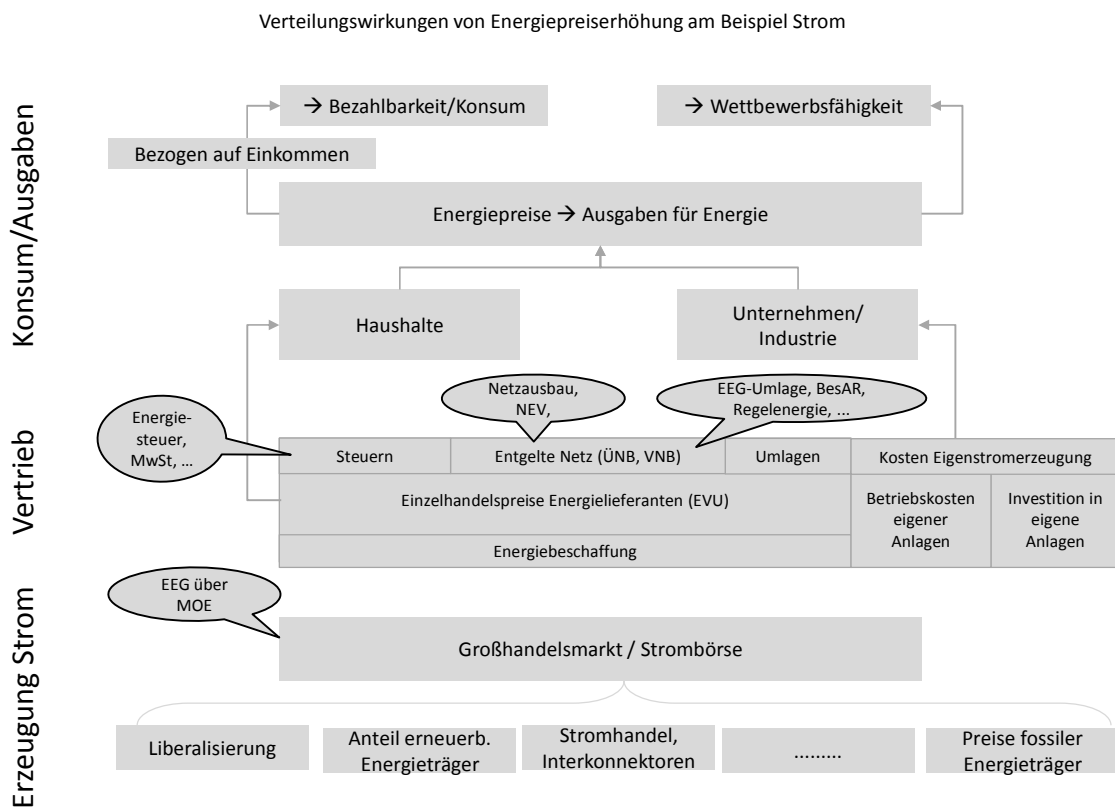
<sup>5</sup> [http://www.netztransparenz.de/de/file/Konzept\\_zur\\_Prognose\\_und\\_Berechnung\\_der\\_EEG-Umlage\\_2014\\_nach\\_AusglMechV.PDF](http://www.netztransparenz.de/de/file/Konzept_zur_Prognose_und_Berechnung_der_EEG-Umlage_2014_nach_AusglMechV.PDF)

<sup>6</sup> <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/H/hintergrundinformationen-zur-besonderen-ausgleichsregelung,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>

(Weltmarkt-) Preise für fossile Energieträger (Erdgas, Kohle) sowie die Zertifikatspreise im EU-ETS getrieben.

Nachfolgend werden Verteilungswirkungen, die durch die Erneuerbaren Politik im Strombereich verursacht werden, systematisch aufgeführt. Ansatzpunkte sind die durch die Politik ausgelösten Impulse auf Ebene des Erzeugungs-, Transport- und Vertriebssystems (Netz), die auf den Marktpreis und somit auf Akteure des Groß- und Einzelhandelsmarkt durchschlagen. Auf Systemebene spielen sich folgende Veränderungen ab (siehe Abbildung 9): Erneuerbare Politiken zielen zunächst auf die Erzeugung und den Großhandelsmarkt von Strom. Durch Veränderung der Erzeugungsanteile der Technologien werden die Großhandelspreise am Strommarkt beeinflusst. Über die Art der Finanzierung der Erneuerbaren Politik werden Wirkungen auf die Verbraucher (nachgelagerter Bereich) weitergegeben, d.h. über die EEG-Umlage erhöht sich der Einzelhandelspreis für Verbraucher. Mögliche Politikinstrumente und ihre Ansatzstellen sind in Sprechblasen auf Erzeugungs- bzw. Vertriebsebene dargestellt. In den der Erzeugung vorgelagerten Bereichen steigen Investitionen in erneuerbare Energien-Technologien an und lösen so eine verstärkte Nachfrage in vor- und nachgelagerten Bereichen der Technologiehersteller aus. Dies führt zu Veränderungen der Produzentenrenten in den betroffenen Industrien, des Faktor-/Ressourceneinsatzes und der Ansprüche an Arbeitskräfte.

**Abbildung 9: Wirkungen erneuerbarer Energien im Strombereich**



Quelle: Fraunhofer-ISI

Im Energiesystem steigen aus technischer Sicht die Anforderungen an die verantwortlichen Netzbetreiber an, da bei Einsatz fluktuierender Stromerzeugungsanlagen größere Mengen an Regel-/Ausgleichsenergie benötigt werden. Die Netze selbst müssen ebenfalls aufgerüstet und teilweise verstärkt werden. Die Kosten werden zu einem Teil an die Stromverbraucher, beispielsweise in Form steigender Netzentgelte, weitergegeben.

Auf Seiten des Großhandels-Strommarkts führt die verstärkte Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien mit geringen Grenzkosten zu fallenden Strompreisen. Für Betreiber konventioneller Stromerzeugungsanlagen sinken dadurch die Produzentenrenten, während sie für erneuerbare Produzenten aufgrund hoher Vergütungen ggf. ansteigen können. Auf der anderen Seite steigt durch fallende Preise die Konsumentenrente für die Stromverbraucher. Der Effekt fallender Großhandelsstrompreise muss nicht zwangsläufig gleichmäßig an die Endnachfrager weitergegeben werden. Großverbraucher mit einem hohen Verhandlungspotential sind potentielle Nutznießer dieser Preissenkung. Verbrauchergruppen, die nicht von der Besonderen Ausgleichsregelung begünstigt werden bzw. nicht vom Merit-Order Effekt profitieren, erfahren eine Senkung der Konsumentenrente unter anderem durch die in den letzten Jahren stark gestiegene EEG-Umlage sowie höhere Netzentgelte. Manche Unternehmen werden hierdurch in ihrer Wettbewerbsfähigkeit eingeschränkt (Grave et al. 2015). Der preissteigernde Effekt wird bei Haushalten durch die Mehrwertsteuer verstärkt, die absolut gesehen mit steigenden Strompreisen steigt. Durch die geringe Preiselastizität der Stromnachfrage steigen so die anteiligen Ausgaben einkommensschwacher Haushalte.

### 3.4.2 EFFIZIENZ IM STROMVERBRAUCH

Wirkungen bei Effizienzmaßnahmen treten auf Ebene des Verbrauchs auf. Dieses sind zum einen Belastungen durch die Investitionen in Effizienzmaßnahmen sowie zum anderen die damit verbundenen Einsparungen, d.h. Entlastungen. Wirkungen auf Ebene der Technologiehersteller sind durch Nachfrageeffekte und Standards ausgelöst und können mit höheren Produktpreisen oder Kosten verbunden sein.

Auf Verbraucherebene setzen sich die Kosten für Energiedienstleistungen aus den Investitionen in die entsprechenden Geräte und deren Betriebskosten (Strom) zusammen. Maßnahmen zur Förderung von effizienten Haushaltsgeräten und Beleuchtung sind teils regulativer Art. Dies bedeutet, dass bestimmte Effizienzstandards von der Politik vorgeschrieben werden, die Industrie diese umsetzt und die Verbraucher entsprechend der Angebots- und Nachfragesituation dafür einen Preis zahlen, der bzgl. des erzielten Nutzens höher ist, als ohne Standards. Gleichzeitig führt die Einführung effizienter Geräte zu Einspareffekten beim Verbraucher, die wiederum auf vor- und nachgelagerte Bereiche ausstrahlen können.

Auf Technologieebene können Preis- oder Kosteneffekten auftreten und somit eine Veränderung von Produzenten- und Konsumentenrenten für Hersteller und Käufer der standardisierten Produkte nach sich ziehen. Neben Produktstandards sind Eco-Labels verpflichtend, die den Verbraucher nicht zu einer Energieeinsparung verpflichten, d.h. zunächst keine Verteilungswirkungen mit sich bringen, aber unter dem Aspekt der

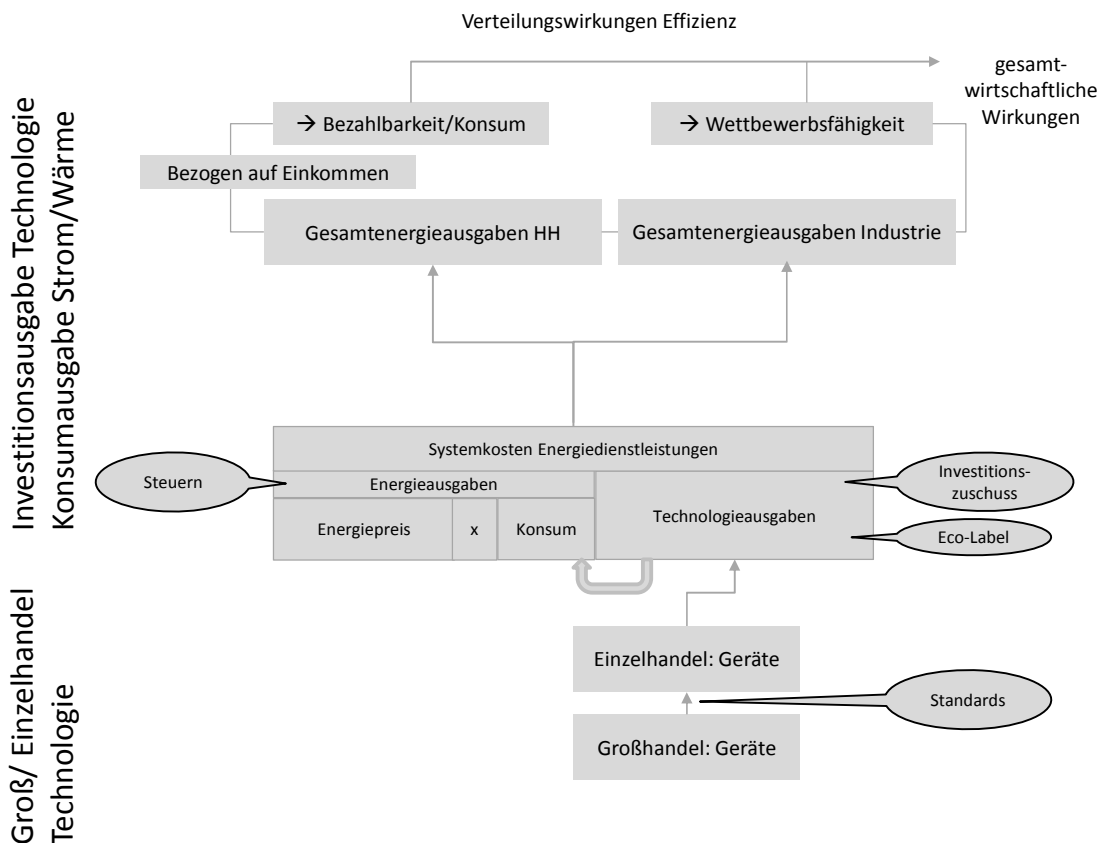


Energieeinsparung manche Haushalte, die nicht in effiziente Geräte investieren können, ggf. von Energieeinsparmaßnahmen ausschließen und diese somit über höhere Energieausgaben belasten.

Die Verteilungswirkungen, d.h. die Be- oder Entlastungen der Energiewende durch Energieeffizienz im Strombereich sind in Abbildung 10 dargestellt. Allerdings konzentriert sich diese Abbildung auf die Darstellung der Politikwirkungen auf den Verbraucher, während Wirkungen bei Technologiebereitsteller ansatzweise angedeutet sind. Mögliche Politikinstrumente und ihre Ansatzstellen sind in Sprechblasen dargestellt.

Mit Blick auf relevante Verteilungseffekte sind im Bereich Stromeffizienz insbesondere die Investitionen in energieeffiziente Beleuchtung sowie die damit einhergehenden Energieeinsparungen von Bedeutung. Die Konsumentenrente bezogen auf den Hauptnutzen (z.B. Beleuchtung) sinkt zunächst, da Produkte mit Standards oder Labels teurer sind als ohne. Die verbesserte Effizienz der Geräte führt aber zu einer Einsparung von Energiekosten, so dass nicht eindeutig ist, ob die Konsumentenrente bezogen auf Energiedienstleistungen steigt oder fällt, wenn Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz ergriffen werden. Da energieeffiziente Produkte teurer verkauft werden als nicht effiziente, könnte die Produzentenrente der Technologiehersteller ansteigen, während die Produzentenrente der Stromversorgungsunternehmen aufgrund der Energieeinsparung (theoretisch) sinkt, da weniger Strom benötigt wird.

**Abbildung 10: Wirkungen von Energieeffizienz im Strombereich**



Quelle: Fraunhofer-ISI

### 3.4.3 ENERGIEEFFIZIENZ UND ERNEUERBARE IM WÄRMEBEREICH

Auch im Wärmebereich sind Ausgabenveränderungen bei Einsatz erneuerbarer Energien ggf. in Verbindung mit Effizienzmaßnahmen zu beobachten. Auf Erzeugungsebene fallen Investitionsausgaben für die Erzeugungstechnologie bzw. Effizienzmaßnahme sowie Betriebskosten an (Abbildung 11). Dies bedeutet, dass auf der einen Seite für den Haushalt die Wärmeherstellungskosten aufgrund hoher Anfangsinvestitionen ansteigen (siehe ISI 2015<sup>7</sup>), auf der anderen Seite können jedoch durch Effizienzmaßnahmen an Gebäuden dauerhafte Einsparungen auftreten. Spezifische methodische Herausforderungen ergeben sich jeweils bei der Abgrenzung „energetisch bedingter Mehrkosten“ von den ohnehin notwendigen Kosten zur Wert- und Funktionserhaltung der Gebäude.

Grundsätzlich kann die Kostendifferenz bei Investition und Betrieb zwischen einer EE-Technologie und einer alternativen konventionellen Wärmeerzeugungstechnologie als Mehrkosten bezeichnet werden. Allerdings kann bei Umsetzung bestimmter Effizienzvorgaben die Nutzungspflicht für erneuerbare Energien im Neubau nach dem EE-WärmeG entfallen. Die Mehrkosten zur Erfüllung der strengeren Effizienzvorgaben sind somit mit den Kosten einer geringeren Effizienzvorgabe (bei Nutzung erneuerbarer Energien) zu vergleichen. Da der Kostenvergleich auf Basis der Gestehungskosten auch den Minder-/Mehrverbrauch berücksichtigt, sind Energieeinsparungen bei einer solchen Berechnungsweise nicht weiter auszuweisen und zu berücksichtigen.

Für den Bestand gelten ebenfalls Nutzungspflichten, sofern umfassende Renovierungen und Heizungserneuerungen stattfinden. Die Verteilungswirkungen sind analog zu Neubauten. Insgesamt lassen sich im Wärmebereich die Effekte von erneuerbaren Energien nur schwer von Effizienzmaßnahmen abgrenzen. Förderprogramme auf Länder- und Bundesebene bspw. das Marktanreizprogramm kompensieren teilweise die höheren Ausgaben und somit die Verteilungseffekte im Wärmebereich.

Weiterhin ist bei der Analyse der Verteilungswirkungen zu beachten, welche Nutzergruppen von Förderprogrammen und langfristigen Energieeinsparungen profitieren können, und welche Verbrauchergruppe welche Kosten trägt: Die Pflicht zur Nutzung erneuerbarer Energien oder Verbesserung der Energieeffizienz trägt immer der Gebäudeeigentümer, der aber nicht der Systemnutzer sein muss. Insofern kann man im Haushaltsbereich drei Gruppen unterscheiden: Haus- bzw. Wohnungseigentümer, die ihr Eigentum selbst nutzen (Systemnutzer und Eigentümer), Hausbesitzer, die ihr Eigentum vermieten, und Mieter (Systemnutzer).

Die verpflichteten Eigentümer werden versuchen ihre Gesamtkosten zu minimieren, wenn sie bei selbst genutzten Immobilien die gesamten Systemkosten tragen und von Fördermaßnahmen profitieren können. Die Mehr- oder Minderkosten der Wärmeerzeugung ergeben sich somit unter Berücksichtigung von Investitionskosten, Förderung und Betriebskosten.

Vermieter wählen die geringstmögliche Kapitalbindung unter Ausnutzung der Förderprogramme, da die Betriebskosten in der Regel durch den Mieter getragen werden. Zu

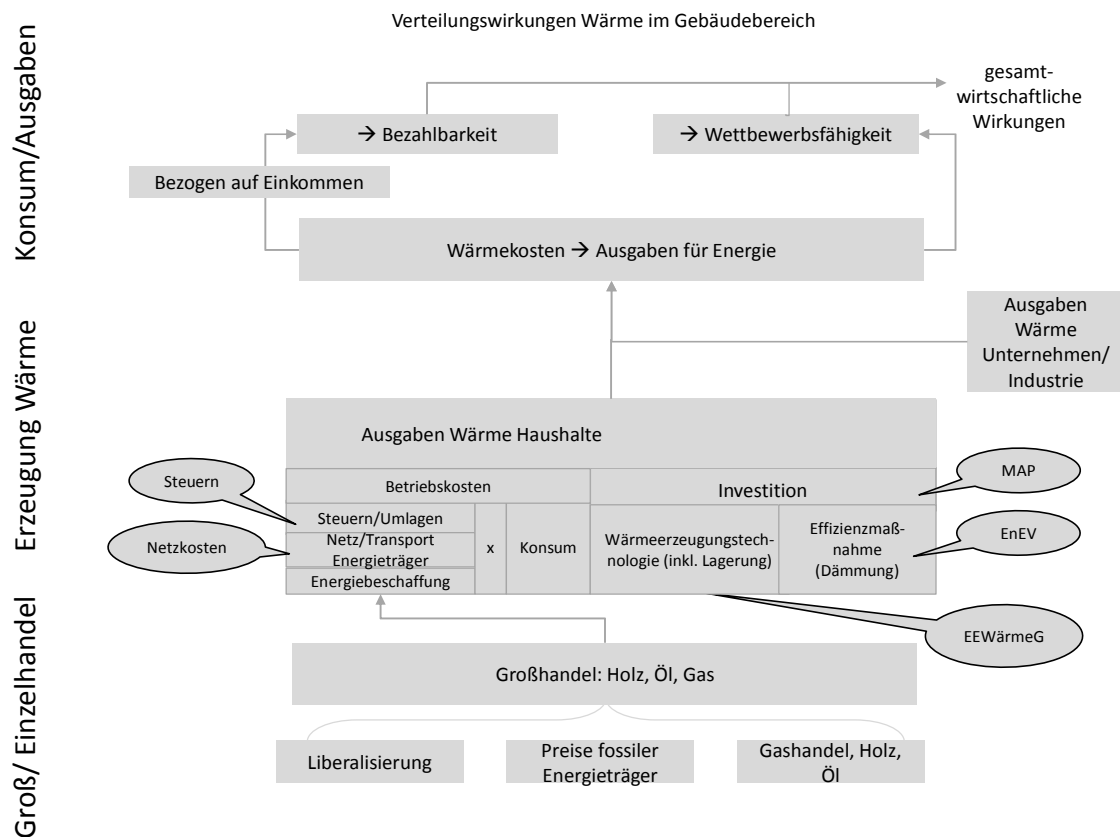
---

<sup>7</sup> [http://www.impres-projekt.de/impres-wAssets/docs/ImpRES\\_Waermemarkt\\_Verteilungseffekte\\_v30.pdf](http://www.impres-projekt.de/impres-wAssets/docs/ImpRES_Waermemarkt_Verteilungseffekte_v30.pdf)

den Anlagen, die Betriebsmittel benötigen, gehören Anlagen, die Biomasse als Brennstoff nutzen, Wärmepumpen, sowie die meist als Ersatzmaßnahme mögliche Nutzung von Fernwärme aus Kraft-Wärme Kopplung. Energieeffizienzmaßnahmen, die die Gebäudehülle oder Effizienz der Heizungsanlage betreffen, und erneuerbare Energien Anlagen, die ohne Betriebsmittel Wärme bereitstellen, erfordern eine höhere Kapitalbindung und führen zu einer Erhöhung des Immobilienwertes, wovon wiederum Hausbesitzer profitieren. Dies bedeutet, dass den Mehrkosten für Investitionen (abzgl. Förderung) Kapitalisierungseffekte bei Gebäuden gegenüber stehen.

Mieter hingegen profitieren bei Effizienzmaßnahmen von Energieeinsparungen, bei Nutzung erneuerbarer Energien können ggf. Mehrausgaben aufgrund gesteigerter Betriebsmittelkosten anfallen.

**Abbildung 11: Wirkung erneuerbarer Energien und Effizienzmaßnahmen im Wärmebereich**



Quelle: Fraunhofer-ISI

In den der Wärmerzeugung vorgelagerten Bereichen Brennstoffbereitstellung und Technologieherstellung können Verschiebungen zwischen konventionellen/fossil basierten Anbietern und Technologieanbietern (Effizienz, erneuerbare Energien) auftreten. Beispielsweise verschiebt sich ein Teil der Produzentenrente von Anbietern für fossile Brennstoffe zu Anbietern von Biomasse bzw. zu Anbietern von effizient/erneuerbaren Wärmetechnologien. Bei stark steigender Nachfrage z.B. nach Biomasse können sogenannte Knappheitsrenten auftreten. Sonderfälle sind die Wärme-

versorgung durch Fernwärme und durch (strombetriebene) Wärmepumpen. Hier verlagert sich die Produzentenrente innerhalb der „klassischen“ Energiewirtschaft.

Die Verteilungseffekte bzw. Ansatzpunkte der Politik sind in Abbildung 11 dargestellt, wobei die aufgezeigten Ansatzstellen und Ebenen der Politikmaßnahmen sich hier auf die Konsumenten (Haushalte) beschränken. Wirkungen bei Brennstoff- oder Technologiebereitsteller sind nicht aufgeführt und Wirkungen bei Unternehmen (als Energieverbraucher) sind ansatzweise angedeutet.

#### 3.4.4 VERTEILUNGSEFFEKTE IM VERKEHRSEKTOR

Im Verkehrsbereich sind durch Einführung der Biokraftstoffquote ebenfalls Kosteneffekte feststellbar, denn durch den geringeren spezifischen Energiegehalt der Biokraftstoffe sind die Kosten je Energieeinheit für den Endverbraucher angestiegen (Sievers et al. 2014) bzw. die Energienachfrage gemessen in Volumen angestiegen. Dadurch erhöht sich die Produzentenrente der Händler, während die Konsumausgaben für Verbraucher ansteigen. Der Kostenanstieg ergibt sich aus den höheren Kosten für die Biokraftstoffe, die beigemischt werden. Weiterhin steigt die entrichtete Mehrwertsteuer absolut gesehen an. Da die Energiesteuern massebezogen angesetzt werden und Biokraftstoffe voll besteuert werden, steigen die Ausgaben für Energiesteuern ebenfalls an.

Die zweite Komponente der „Systemkosten Verkehr“ wird durch die Investitionen in private PKW repräsentiert. Höhere Anforderungen an Emissionen erfordern eine ausgefeilte Technologie, die letztendlich zu höheren Preisen für PKW führt. Auch ein Umstieg auf E-Mobilität führt zunächst zu höheren Investitionsausgaben für den Verbraucher, die ggf. durch staatliche Prämien reduziert werden.

Für Haushalte insbesondere in Städten besteht teilweise die Möglichkeit, an Stelle des privaten PKW öffentliche Verkehrsmittel zu nutzen und so den Investitionen sowie den gestiegenen Kraftstoffkosten zumindest teilweise zu entgehen. ÖPNV-Kosten werden ebenfalls durch Kraftstoffkosten beeinflusst, ebenso wie Kosten für Car-Sharing. In Haushalten, die den erhöhten Kraftstoffkosten nicht durch Umstieg auf alternative Verkehrsmittel aus dem Weg gehen können, steigen die anteiligen Ausgaben am Haushaltseinkommen für Mobilität.

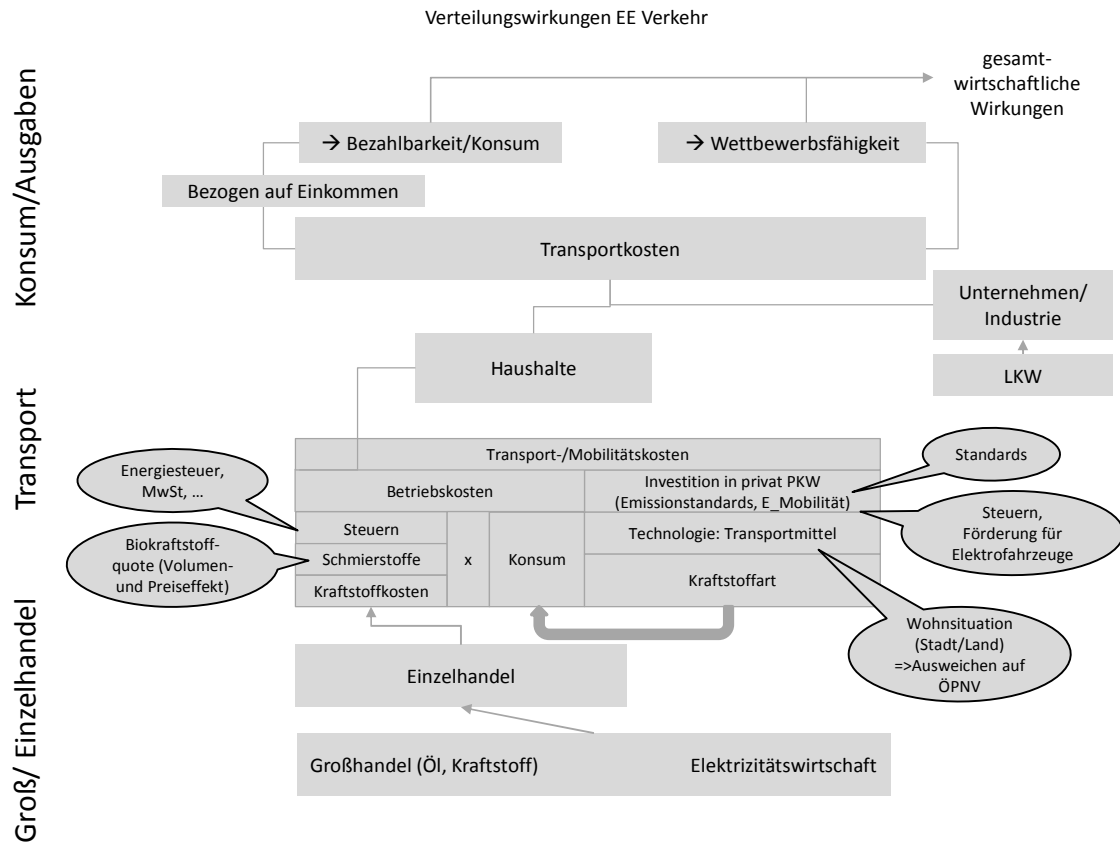
Für Unternehmen erhöhen sich die Transportkosten durch höhere Kraftstoffpreise, und bei Umstieg auf andere Transportmittel können ggf. dort kurzfristig Knappheitsrenten für Anbieter anfallen.

Auf Seite der Kraftstoffbereit- bzw. -hersteller verschiebt sich (theoretisch) ein Teil der Produzentenrente der Mineralölproduzenten zu Biokraftstoffherstellern und Landwirten. Bei zunehmender E-Mobilität ist stattdessen eine Verschiebung auf die Elektrizitätswirtschaft zu erwarten. Soweit Elektroautos und kraftstoffbetriebene PKW innerhalb der gleichen Industrie hergestellt werden, sind bei einem Wechsel auf E-Mobilität keine unmittelbaren Veränderungen zwischen Industrien zu erwarten.

Abbildung 12 fasst mögliche Verteilungswirkungen der Energiepolitik im Verkehrsbereich aus Sicht des Verbrauchers zusammen. Hierbei wird insbesondere die Ebene der Transportdienstleistung, d.h. Betriebskosten sowie Investitionsausgaben bzw. bei öf-

fentlichen Verkehrsmitteln die Ausgaben für Dienstleistungen dargestellt. Je nach Politikausrichtung (Steuern, Biokraftstoffquote, Förderung von Elektroautos, öffentliche Verkehrsmittel) zahlen Haushalte entsprechende Transportkosten. Wirkungen auf Seiten der Kraftstoff- und Technologiehersteller sind nicht abgebildet.

Abbildung 12: Wirkung der erneuerbarer Energien beim Verkehr



Quelle: Fraunhofer-ISI

### 3.5 ZUSAMMENFASSUNG: VERTEILUNGSEFFEKTE IN DER DEUTSCHEN ENERGIEPOLITIK

Abbildung 13 zeigt zusammenfassend die verschiedenen Verteilungseffekte auf, die jeweils Mehr- oder Minderausgaben auf Verbraucherseite und Mehr- oder Mindereinnahmen auf Produzentenseite umfassen und durch verschiedene Politikmaßnahmen im Rahmen der Energiewende ausgelöst werden. Welche Verbraucher wie genau durch Maßnahmen der Energiewende be- oder entlastet werden, hängt vom Nutzungsschema und den Gestaltungsmöglichkeiten ab. Anzumerken ist, dass zusätzliche Belastungen der Haushalte und Industrie sich aufgrund der monetären Zahlungsströme gut erfassen und zuteilen lassen, während Nutzenwirkungen, die zudem generations- und länderübergreifend anfallen können, schwer quantifizierbar und zuordenbar sind. Insgesamt sollte jedoch berücksichtigt werden, dass neben den vielen Belastungen, die Gesellschaft doch einige Aspekte wie höhere Sicherheit, geringere Emissio-

nen und zukünftig günstige Energieversorgung als deutliche Nutzenwirkungen auffasst, welche die Belastungen für manche mehr für andere weniger kompensieren.

### **Arten von Verteilungseffekten**

Mit Blick auf Literatur sind Verteilungseffekte als Veränderungen von Renten (Konsumenten und Produzenten), Knappheits-, Kapitalisierungs-, Nutzen- und Transitionseffekten zu verstehen. Sie zeigen somit immer Mehr- oder Minderkosten aus Sicht von Individuen bzw. Gruppen an, die durch die Energiewende ausgelöst werden. Renten treten direkt bei Konsumenten oder Produzenten (Anbieter) von Strom, Wärme oder Transportdienstleistungen auf, während die anderen Effekte in vor/nachgelagerten Bereichen, z.B. bei Technologie-/Produktherstellern, (Ressourcen)Eigentümern oder bei Individuen einer Gesellschaft (Nutzen durch Emissionsminderung) auftreten können. Neben personellen Verteilungseffekten lassen sich auch Verteilungswirkungen zwischen Sektoren oder Regionen aufzeigen. Intertemporale Wirkungen spielen insbesondere bei Emissionsvermeidung eine Rolle, sind in der Diskussion hier jedoch ausgeklammert.

### **Analyseansatz für Maßnahmen der Energiewende**

Die Maßnahmen der Energiewende setzen direkt auf der Einzelhandels- oder Großhandelsebene an. Umlagen, Steuern/Subventionen oder Standards adressieren Einzelhandelsmärkte (Konsumenten) und führen dort in der Regel zu höheren Preisen, Investitionsausgaben oder veränderten Betriebsausgaben d.h. zur Veränderung der Konsumentenrenten. Auf Seiten des Großhandelmarktes (bei Strom und Biokraftstoffen) wirken Produktstandards, Verpflichtungen und weitere Produktionsanreize auf die Produktqualität und -zusammensetzung (Erzeugungsmix) und erhöhen oder vermindern ggf. die Produzentenrente. In den dem Großhandelsbereich vorgelagerten Bereichen können Knappheitseffekte auftreten, während Kapitalisierungseffekte eher bei Investitionen, d.h. Konsumenten zu beobachten sind. Transitionseffekte der Energiewende hingegen werden in diesem Papier nicht betrachtet, da diese vielfältig und schwer quantifizierbar sind und indirekt über die Abschätzung der Wirkungen auf Beschäftigung erfasst werden. Ebenfalls unberücksichtigt bleiben in dieser Diskussion Nutzeneffekte, da diese sehr individuell d.h. subjektiv sind. Beispielsweise kann die Zunahme von E-Autos im Verkehrsbereich für manche Individuen zu einer extremen Nutzenerhöhung beitragen für andere hingegen ist diese vernachlässigbar.

### **Ansätze zur Abschätzung von Verteilungswirkungen**

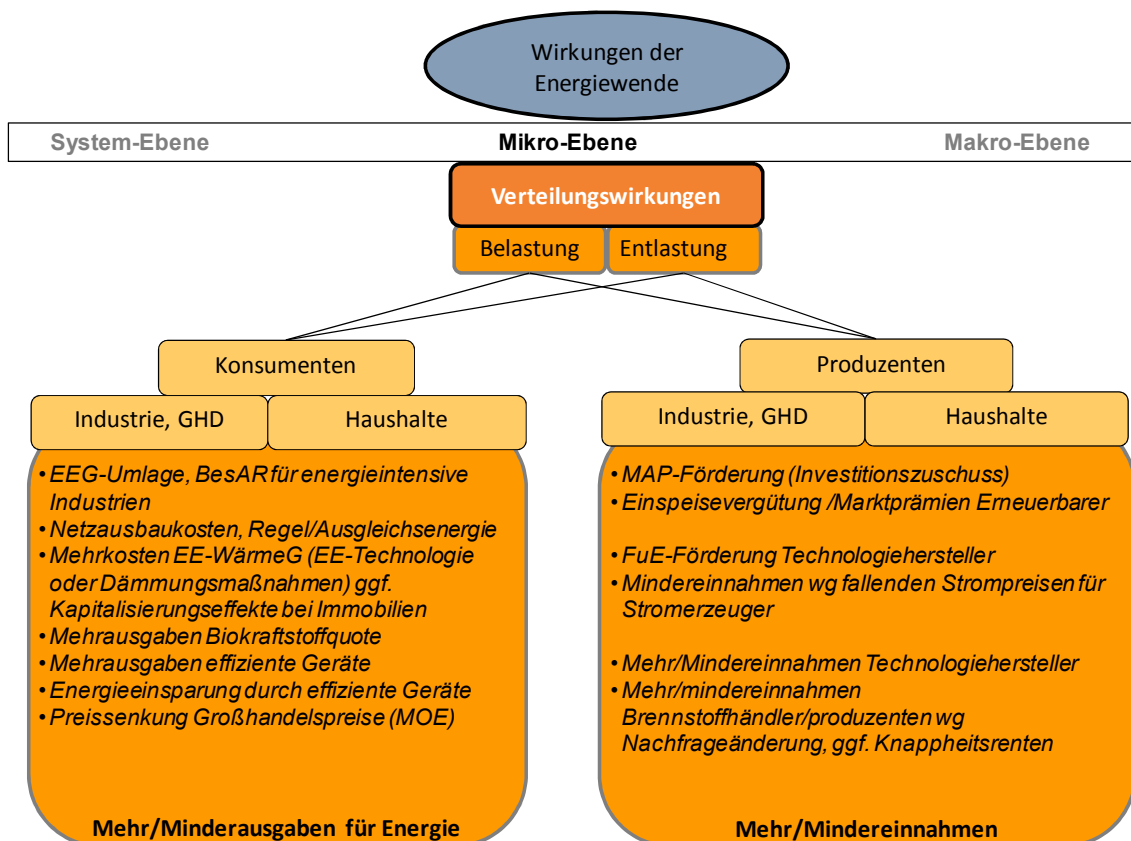
Die Vielfalt der Verteilungswirkungen bedingt eine Vielfalt an Ansätzen zur Abschätzung dieser Wirkungen. Grundsätzlich ist zu unterscheiden zwischen absoluten und relativen Wirkungen. Absolute Mehr-/Minderausgaben sind per se begrenzt aussagekräftig, wenn sie nicht im Zusammenhang dargestellt werden. Aber neben dem geringeren Datenbedarf ist für absolute Ansätze auch keine Referenzbasis erforderlich, die letztendlich auch von Werturteilen abhängen kann, bzw. entsprechende Diskussionen mit sich bringt. Für Effekte auf der Konsumentenseite dienen häufig Gesamtkonsumausgaben oder das verfügbare Einkommen als Bezugsmaß. Abschätzungsverfahren beruhen meist auf statistischen Analysen mit empirischen Daten. Die Analysen

sind überwiegend ex-post Betrachtungen. Modellgestützte Ansätze finden dann Anwendung, wenn zukünftige Entwicklungen und Preiseffekte abgeleitet werden müssen.

Generell ist festzuhalten, dass sehr unterschiedliche Verteilungseffekte auftreten, in diesem Papier aber hauptsächlich auf Konsumenten- und Produzentenrente im Erzeugungsbereich abgestellt wird. Effekte können auf unterschiedlichen Ebenen wie z.B. bei Endverbrauchern und der Zulieferebene auftreten, und der Grad der Auswirkung (Impact) der Verteilungseffekte vom Nutzungsverhalten, Lebensbedingungen und Einkommenssituation der Konsumenten abhängen. Sollten gerade letztere Aspekte bei der Erfassung von Verteilungsaspekten Berücksichtigung finden, sind detaillierte Erhebungen zur Lebenssituation und Präferenzen der Haushalte (Befragung) sowie Abschätzungen zu den Nutzwerten (z.B. Conjoint Analysen) verschiedener Produkte erforderlich.

Eine Verteilung nach dem Pareto-Kriterium ist aufgrund der individuellen Bewertung der verschiedenen Nutzenwirkungen durch die Haushalte schwer umsetzbar. Ein erster Schritt wäre die Identifikation von deutlichen Missverhältnissen, d.h. von Situationen oder Betroffenen, in denen keine „win-win“ sondern eine deutliche „win-lose“ Situation entsteht, sowie von Vorschlägen zur Kompensation der Belastungen.

**Abbildung 13: Verteilungseffekte der Energiewende in Deutschland**



Quelle: ISI et al. (2010), erweitert

## 4 FAZIT

Die Betrachtung der Effekte der Energiewende steht im Spannungsfeld der wirtschaftlichen Bedeutung der Energie für die Gesamtwirtschaft und deren Wirkung auf einzelne Akteursgruppen. Betrachtet werden die durch die Energiewende ausgelösten Änderungen auf beiden Ebenen, wobei Verteilungswirkungen und Wirkungen für die Gesamtwirtschaft in Zusammenhang gebracht werden sollten.

Die Bedeutung von Energie und der Energiewirtschaft für die Gesamtwirtschaft in Form von Bruttoeffekten ist meist größer als die Differenzen, die unter Berücksichtigung vieler verschiedener indirekter und induzierter Effekte als Nettoeffekte der Energiewende in komplexen Modellanalysen erfasst werden. Zur Bestimmung von Bruttoeffekten ist eine Zurechnung der indirekten Effekte entlang der Produktionsketten notwendig.

Nettoeffekte stellen die gesamtwirtschaftliche Bilanzierung aller Effekte dar, die die Energiewende oder einzelne Maßnahmen mit sich bringen. National und international hat sich trotz Unterschieden im Detail eine weitgehend einheitliche Methodik zur Erfassung dieser Nettoeffekte etabliert, die allerdings für die erneuerbaren Energien im Strombereich anders aussieht als für andere Teile der Energiewende, insbesondere die Energieeffizienz. Der Ausbau der erneuerbaren Energien im Strombereich hat großen Einfluss auf den Strommarkt. Die damit verbundenen Effekte auf Systemebene müssen für eine vollständige Analyse mit betrachtet werden. Modellierungen des Strommarkts und der Gesamtwirtschaft werden hierzu zusammengeführt. Dagegen bleibt die Energiewende bei Energieeffizienzmaßnahmen mit ihren Be- und Entlastungen weitgehend auf einzelne Akteure beschränkt.

Trotz aller Bemühungen zur umfassenden Abbildung der gesamtwirtschaftlichen Effekte verbleiben in den Modellanalysen eine Reihe schwer quantifizierbarer Wirkungszusammenhänge. Zu ihrer Erfassung sollten Sensitivitätsrechnungen, Vergleiche mit anderen Studien und qualitative Einordnungen die Darstellung der Nettoeffekte ergänzen.

Verteilungseffekte lassen sich für viele unterschiedliche Akteure, Märkte und Wirkungen (Konsumentenrente, Knappheitseffekte etc.) darstellen. Die Spanne dieser Be- und Entlastungen ist größer als die der gesamtwirtschaftlichen Effekte. Die Differenzierung kann räumlich, zeitlich, nach einzelnen Verbrauchern und Verbrauchergruppen, nach Unternehmen und Industrien oder Kombinationen dieser Kategorien für die Bereiche Strom, Wärme und Verkehr erfolgen. Die Vielfalt der möglichen Verteilungswirkungen bedingt eine Vielfalt an Methoden zur Erfassung der jeweils spezifischen Verteilungswirkungen. Im Gegensatz zu den gesamtwirtschaftlichen Effekten ist eine übergreifende oder zusammenfassende Gesamtbetrachtung von Verteilungseffekten nicht möglich.

Bei der Bewertung der gesamtwirtschaftlichen Wirkungen und Verteilungseffekte ist immer zu berücksichtigen, dass durch die Energiewende ausgelöste Änderungen nicht für sich allein stehen, sondern auf bereits bestehende gesamtwirtschaftliche Zusammenhänge, Wettbewerbsbedingungen und Verteilungsunterschiede stoßen und diese verstärken können. Gesamtwirtschaftliche Effekte und Verteilungseffekte sollten immer



auch gemeinsam betrachtet werden. Wenn die Energiewende gesamtwirtschaftliche Vorteile bringt, können damit negative Verteilungswirkungen ausgeglichen oder zumindest reduziert werden, um die Akzeptanz der Energiewende zu erhöhen. Werden Verteilungswirkungen entsprechend adressiert, können diese zu vermehrt positiven gesamtwirtschaftlichen Wirkungen führen.

Außerdem gibt es weitere Vorteile der Energiewende wie eine größere Vielfalt an Erzeugungstechnologien und Energieträgern, geringere Abhängigkeit von fossilen Energieträgern und deren Preis(schwankung)en, Reduzierung der Importe fossiler Energieträger und den Rückgang von regional und lokal wirksamen Luftschadstoffen durch verminderte Verbrennung fossiler Energieträger, die über die volkswirtschaftliche Rechensysteme und diskutierten Verteilungswirkungen hinausgehen. Sie stellen weitgehend öffentliche Güter dar, von deren Nutzung in Deutschland niemand ausgeschlossen werden kann. Dieser Aspekt der Gleichverteilung ist bei der Debatte um die Folgen der Energiewende zu berücksichtigen.

## 5 LITERATURVERZEICHNIS

- Aasness, J. & Larsen, E. R. (2003): Distributional effects of environmental taxes on transportation. *Journal of Consumer Policy* 26 (3), S. 279–300. DOI: 10.1023/A:1025651404957.
- Albrecht, J., Gronwald, M., Karl, H.-D., Pfeiffer, J., Röpke, L. & Zimmer, M. (2011): Bedeutung der Energiewirtschaft für die Volkswirtschaft. Ifo-Forschungsbericht 50. Studie im Auftrag der RWE AG, unter Mitarbeit von J. Lippelt, München.
- BMF (2016): Monatsbericht des BMF Januar 2016.
- BMWi (Hrsg.) (2012): Wirtschaftsfaktor Tourismus Deutschland. Kennzahlen einer umsatzstarken Querschnittsbranche. Berlin.
- BMWi (2014): Die Energie der Zukunft. Erster Fortschrittsbericht zur Energiewende. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Berlin.
- BMWi (2015): Die Energie der Zukunft. Zweiter Erfahrungsbericht zum Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz. Die Entwicklung des Wärme- und Kältemarktes in Deutschland. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Berlin.
- Böhmer, M., Kirchner, A., Hobohm, J., Weiß, J. & Piegsa, A. (2015): Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte der Energiewirtschaft, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi), März 2015.
- Breitschopf, B., Bürer, S. & Lürich, L. (2014): Verteilungswirkungen der Marktförderung des EEG in den Bereichen Photovoltaik und Windenergie(onshore). Projekt gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. [www.impres-projekt.de](http://www.impres-projekt.de) (Projektpaper 06/2014). <http://www.impres-projekt.de/impres-en/content/arbeitspakete/ap2/marktfoerderung-strom.php>, zuletzt geprüft am 18.11.2015.
- Breitschopf, B. & Held, A. (2014): Guidelines for assessing costs and benefits of RET deployment, in the framework of DiaCore IEE Project, April 2014. [http://www.diacore.eu/images/files2/D4.1\\_FhISI\\_Cost\\_Benefit\\_Approach\\_DIACORE.pdf](http://www.diacore.eu/images/files2/D4.1_FhISI_Cost_Benefit_Approach_DIACORE.pdf)
- Breitschopf, B., Nathani, C & Resch, G. (2013): Employment Impact Assessment Studies - Is There a Best Approach to Assess Employment Impacts of RET Deployment? *Renewable Energy Law and Policy Review* 2013 (2), S. 93-104.
- Buechs, M., Bardsley, N. & Duwe, S. (2011): Who bears the brunt? Distributional effects of climate change mitigation policies. *Critical Social Policy* 31 (2), S. 285–307. DOI: 10.1177/0261018310396036.
- Bureau, B. (2011): Distributional effects of a carbon tax on car fuels in France. *Energy Economics* 33 (1), S. 121–130. DOI: 10.1016/j.eneco.2010.07.011.

- Burgos-Payán, M., Roldán-Fernández, J. M., Trigo-García, Á. L., Bermúdez-Ríos, J. M. & Riquelme-Santos, J. M. (2013): Costs and benefits of the renewable production of electricity in Spain. *Energy Policy* 56, S. 259–270. DOI: 10.1016/j.enpol.2012.12.047.
- Cambridge Econometrics, E3M-Lab, Warwick Institute for Employment Research IER & ICF International (2015): Assessing the Employment and Social Impact of Energy Efficiency, Final report Volume 1: Main report, Cambridge.  
[https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/CE\\_EE\\_Jobs\\_main%2018Nov2015.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/CE_EE_Jobs_main%2018Nov2015.pdf)
- Château, J., Magné, B. & Cozzi, L. (2014): Economic Implications of the IEA Efficient World Scenario, OECD Environment Working Papers, No. 64, OECD Publishing.  
<http://dx.doi.org/10.1787/5jz2qcn29lbw-en>.
- Cludius, J., Forrest, S. & MacGill, I. (2014a): Distributional effects of the Australian Renewable Energy Target (RET) through wholesale and retail electricity price impacts. *Energy Policy* 71, S. 40–51. DOI: 10.1016/j.enpol.2014.04.008.
- Cludius, J., Hermann, H., Matthes, F. C. & Graichen, V. (2014b): The merit order effect of wind and photovoltaic electricity generation in Germany 2008–2016: Estimation and distributional implications. *Energy Economics* 44, S. 302–313. DOI: 10.1016/j.eneco.2014.04.020.
- Cohen, M. A., Fullerton, D. & Topel, R. (Hg.) (2013): *Distributional Aspects of Energy and Climate Policies*. Northampton, MA, Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- Deutsch, M. (1975): Equity, Equality, and Need: What Determines Which Value Will Be Used as the Basis of Distributive Justice? *Journal of Social Issues* 31 (3), S. 1540–4560. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1540-4560.1975.tb01000.x>
- DG Energy, DG Climate Action & DG Mobility and Transport (2014): EU Energy, transport and GHG emissions trends to 2050. Reference scenario 2013, Luxembourg.  
[https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/trends\\_to\\_2050\\_update\\_2013.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/trends_to_2050_update_2013.pdf).
- Diekmann, J. (2015): Verteilungswirkungen der Forschungsförderung für erneuerbare Energien. Projekt gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Projektpaper 05/2015. [http://www.impres-projekt.de/impres-wAssets/docs/ImpRES-Bericht-FuE-Foerderung-DIW-Mai-2015\\_final.pdf](http://www.impres-projekt.de/impres-wAssets/docs/ImpRES-Bericht-FuE-Foerderung-DIW-Mai-2015_final.pdf), zuletzt geprüft am 17.02.2016.
- EEFA (2011): Bedeutung der rheinischen Braunkohle – sektorale und regionale Beschäftigungs- und Produktionseffekte. Untersuchung im Auftrag der RWE Power AG, Münster.
- Experten-Kommission zum Monitoring-Prozess „Energie der Zukunft“ (2015): Stellungnahme zum vierten Monitoring-Bericht der Bundesregierung für das Berichtsjahr 2014. Berlin, Münster, Stuttgart.

- Experten-Kommission zum Monitoring-Prozess „Energie der Zukunft“ (2014): Stellungnahme zum ersten Fortschrittsbericht der Bundesregierung für das Berichtsjahr 2013. Berlin, Münster, Stuttgart.
- Farrell, N. & Lyons, S. (2015): Who should pay for renewable energy? Comparing the household impacts of different policy mechanisms in Ireland. *Energy Research & Social Science* 7, S. 31–42. DOI: 10.1016/j.erss.2015.02.006.
- Forum für Energiemodelle und Energiewirtschaftliche Systemanalysen in Deutschland (Hrsg.) (1999): *Energiemodelle zum Klimaschutz in Deutschland*, Heidelberg.
- Frondel, M., Sommer, S. & Vance, C. (2015): The burden of Germany’s energy transition: An empirical analysis of distributional effects. *Economic Analysis and Policy* 45, S. 89–99. DOI: 10.1016/j.eap.2015.01.004.
- Fullerton, D. (2009): Distributional Effects of Environmental and Energy Policy: An Introduction. [http://works.bepress.com/don\\_fullerton/36/](http://works.bepress.com/don_fullerton/36/), zuletzt geprüft am 18.11.2015.
- Fullerton, D. (2011): Six Distributional Effects of Environmental Policy. *Risk Analysis* 31 (6), S. 923–929. DOI: 10.1111/j.1539-6924.2011.01628.x.
- Grave, K., Breitschopf, B., Lutz, C. et al. (2015): Electricity Costs of Energy Intensive Industries - an international comparison. Hg. v. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. [http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAs-sets/docs/x/de/projekte/Strompreiswirkung\\_330639/Industriestrompreise\\_englisch.pdf](http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAs-sets/docs/x/de/projekte/Strompreiswirkung_330639/Industriestrompreise_englisch.pdf), zuletzt geprüft am 17.02.2016.
- GWS, Prognos & EWI (2014): *Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende*. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Osnabrück, Köln, Basel.
- Hamilton, D. (2012): Oil Prices, Exhaustible Resources, and Economic Growth. Prepared for Handbook of Energy and Climate Change. [http://econweb.ucsd.edu/~jhamilto/handbook\\_climate.pdf](http://econweb.ucsd.edu/~jhamilto/handbook_climate.pdf)
- Holub, H.-W. & Schnabel H. (1994): *Input-Output-Rechnung: Input-Output-Analyse*, München, Wien.
- IEA (2012): *World Energy Outlook 2012*, Paris.
- IEA (2013): *World Energy Outlook 2013*, Paris.
- IEA (2014a): *Capturing the Multiple Benefits of Energy Efficiency*. Paris.
- IEA (2014b): *World Energy Outlook 2014*, Paris.
- IEA-RETD (2011): Review of approaches for employment impact assessment of renewable energy deployment. By Breitschopf, B., Nathani, C., Resch, G. in “Economic and Industrial Development” EID – EMPLOY Final report – Task 1. Study commissioned by IEA-RETD, November 2011.
- IEA-RETD (2012): “Methodological guidelines for estimating the employment impacts of renewable energy use in electricity generation”, by Breitschopf, B. Nathani, C.,

Resch, G.. Final report of IEA-RETD in the framework of “Economic and Industrial Development” – EID – EMPLOY” Project, November 2012.

IMF (2015): Global Implications of Lower Oil Prices. Prepared by Husain, A., Arezki, R., Breuer, P. & Haksar, V., July 2015.

<https://www.imf.org/external/pubs/ft/sdn/2015/sdn1515.pdf>

IMF (2016): After Paris: Fiscal, Macroeconomic, and Financial Implications of Climate Change. Prepared by Farid, M., Keen, M., Papaioannou, M., Parry, I., Pattillo, C., Ter-Martirosyan, A. & other IMF Staff, January 2016.

<https://www.imf.org/external/pubs/ft/sdn/2016/sdn1601.pdf>.

IRENA (2016): Renewable Energy Benefits. Measuring the Economics. Abu Dhabi.

IRENA & CEM (2014): The socio-economic benefits of large-scale solar and wind: an econValue report. Authors: Anna-Kathrin Wallasch and Silke Lüers (Deutsche Wind-Guard), Georgeta Vidican (DIE), Barbara Breitschopf (Fraunhofer ISI), Anita Richter, Jan-Christoph Kuntze and Jessica Noll (GIZ), Ulrike Lehr (GWS), Sofia Martinez (IDAE), Rabia Ferroukhi, Alvaro Lopez-Peña, Diala Hawila, Divyam Nagpal and Arslan Khalid (IRENA), Matthias Deutsch and Eva-Maria Klotz (Prognos), Robert Gross, Arturo Castillo and Rebecca Mawhood (UKERC) and Kristian Petrick (Individual Consultant). Abu Dhabi.

ISI, GWS, IZES & DIW (2010): Einzel- und gesamtwirtschaftliche Analyse der Kosten- und Nutzenwirkungen des Ausbaus Erneuerbarer Energien im deutschen Strom- und Wärmemarkt. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Unter Mitarbeit von Barbara Breitschopf, Marian Klobasa, Frank Sensfuß, Jan Steinbach, Mario Ragwitz, Ulrike Lehr, Juri Horst, Uwe Leprich, Eva Hauser, Jochen Diekmann, Frauke Braun, Manfred Horn. Hg. v. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

[http://www.erneuerbare-energien.de/unser-service/mediathek/downloads/detailansicht/artikel/kosten-und-nutzenwirkungen-des-ausbaus-erneuerbarer-energien-im-deutschen-strom-und-waerme-markt/?tx\\_ttnews%5BbackPid%5D=98&cHash=98559064b8b7e8f69464b751ab551a87](http://www.erneuerbare-energien.de/unser-service/mediathek/downloads/detailansicht/artikel/kosten-und-nutzenwirkungen-des-ausbaus-erneuerbarer-energien-im-deutschen-strom-und-waerme-markt/?tx_ttnews%5BbackPid%5D=98&cHash=98559064b8b7e8f69464b751ab551a87).

Fraunhofer ISI, Ecofys, Energy Economics Group, Rütter + Partner Socioeconomic Research & SEURECO (2014): Employment and growth effects of sustainable energies in the European Union, Karlsruhe.

ISI, GWS, IZES & DIW (2014): Monitoring der Kosten- und Nutzenwirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien im Jahr 2013. Studie gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. [http://www.impres-projekt.de/impres-wAssets/docs/2014\\_09\\_10\\_Monitoringbericht\\_FINAL\\_.pdf](http://www.impres-projekt.de/impres-wAssets/docs/2014_09_10_Monitoringbericht_FINAL_.pdf).

ISI, GWS, IZES & DIW (2015): Monitoring der Kosten- und Nutzenwirkungen des Ausbaus Erneuerbarer Energien. Studie gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. [http://www.impres-projekt.de/impres-wAssets/docs/Monitoringbericht\\_2014\\_final.pdf](http://www.impres-projekt.de/impres-wAssets/docs/Monitoringbericht_2014_final.pdf).

- Kallbekken, S. & Sælen, H. (2011): Public acceptance for environmental taxes: Self-interest, environmental and distributional concerns. *Energy Policy* 39 (5), S. 2966–2973. DOI: 10.1016/j.enpol.2011.03.006.
- Kanellakis, M., Martinopoulos, G. & Zachariadis, T. (2013): European energy policy—A review. *Energy Policy* 62, S. 1020–1030. DOI: 10.1016/j.enpol.2013.08.008.
- Koch, M., Harnisch, J. & Blok, K. (2003): Systematische Analyse der Eigenschaften von Energiemodellen im Hinblick auf ihre Eignung für möglichst praktische Politikberatung zur Fortentwicklung der Klimaschutzstrategie. Forschungsbericht 299 97 311 UBA-FB 000440 im Auftrag des Umweltbundesamtes. *Climate Change* 02/03.
- Krozer, Y. (2013): Cost and benefit of renewable energy in the European Union. *Renewable Energy* 50, S. 68–73. DOI: 10.1016/j.renene.2012.06.014.
- Kümmel, R., Lindenberger, D. & Weiser, F. (2015): The economic power of energy and the need to integrate it with energy policy. *Energy Policy* 86, S. 833–843.
- Lehr, U. & Drosdowski, T. (2015): Soziale Verteilungswirkungen der EEG-Umlage unter Berücksichtigung von Einkommensklassen. GWS Discussion Paper 2015/1. <http://www.gws-os.com/discussionpapers/gws-paper15-1.pdf>, zuletzt geprüft am 14.03.2016.
- Lehr, U., Lutz, C., Edler, D., O'Sullivan, M., Nienhaus, K., Nitsch, J., Simon, S., Breitschopf, B., Bickel, P. & Ottmüller, M. (2011): Kurz- und langfristige Auswirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt. Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Februar 2011.
- 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. (2014): Bestandsaufnahme und Analyse von Studien zur Schätzung von Klimaschutznutzen und -kosten. Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. *Climate Change* 20/2013, Berlin.
- Leopoldina, Nationale Akademie der Wissenschaften, acatech, Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, Union der deutschen Akademien der Wissenschaften (Hrsg.) (2015): Mit Energieszenarien gut beraten. Anforderungen an wissenschaftliche Politikberatung, München, Halle (Saale), Mainz. [http://www.acatech.de/fileadmin/user\\_upload/Baumstruktur\\_nach\\_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Kooperationspublikationen/Stellungnahme\\_Energieszenarien\\_2016.pdf](http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Kooperationspublikationen/Stellungnahme_Energieszenarien_2016.pdf), zuletzt geprüft am 26.04.2016.
- Lutz, C., Grave, K., Breitschopf, B., Großmann, A., Flaute, M., von Blücher, F., Hazrat, M., Friedrichsen, N., Arens, M. & Aydemir, A. (2015): Wettbewerbsfähigkeit und

Energiekosten der Industrie im internationalen Vergleich. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Berlin.

Mannix, E. A., Neale, M. A. & Northcraft, G. B. (1995): Equity, Equality, or Need? The Effects of Organizational Culture on the Allocation of Benefits and Burdens. *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 63 (3), S. 276–286. DOI: 10.1006/obhd.1995.1079.

Moser, S. (2013): Poor energy poor: Energy saving obligations, distributional effects, and the malfunction of the priority group. *Energy Policy* 61, S. 1003–1010. DOI: 10.1016/j.enpol.2013.06.021.

Nitsch, J., Pregger, P., Naegler, T., Heide, D., Luca de Tena, D., Trieb, F., Scholz, Y., Nienhaus, K., Gerhardt, N., Sterner, M., Trost, T., von Oehsen, A., Schwinn, R., Pape, C., Hahn, H., Wickert, M. & Wenzel, B. (2012): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und Global, im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), März 2012.

Öko-Institut, DLR-IVF & Fraunhofer-ISI (2013): Weiterentwicklung des Analyseinstruments Renewability. RENEWBILITY II – Szenario für einen anspruchsvollen Klimaschutzbeitrag des Verkehrs, UBA-Text 84/2013, Dessau-Roßlau.

Öko-Institut & Fraunhofer-ISI (2015): Klimaschutzszenario 2050, 2. Endbericht. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Berlin.

O’Sullivan, M., Lehr, U. & Edler, D. (2015): Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland und verringerte fossile Brennstoffimporte durch erneuerbare Energien und Energieeffizienz - Zulieferung für den Monitoringbericht 2015. Stand September 2015. Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie.

Prognos, EWI & GWS (2014): Entwicklung der Energiemärkte – Energiereferenzprognose. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (heute: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie), Basel, Köln, Osnabrück.

Prognos (2011): Bedeutung der Braunkohle in Ostdeutschland. Studie im Auftrag von Vattenfall Europe AG, Berlin. Prognos, EWI & GWS (2010): Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung. Auftraggeber: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie Basel, Köln, Osnabrück.

r2b & HWWI (2014): Aktionsprogramm Klimaschutz 2020: Konsequenzen potentieller Kraftwerksstilllegungen. Im Auftrag des Bundesverbandes der Deutschen Industrie e.V., Köln, Hamburg.

Schaffrin, A. (2013): Who pays for climate mitigation? An empirical investigation on the distributional effects of climate policy in the housing sector. *Energy and Buildings* 59, S. 265–272. DOI: 10.1016/j.enbuild.2012.12.033.

- Schlör, H., Fischer, W. & Hake, J.-F. (2013): Sustainable development, justice and the Atkinson index: Measuring the distributional effects of the German energy transition. *Applied Energy* 112, S. 1493–1499. DOI: 10.1016/j.apenergy.2013.04.020.
- Schwartz, G. & Ter-Minassian, T. (2000): The distributional effects of public expenditure. *Journal of Economic Surveys* 14 (3), S. 337–358. DOI: 10.1111/1467-6419.00113.
- Sievers, L., Spieth, V. & Schaffer, A. (2014): Distributional Effects of the German Biofuel Quota. ImpRES Projektstudie. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. [http://www.impres-projekt.de/impres-wAs-sets/docs/Sievers\\_et\\_al\\_2014\\_Distributional\\_Effects\\_of\\_the\\_German\\_Biofuel\\_Quota-2.pdf](http://www.impres-projekt.de/impres-wAs-sets/docs/Sievers_et_al_2014_Distributional_Effects_of_the_German_Biofuel_Quota-2.pdf), zuletzt geprüft am 16.02.2016.
- Speck, S. (1999): Energy and carbon taxes and their distributional implications. *Energy Policy* 27 (11), S. 659–667. DOI: 10.1016/S0301-4215(99)00059-2.
- Staiß, F., Kratzat, M., Nitsch, J., Lehr, U., Edler, D. & Lutz, C. (2006): Erneuerbare Energien: Arbeitsplatzeffekte – Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt, Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Juni 2006.
- Weisbach, D. A., Kaplow, L. & Moyer, E. (2011): The Social Evaluation of Intergenerational Policies and Its Application to Integrated Assessment Models of Climate Change. In: University of Chicago Law School, Chicago Unbound, Coase-Sandor Working Paper Series in Law and Economics. [http://chicagounbound.uchicago.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1572&context=law\\_and\\_economics](http://chicagounbound.uchicago.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1572&context=law_and_economics), zuletzt geprüft am 16.02.2016.
- Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), Niedersächsisches Institut für Wirtschaftsforschung (NIW) (2009): Die Bedeutung der Automobilindustrie für die deutsche Volkswirtschaft im europäischen Kontext. Endbericht zu Projekt 29/08 im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, Hannover, Mannheim.
- Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoffforschung Baden-Württemberg (ZSW) (2014): Evaluierung der inländischen KfW-Programme zur Förderung erneuerbarer Energien.