

Luisa Sievers, Matthias Pfaff

## **Gesamtwirtschaftliche Nettoeffekte der Energiewende nach Regionen, Wirtschaftszweigen und Einkommensgruppen**

Eine modellgestützte Analyse im Rahmen des Projekts „Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien (ImpRES)“, gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

Karlsruhe, September 2016



# 1 Einführung

Der Beitrag der Energiewende in Deutschland zu Wachstum und Beschäftigung ist von großem Interesse. Dieser umfasst zum einen positive Effekte auf Wertschöpfung und Beschäftigung im Bereich der Produktion von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energie und deren Betrieb, sowie in den vorgelagerten Wertschöpfungsstufen. Zum anderen tragen wegfallende Wertschöpfung und Beschäftigung im Bereich der substituierten konventionellen Energieträger und entsprechenden Vorleistungsstufen zum gesamtwirtschaftlichen Effekt bei. Hinzu kommen veränderte Energiepreise, mit denen Haushalte, GHD und Industrie konfrontiert sind. Sogenannte induzierte Effekte<sup>1</sup> können über eine Veränderung der Nachfrage das gesamtwirtschaftliche Wachstum beeinflussen. Zahlreiche Studien der letzten Jahre (z.B. Lutz et al 2014; Blazejczak et al. 2014; Lehr et al, 2015a; Duscha et al 2016) ermitteln neutrale bis positive Nettoeffekte des Erneuerbaren Ausbaus bzw. der Energiewende, die jedoch wesentlich geringer ausfallen als die Bruttoeffekte<sup>2</sup>. Nur vereinzelte Arbeiten weisen negative gesamtwirtschaftliche Effekte aus (z.B. Wiegert und Hounsell 2013).

Während die Nettoeffekte oft für einzelne Wirtschaftszweige oder Bereiche ausgewiesen werden, gibt es in der bestehenden Literatur keine Analysen wie sich diese auf Regionen und Einkommensgruppen verteilen. Bisherige Studien zu regionalen und sozialen Verteilungseffekten sind meist reine Bruttobetragungen z.B. bezogen auf regionale Wertschöpfung oder Beschäftigung durch erneuerbare Energien (z.B. O`Sullivan et al, 2014, Hirschl et al, 2015) oder die unterschiedliche Belastung sozialer Gruppen durch Erhöhung der Energiepreise (z.B. Lehr et al 2015b). Im Rahmen des Projekts ImpRES wurde daher ein in seiner Struktur stark an das Modell ASTRA angelehntes Modell entwickelt, mit welchem die Nettowirkung des zukünftigen Ausbaus erneuerbarer Energien bzw. der Energiewende sowohl auf Gesamtwirtschaft wie auch differenziert nach Wirtschaftszweigen, Regionen und Einkommensgruppen quantifiziert werden kann. Die Ergebnisse zeigen auf makroökonomischer Ebene, welche Sektoren, Regionen und Einkommensgruppen durch den Ausbau der Erneuerbaren Energien profitieren und welche nicht. Sie ergänzen die Datengrundlage für die Diskussion um die Verteilungseffekte der Energiewende, welche von hoher Bedeutung für ihre Akzeptanz und letztlich ihr Gelingen ist.

---

<sup>1</sup> Induzierte Effekte ergeben sich nicht direkt aus den Maßnahmen der Energiewende, sondern über makroökonomische Mechanismen wie beispielsweise Produktivitätssteigerungen (s. Abschnitt 2.2).

<sup>2</sup> Bruttoeffekte beschreiben hier die Effekte, die sich rein aus den Maßnahmen der Energiewende ergeben. Nettoeffekte beziehen dahingegen die Effekte ein, die sich aus dadurch vermiedenen Maßnahmen im Bereich der konventionellen Energieerzeugung ergeben.

## 2 Methodik

### 2.1 Allgemeine Modellbeschreibung

ASTRA<sup>3</sup> ist ein dynamisches makroökonomisches Simulationsmodell. Es stellt die Wirtschaft als Zusammenschluss individueller Subsysteme dar. Diese Subsysteme stehen in einem funktionalen Zusammenhang zueinander, wobei von einer gesamtwirtschaftlichen Kreislauflogik ausgegangen wird. Im Gegensatz zu neoklassischen Gleichgewichtsmodellen erfordert das Modell kein allgemeines Gleichgewicht der Märkte. Die Implementierung in System Dynamics erlaubt nichtlineare Effekte über die Interaktion verschiedener Feedback-Schleifen.

Das im Rahmen von ImpRES entwickelte makroökonomische Modell lehnt sich in seiner Struktur stark an ASTRA an. Die makroökonomische Logik ist in Abbildung 1 schematisch dargestellt. Das Modell besitzt einen makroökonomischen Kern, welcher die Nachfrageseite über ein hochauflösendes Input-Output Modul, die Angebotsseite über aggregierte Produktionsfunktionen abbildet. Das Input-Output Modul entspricht den Konventionen der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung und stellt die Lieferbeziehungen (Vorleistungsmatrix) zwischen 72 Wirtschaftszweigen (Input-Output-Rechnung 2012, in großen Teilen konsistent mit WZ 2008) sowie von diesen an die Endnachfrage dar. Die einzelnen Endnachfragebereiche (Konsum, Staatskonsum, Investitionen, Exporte) sind dabei von der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung abhängig. Die Produktionsfunktionen sind nach dem Cobb-Douglas Typ modelliert und hängen im Wesentlichen von den Faktoren Arbeit und Kapital sowie der Faktorproduktivität ab. Diese drei Größen werden modellendogen berechnet. Das Zusammenspiel aus Angebots- und Nachfrageseite bestimmt die langfristige gesamtwirtschaftliche Entwicklung. Sektorale Bruttowertschöpfung wird im Input-Output-Modul ermittelt und das Beschäftigungsmodul ist über Arbeitsproduktivität daran gekoppelt.

---

<sup>3</sup> Weitere Informationen zu ASTRA unter <http://www.astra-model.eu>

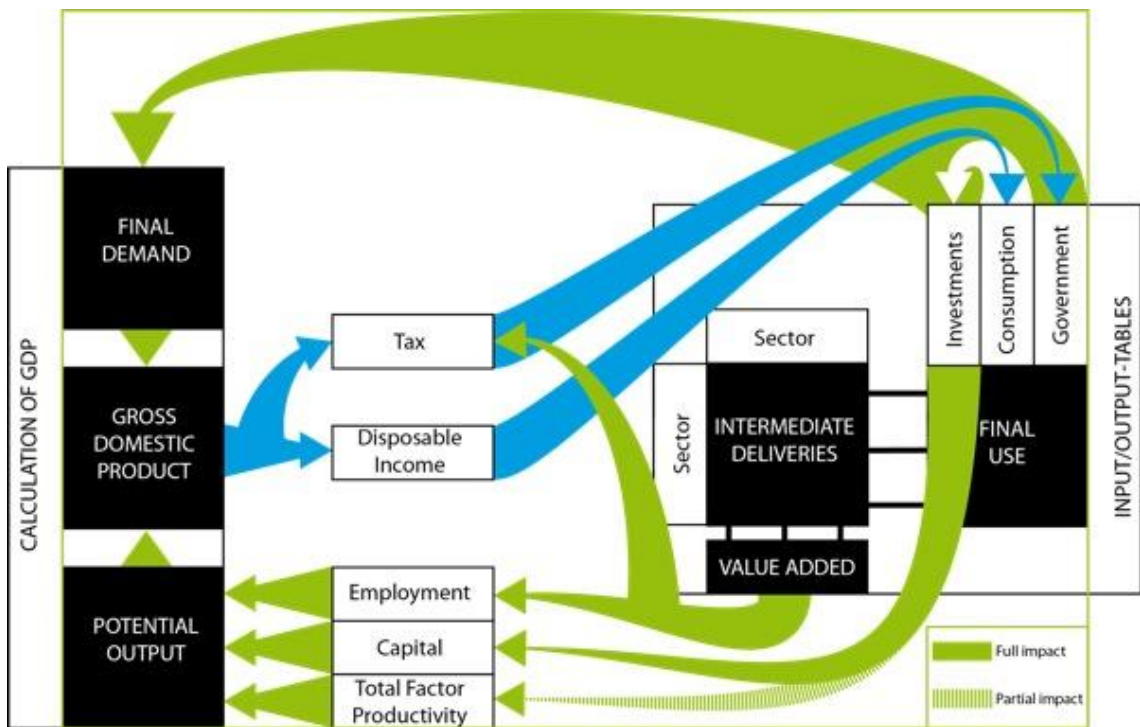


Abbildung 1: Makroökonomische Modellierungslogik im Modell, eigene Darstellung

## 2.2 Gesamtwirtschaftliche Wirkungsmechanismen

Im Rahmen der Energiewende kann zwischen direkten, indirekten und induzierten makroökonomischen Effekten unterschieden werden (vgl. Breitschopf et al, 2013):

1. Direkte positive Effekte treten in den Wirtschaftszweigen auf, die Investitionsgüter für die Energiewende liefern (in den Bereichen erneuerbare Energien und Energieeffizienz Wärme), sowie in den Wirtschaftszweigen, die für Betrieb und Wartung der eingesetzten Technologien sorgen. Direkte negative Effekte entstehen hingegen in den Wirtschaftszweigen, die Investitionsgüter für konventionelle Energietechnologien liefern bzw. die diese betreiben und warten (inklusive der Brennstofflieferanten).
2. Die beschriebenen direkten Effekte führen über die Verflechtung der Wirtschaft zu indirekten Effekten, d.h. zu veränderter Nachfrage in vorgelagerten Wirtschaftszweigen.
3. Induzierte Effekte können über Veränderung der Nachfrage das gesamtwirtschaftliche Wachstum beeinflussen:
  - a. Es kommt zu Energiepreisänderungen aufgrund von Investitionen in Technologien mit anderen Kostenstrukturen, die sich im privaten Konsum (veränderte Konsumstruktur) sowie in der Produktion (veränderte Wertschöpfung) niederschlagen.
  - b. Der Ausbau von erneuerbaren Energien und der Einsatz von Energieeffizienz-Technologien beinhaltet Forschung und Entwicklung (F&E), was eine allgemeine Produktivitätssteigerung mit sich zieht.
  - c. Die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie wird beeinflusst, wobei die in den Punkten a. und b. genannten Entwicklungen (bei Preisanstiegen) gegenläufig wirken.
  - d. Direkte und indirekte Effekte wirken sich in den einzelnen Wirtschaftszweigen in Form von veränderter Produktion und Wertschöpfung aus. Daraus resultieren wiederum Änderungen in der Beschäftigung. Induzierte Effekte resultieren aus der volkswirtschaftlichen Kreislauflogik, das heißt veränderte Wertschöpfung und Einkommen beeinflussen das Endnachfrageniveau.

## 2.3 Szenarien-bezogene Impulse für die Modellierung

Die Quantifizierung der gesamtwirtschaftlichen Nettoeffekte in Deutschland erfolgt durch den Vergleich zweier Zukunftsszenarien (Zeithorizont 2030), die im Rahmen des Projekts Langfristszenarien (BMW, 2016) erstellt wurden:

1. Das Referenzszenario beschreibt eine Entwicklung, in der die Energiewende ab 2010 nicht weiter vorangetrieben wird. Dies bedeutet ein Auslaufen der bestehenden Förderinstrumente bis 2020. Ein Zubau Erneuerbarer Energien Anlagen findet nur dann statt, wenn dieser kosteneffizient ist.
2. Im Basis-Szenario werden die Ziele der Energiewende (u.a. 80% Treibhausgasemissionsminderung bis 2050 im Vergleich zu 1990, 80% der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in 2050) erreicht.

Die Energiesystemmodellierung erfolgte mit dem Modell Enertile<sup>4</sup>, welches insbesondere die erneuerbaren Energien regional sehr hoch auflöst. Aus den Szenarien fließen folgende Inputs in das Modell:

- Strom: zugebaute Leistung (inkl. Ersatz bestehender Anlagen) nach Technologien und Regionen (Regierungsbezirke)<sup>5</sup>. Hieraus werden im Bottom-up Modul des Modells jährliche (Re)Investitionen abgeleitet.
- Strom: installierte Leistung nach Technologien und Regionen<sup>6</sup>. Hieraus werden im Bottom-up Modul des Modells jährliche (heimische und importierte) Vorleistungen für und Wertschöpfung aus dem Betrieb abgeleitet.
- Strom: jährliche Strompreise getrennt nach energieintensiver und nicht-energieintensiver Industrie, GHD und Haushalte.
- Wärme: jährliche Differenzinvestitionen in energieeffiziente Gebäude und Heizsysteme (inklusive Wärmeerzeugungstechnologien mit erneuerbaren Energien) für Haushalte und GHD.
- Wärme: Konsumausgaben nach Energieträgern zum Betrieb der Heizsysteme. Darin berücksichtigt sind Einsparungen durch Effizienzmaßnahmen.

---

<sup>4</sup> Weitere Informationen zu Enertile unter <http://www.enertile.eu/enertile-en/index.php>

<sup>5</sup> Übergabe erfolgt kumuliert für die Zeiträume 2010 bis 2020 und 2020 bis 2030 und wird gleichmäßig auf diesen Zeitraum verteilt.

<sup>6</sup> Übergabe erfolgt kumuliert für die Zeiträume 2010 bis 2020 und 2020 bis 2030 und wird gleichmäßig auf diesen Zeitraum verteilt.

## 2.4 Transformation der Impulse

Die Investitionen in energetische Gebäudemodernisierung werden dem Bausektor zugeordnet und über die mittels des Input-Output-Moduls dargestellte sektorale Verflechtung an die Gesamtwirtschaft weitergegeben. Da aus den Szenarien keine Daten zur regionalen Verteilung dieser Investitionen vorliegen, werden die Effekte durch Top-Down-Verteilung den Regionen zugeordnet, wie im nächsten Abschnitt näher erläutert wird.

Die Investitionen in Energieerzeugungstechnologien unterscheiden sich in ihrer Höhe und sektoralen Struktur. Im Modell ist für jede Technologie daher ein Investitionsvektor hinterlegt. Hierzu findet im ersten Schritt eine Zerlegung der Energieerzeugungstechnologien in Einzelkomponenten statt. Datenbasis hierfür bietet die Datenbank des IÖW (Hirschl et al, 2010), welche mittels weitere Quellen (u.a. EEG Erfahrungsberichte) und Expertenwissen angepasst bzw. plausibilisiert wurde. Für die einzelnen Komponenten ist im zweiten Schritt hinterlegt, zu welchem Anteil sie importiert werden, ob der Impuls direkt regional zugeordnet werden kann (entweder dem Ort der Energieerzeugung oder basierend auf der regionalen Verteilung der Haupthersteller der Komponente) oder ob keine direkte regionale Zuordnung möglich ist. Im dritten Schritt werden die auf die einzelnen Komponenten bezogenen Investitionen den Wirtschaftszweigen im Modell zugeordnet. Die Transformation wird mithilfe der techno-ökonomischen Datenbank, die von der Rütter Soceco AG im Rahmen des Projekts EmployRESII (Duscha et al, 2016) aktualisiert wurde, durchgeführt. In Abbildung 2 ist die Transformationslogik exemplarisch für Windkraft (und zur Vereinfachung ohne Schritt 2) dargestellt

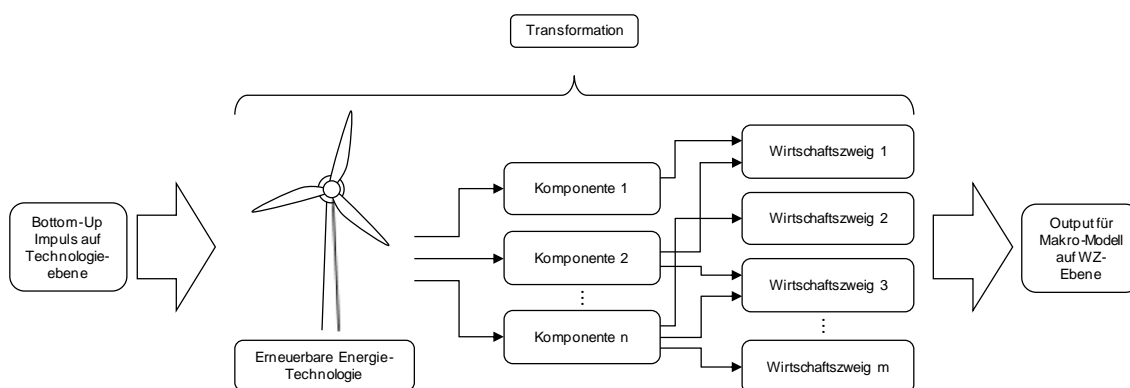


Abbildung 2: Transformation der Impulse, eigene Darstellung

Neben den anfallenden Investitionen werden auch die für die einzelnen Technologien in Höhe und sektoraler Struktur unterschiedlichen Betriebskosten sowie die Wertschöpfung durch den Betrieb der Anlagen betrachtet. Auch hierfür sind entsprechende Vektoren



ren im Modell hinterlegt, bei denen wie im Fall der Investitionen zwischen regionalen und überregionalen Impulsen unterschieden wird. Der Energiemix aus den Szenarien dient dann als Input und wird in einen entsprechenden Impuls für das makroökonomische Modul transformiert.

## **2.5 Regionale Verteilung der Effekte**

Sämtliche Impulse (regionale und überregionale) gehen in den makroökonomischen Kern des Modells ein, wo unter Einbezug direkter, indirekter und induzierter Effekte die Bruttowertschöpfung der 72 Wirtschaftszweige ermittelt wird. Wie beschrieben, kann ein Teil der Impulse direkt einzelnen Regionen und Wirtschaftszweigen zugeordnet werden und die entsprechende Wertschöpfung (durch Nutzung der entsprechenden Faktoren aus der Input Output Tabelle) abgeleitet werden. Die restliche Wertschöpfung wird den Regionen mittels eines Schlüssels (NUTS2, 38 Wirtschaftsbereiche) zugeordnet. Hierbei wird auf regional und sektoral hoch aufgelöste Zeitreihen zur Beschäftigung (Arbeitskräfteerhebung) und Wertschöpfung (Daten des statistischen Bundesamts sowie der statistischen Ämter der Länder) und der daraus resultierenden Arbeitsproduktivität nach Regionen und Wirtschaftszweigen zurückgegriffen. Auch Prognosen zur Entwicklung des regionalen Arbeitskräftepotentials werden berücksichtigt (Destatis 2015, BBSR Raumordnungsprognose 2035). Das heißt, den Unterschieden der einzelnen Regionen in Bezug auf ihre Wirtschaftskraft und -struktur und deren dynamische Entwicklung wird Rechnung getragen.

Es handelt sich bei diesem regional-ökonomischen Ansatz somit um einen bottom-up – top-down-Ansatz: Impulse fließen regional ein und entfalten regionale Wirkung (bottom-up), überregionale Wirkungen werden wiederum in regionale Wirkungen übersetzt (top-down). Eine schematische Darstellung findet sich in Abbildung 3:

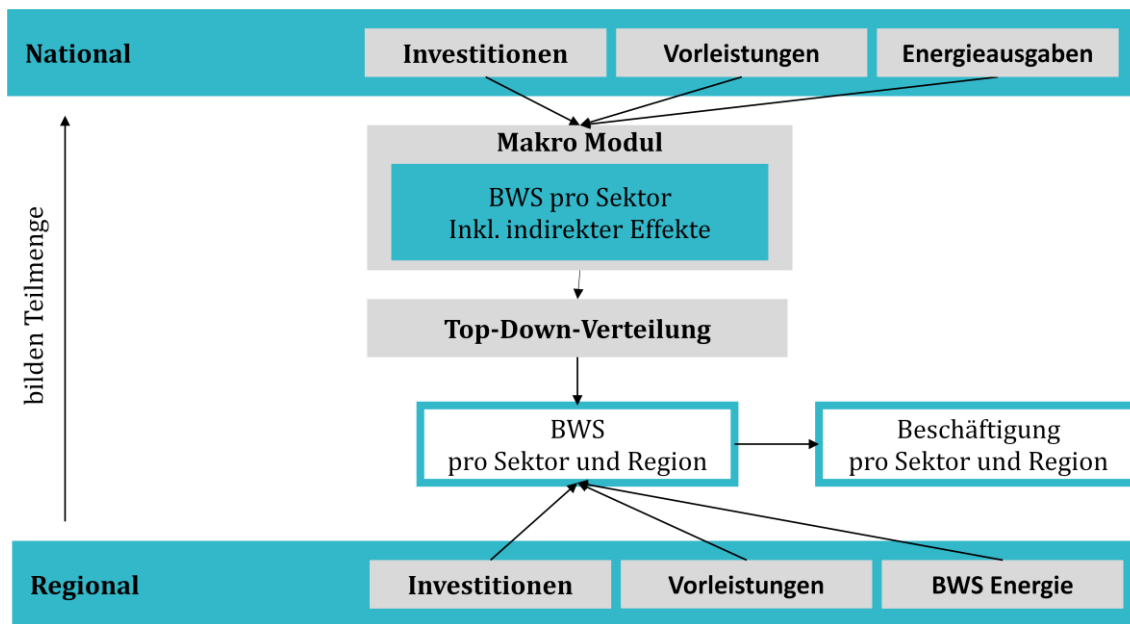


Abbildung 3: Regionale Wirkung der Ausbauszenarien

## 2.6 Wirkung auf Einkommensgruppen

Für die Erweiterung des Modells wurde eine Sonderauswertung der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe (EVS) 2008 nach Dezilen (Haushalte) genutzt. Für jedes Dezil konnten daraus unterschiedliche Einkommensbestandteile entnommen werden (Einkommen aus abhängiger Beschäftigung, Einkommen aus Selbständigkeit, Vermögenseinkommen, öffentliche und nichtöffentliche Transfers, Steuern, Sozialabgaben). Leider entsprechen die Aggregate nur zum Teil denen der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) des statistischen Bundesamts, an welcher das Modell kalibriert wird (vgl. hierzu Schwahn et al 2012). Daher wurde die jeweilige Verteilung der Einkommensbestandteile auf die Dezile der EVS entnommen, die Einkommensbestandteile selbst werden endogen im Modell ermittelt.

Die durch die gesamtwirtschaftlichen Wirkungsmechanismen hervorgerufene Änderung der Wertschöpfung, unterteilt nach Wirtschaftszweigen, beeinflusst die funktionale Einkommensverteilung, da der Anteil der Arbeitnehmerentgelte an der Wertschöpfung zwischen den Wirtschaftszweigen variiert. Aus den Arbeitnehmerentgelten werden Bruttolöhne ermittelt, während die Veränderung der Gewinne als Indikator für die Veränderung von Vermögens- und Selbständigen-Einkommen genutzt wird. Durch die Verteilung von Lohn und Vermögens-/Selbständigen-Einkommen auf die Dezile wirkt die funktionale Einkommensverteilung somit auf die personelle. Der Besitz einer PV-Anlage oder die Beteiligung an einem Fonds, einer Energiegenossenschaft oder ähnlichem wird nicht mehr separat betrachtet. Die entsprechenden Gewinne sind bereits in

der Wertschöpfung enthalten und für die Verteilung auf die Dezile wird vereinfachend angenommen, dass diese der allgemeinen Verteilung von Vermögens-/Selbständigen-Einkommen entspricht (d.h. diejenigen Individuen, die in PV oder Wind investieren, hätten ansonsten in alternative Anlagen investiert).

Die EVS führt neben den Einkünften auch die Ausgaben sehr detailliert auf. Aus dem ermittelten Nettoeinkommen pro Dezil wird das für den Konsum verfügbare Einkommen unter Berücksichtigung des unterschiedlichen Sparverhaltens berechnet. Die Ausgaben für Energie (Strom, Wärme, Kraftstoffe) kommen direkt aus den Szenarien und werden basierend auf den Daten der EVS auf die Dezile verteilt. Diese Verteilung wird fix gehalten, da aus den Nachfragemodellen nur der aggregierte Verbrauch kommt. Es ist aber davon auszugehen, dass dies eine leichte Überschätzung der zukünftigen Energieausgaben der oberen Dezile bzw. Unterschätzung der zukünftigen Energieausgaben der unteren Dezile bedeutet, da letztere insbesondere bei höheren Strompreisen kaum Einsparmöglichkeiten haben, wohingegen höhere Einkommensgruppen beispielsweise in energiesparende Geräte investieren können. Der Anteil der Energieausgaben am Konsum sowie am Nettoeinkommen pro Dezil wird im Modell ermittelt; dies ist ein auch in der Literatur gängiger Indikator, der häufig zur Abschätzung von Energiearmut herangezogen wird.

Da die Ausgaben nach Konsumzwecken (jeweilige Aggregate über Dezile) in der EVS von den entsprechenden Werten der VGR abweichen (vgl. hierzu Schwarz, 2010); konnte nicht jedem einzelnen Dezil ein Konsumvektor zugeordnet werden. Die gesamte Konsumstruktur wird jedoch modellendogen bestimmt und hängt ausgehend von der Konsumstruktur der Input-Output-Rechnung 2012 von den exogenen Szenarienbezogenen Energieausgaben und von Annahmen zur Einkommenselastizität der Nachfrage für unterschiedliche Konsumzwecke ab.

### 3 Szenarien

Im Projekt „Langfristszenarien“ (BMW, 2016) werden Szenarien für ein optimiertes, mit den klima- und energiepolitischen Zielen der Bundesregierung konformes Energiesystem mit hohen Erneuerbaren Energien Anteilen in Deutschland entwickelt. Hierbei werden Strom, Wärme/Kälte und Verkehr systemisch betrachtet, wobei der Schwerpunkt auf dem Stromsektor liegt. Der Zeithorizont der Szenarien reicht von 2010 bis 2050 mit Zwischenschritten von 10 Jahren. Im Projekt ImpRES wird jedoch nur der mittelfristige Zeitraum bis 2030 betrachtet.

Die Modellierung des Stromsystems erfolgt mit dem Modell Enertile<sup>7</sup>, welches den Ausbau der Erneuerbaren Energien unter Berücksichtigung der Technologiekostenentwicklung und der regionalen Potentiale in sehr hoher räumlicher Auflösung bestimmt. Für die regionale Betrachtung in ImpRES werden die Ergebnisse auf NUTS2-Ebene ausgegeben. Die konventionellen Stromerzeugungstechnologien werden auf Netzknotenebene bestimmt und für das Projekt ImpRES mittels der derzeitigen, aus Daten der Bundesnetzagentur errechneten Verteilung auf NUTS2-Ebene herunter gebrochen.

Die Szenarien werden im Folgenden nur grob beschrieben, da diesbezüglich noch keine Veröffentlichungen vorliegen. Des Weiteren konnten zum Zeitpunkt des Projektabschlusses von ImpRES einige Impulse, die für eine umfassende Betrachtung der Nettoeffekte der Energiewende von Bedeutung wären, nicht integriert werden, da diese noch nicht abschließend vorlagen. Dies sind insbesondere zusätzliche Investitionen in Netzausbau, zusätzliche Investitionen in Stromeffizienz und daraus resultierende Veränderung der Stromnachfrage, Veränderung der Verkehrsausgaben (Flottenzusammensetzung, Effizienz, Modal Split). Da jedoch im Projekt ImpRES die Verteilungswirkung der erneuerbaren Energien im Vordergrund stehen, sind die wesentlichen Impulse enthalten, nämlich die Veränderung des Stromsystems und der zugehörige Strompreis, sowie der veränderte Technologiemix bei der Wärmeerzeugung sowie Investitionen in Energieeffizienz im Gebäudebereich und die aus diesen beiden Aspekten resultierende Veränderung der Ausgaben für Wärme. Im Gebäude-Bereich sind aufgrund des Bezugs des Erneuerbaren-Energien-Wärmegesetz auf die Energieeinsparverordnung Effizienzmaßnahmen integriert, im Strombereich nicht.

Im Projekt „Langfristszenarien“ wird eine Vielzahl von Szenarien betrachtet, von denen für das Projekt ImpRES die Szenarien „Referenz“ und „Basis“ ausgewählt wurden.

---

<sup>7</sup> Weitere Informationen zu Enertile unter <http://www.enertile.eu/enertile-en/index.php>

Die sozio-ökonomischen Parameter in diesen beiden Szenarien sind identisch: Das Wirtschaftswachstum basiert auf dem OECD Economic Outlook (OECD 2012), wurde jedoch leicht nach unten korrigiert, was einem Wachstum von etwa 1% p.a. entspricht. Für die Bevölkerungsentwicklung wurde die Variante 1 (Kontinuität bei schwächerer Zuwanderung) der 13. Koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung des statistischen Bundesamts gewählt (Destatis 2015). Da für das Projekt ImpRES auch die regionale Bevölkerungsentwicklung relevant ist, wurde zusätzlich auch auf die räumliche Verteilung aus der Raumordnungsprognose 2035 des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung zurückgegriffen (Schlömer et al 2015). Neben den sozioökonomischen Parametern sind auch einige Energiesystem-bezogene Größen in beiden Szenarien gleich, wie die Technologiekostenentwicklung und die Brennstoffpreise (PRIMES).

Die „Referenz“ als kontrafaktisches Szenario beschreibt eine Entwicklung, in der sich Deutschland von der Transformation des Energiesystems im Rahmen der Energiewende verabschiedet. Der Atomausstieg hat Bestand, ordnungsrechtliche Maßnahmen werden eingefroren, Förderinstrumente und Subventionen laufen sukzessive bis 2020 aus. Die Ziele des Energiekonzepts werden nicht erreicht, und das Stromsystem entwickelt sich rein basierend auf Kostenoptimierung.

Im „Basis“-Szenario (im Folgenden zur besseren Unterscheidung Energiewende-Szenario genannt) werden hingegen die klima- und energiepolitischen Ziele der Bundesregierung erreicht (insbesondere 80% Treibhausgasemissionsminderung in 2050 im Vergleich zu 1990 und 80% Anteil Erneuerbarer Energien an Stromerzeugung in 2050). Zusätzliche Randbedingungen für das Energiesystem sind die Einhaltung des Offshore-Ziels für die Windenergie (mind. 15 GW in 2030), Ausbau der Photovoltaik mindestens bis zur Fördergrenze von 52 GW (ca.  $\frac{3}{4}$  davon als Aufdach-Anlagen) sowie ein Ausschluss von CCS im Stromsektor. Neben diesen Einschränkungen erfolgt der Ausbau auch in diesem Szenario kostenoptimiert. Das Energiewende-Szenario wird stark durch Windenergie an Land dominiert. Windenergie auf See bleibt über den gesamten Zeitraum bei 15 GW installierte Leistung. Photovoltaik wird erst nach 2040 über die Mindestvorgabe von 52 GW ausgebaut. Braunkohlekraftwerke werden nicht ausgebaut und Steinkohlekraftwerke nur als KWK-Anlagen. Nach 2030 nimmt die Bedeutung von der im Szenario als Brückentechnologie fungierenden KWK ab. Die Flexibilität des Energiesystems wird nicht über Speicherausbau sondern über starken Netzausbau gewährleistet, ab 2040 spielen auch Stromimporte aus dem europäischen Ausland eine starke Rolle.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Gesamtwirtschaftliche Effekte

Das Energiewende-Szenario zeichnet sich durch ein leicht höheres Bruttoinlandsprodukt im Vergleich zur Referenz von 0,5% in 2020 und 0,7% in 2030 aus. Auch die Gesamtbeschäftigung liegt um etwa 0,4% in 2020 und 0,3% in 2030 höher.

Wesentliche Treiber dieses Wirtschaftswachstums sind die zusätzlichen Investitionen in Höhe von durchschnittlich etwa 10 Mrd. Euro pro Jahr, die in erster Linie durch Maßnahmen im Gebäudebereich entstehen und nur in geringem Maße (knapp 2 Mrd. Euro pro Jahr) durch zusätzliche Investitionen in Stromerzeugungstechnologien. Letztere erhöhen insbesondere die Nachfrage nach Investitionsgütern aus dem verarbeitenden Gewerbe, aber auch Handel/Verkehr und Beratungsdienstleistungen erhalten einen deutlichen Impuls. Der gesamte Investitionsimpuls wird verstärkt durch Multiplikator- und Akzeleratoreffekte, jedoch abgeschwächt durch Preis- und Kosteneffekte.

### 4.2 Gesamtwirtschaftliche Effekte nach Wirtschaftsbereichen

Die relative Veränderung der Bruttowertschöpfung für zusammengefasste Wirtschaftsbereiche ist in Abbildung 3 dargestellt. Den größten relativen (und auch absoluten) Wertschöpfungszuwachs erhält der Bausektor (F). Die zusätzlichen Investitionen im Gebäudebereich (die zum größten Teil durch verstärkte Effizienz-Maßnahmen zu erklären sind) dominieren somit nicht nur den Investitionsimpuls, sondern auch die Ergebnisse. Die ebenfalls recht hohe relative Veränderung der Wertschöpfung des Immobilien-Sektors (L), lässt sich damit erklären, dass 11 Prozent der zusätzlichen Bauinvestitionen auf die Miete umgelegt werden dürfen und somit die tatsächlichen und (bei Eigenheimbesitzern) fiktiven Mieten entsprechend ansteigen. Im Bereich Energieversorgung (D) selbst erhöht sich die Wertschöpfung durch den Systemwechsel auch deutlich. Bedingt durch den Rückgang an Nachfrage fossiler Energieträger, insbesondere Kohle, ist der Bereich Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden (B) mit hohen negativen Effekten konfrontiert. Daneben ist auch im Bereich Kunst, Unterhaltung und Erholung, Sonstige Dienstleister, Private Haushalte mit Haushaltspersonal (R-T) ein deutlicher relativer Rückgang zu erkennen. Dies kann mit dem aufgrund höherer Energieausgaben und Mieten reduzierten Budget der Haushalte erklärt werden, welches sich in diesem Bereich besonders nachfragemindernd auswirkt. Analog erfährt auch die Gastronomie einen entsprechenden Nachfragerückgang, so dass trotz positiven Investitionsimpulses im Bereich Handel/Verkehr der Gesamteffekt auf die Gruppe

Handel, Verkehr, Gastronomie (G-I) neutral ist. Ein ähnlicher Effekt ist im Bereich des verarbeitenden Gewerbes (C) zu beobachten, trotz eines deutlichen positiven Investitionsimpulses ist der Effekt in 2030 leicht negativ. Einzelne Bereiche (z.B. Herstellung von elektrischen Ausrüstungen, Maschinenbau) profitieren zwar von zusätzlichen Investitionen oder vom Betrieb der Anlagen. Diese positiven Effekte sind in Summe jedoch geringer als der Wertschöpfungsrückgang in anderen Bereichen (z.B. Herstellung von chemischen Erzeugnissen, Herstellung von Holzwaren, Papier und Druckerzeugnissen) aufgrund höherer Energiepreise und veränderter Konsumstruktur.

Die Verteilung der Beschäftigungseffekte auf zusammengefasste Wirtschaftsbereiche ist, wie in Abbildung 4 ersichtlich, ähnlich strukturiert wie die Veränderungen der Wertschöpfung. Unterschiede kommen dadurch zustande, dass im Modell auf der Ebene von 72 Wirtschaftsbereichen gerechnet wird, die in Abbildung 3 und 4 in 13 Gruppen zusammengefasst werden. Findet nun die Wertschöpfungsveränderung in einem weniger beschäftigungsintensiven Teilbereich statt (d.h. die Arbeitsproduktivität des Teilbereichs ist höher als der Durchschnitt der Gruppe), fällt die relative Veränderung der Beschäftigung geringer aus als die der Wertschöpfung. Gesondert zu nennen ist der Immobiliensektor: die gestiegenen Mieten erhöhen zwar die Wertschöpfung, führen aber nicht zu zusätzlicher Beschäftigung, da aufgrund der Mieterhöhung nicht automatisch neue Stellen geschaffen werden

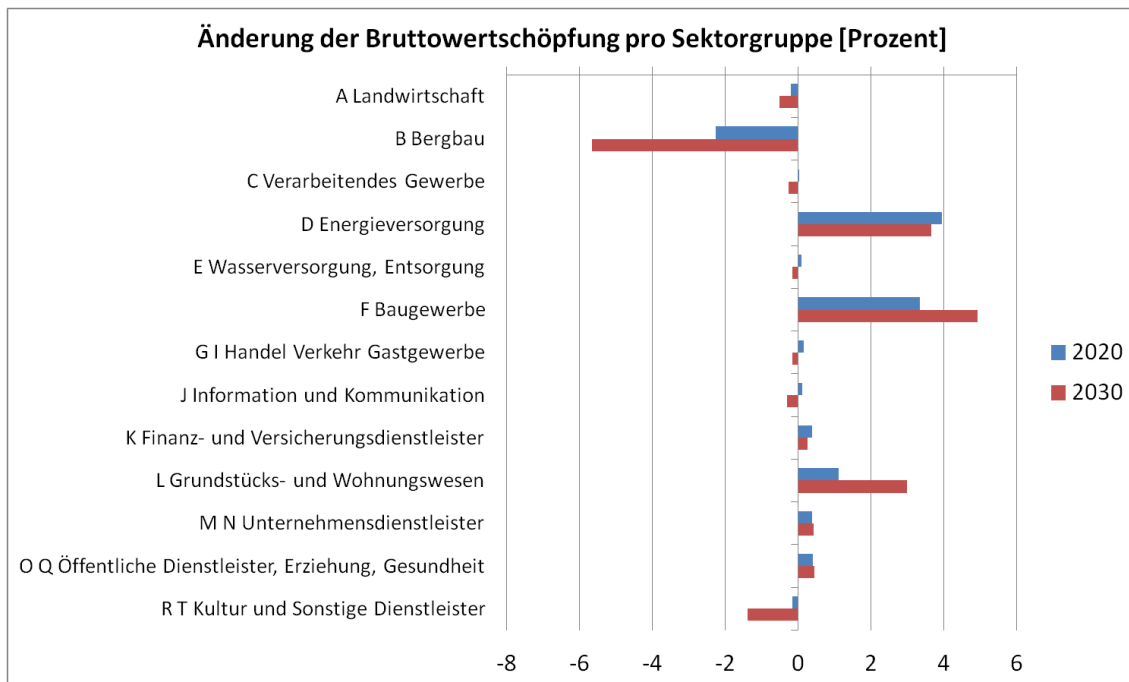


Abbildung 3: Relative Änderung der Bruttowertschöpfung im Energiewendeszenario im Vergleich zur Referenz in Prozent für gruppierte Wirtschaftsbereiche

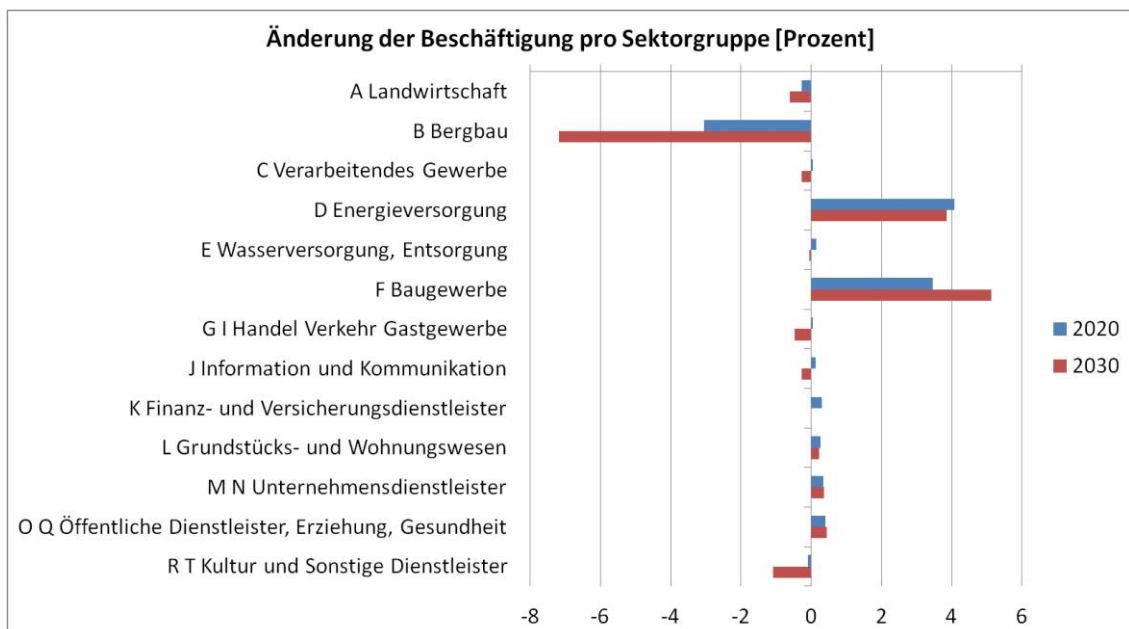


Abbildung 4: Relative Veränderung der Beschäftigung im Energiewende-Szenario im Vergleich zur Referenz in Prozent für gruppierte Wirtschaftsbereiche.



### 4.3 Regionale Effekte

Die Bruttowertschöpfung im Energiewendeszenario ist in Summe sowie für die meisten Bundesländer höher als im Referenzszenario und spiegelt somit die Zunahme des gesamtdeutschen Bruttoinlandsprodukts wider. Die regionalen Unterschiede sind in Abbildung 5 (links) dargestellt.

Insbesondere fällt auf, dass Mecklenburg-Vorpommern im Jahr 2030 einen enorm hohen relativen Wertschöpfungszuwachs erfährt. Dies liegt einerseits an der Darstellung der relativen Zahlen – die Wertschöpfung in 2030 ist in Mecklenburg-Vorpommern im Referenzfall sehr viel niedriger als in anderen Bundesländern. Darüberhinaus ist aber auch die absolute Veränderung deutlich positiv und liegt ähnlich hoch wie für andere Bundesländer, die über eine deutlich höhere Wirtschaftskraft verfügen. In Mecklenburg-Vorpommern findet zwischen 2020 und 2030 ein deutlicher Ausbau erneuerbarer Energien statt, der mit zusätzlichen Investitionen sowie mit Wertschöpfung aus Wartung und Betrieb der Anlagen verbunden ist. Gleichzeitig gibt es dort kaum Stromproduktion aus fossilen Energieträgern, die wegfallen könnte, so dass der Nettoeffekt klar positiv ist. Auch von höheren Strompreisen ist Mecklenburg-Vorpommern weniger stark betroffen. Der Investitionsimpuls im Bausektor durch Energieeffizienzmaßnahmen wirkt sich in diesem Bundesland kaum aus.

Negative Nettoeffekte auf die Bruttowertschöpfung sind in 2030 in Brandenburg und im Saarland sowie in Baden-Württemberg und Hessen zu beobachten. Dies ist insbesondere durch den Wegfall konventioneller Energieproduktion in diesen Ländern zu erklären, der durch den positiven Investitionsimpuls im Bausektor oder durch den Ausbau Erneuerbarer Energien in diesen Regionen nicht kompensiert werden kann. Das Bundesland Baden-Württemberg ist vor allem vor dem Hintergrund seiner Wirtschaftsstruktur von höheren Strompreisen besonders negativ betroffen.

Die relative Änderung der Beschäftigung in den Regionen ist in Abbildung 5 rechts dargestellt. Sie ist davon abhängig, in welchen Sektoren Wertschöpfungsanstieg oder –Rückgang stattfindet und wie beschäftigungsintensiv diese Sektoren in der entsprechenden Region sind. Für viele Regionen sind die Beschäftigungseffekte zwar in einer ähnlichen Größenordnung wie die Wertschöpfungseffekte, es ist aber durchaus möglich, dass der Nettoeffekt auf die Wertschöpfung einer Region negativ ist, der Nettoeffekt auf die Beschäftigung jedoch positiv. Dies ist z.B. in Brandenburg der Fall, wo negative Effekte im weniger beschäftigungsintensiven Energiesektor und positive Effekte im beschäftigungsintensiven Bausektor auftreten. Bezüglich der Wertschöpfung dominieren die negativen Effekte, bezüglich Beschäftigung die positiven. Allerdings ist zu beachten, dass in beschäftigungsintensiven Sektoren wie beispielsweise dem Bausek-

tor die inländischen Arbeitskräfte möglicherweise durch Arbeitnehmer aus dem EU-Ausland ersetzt werden könnten und somit ein Teil des Einkommens ins EU-Ausland transferiert würde. Im Immobiliensektor hingegen erhöhen die Energieeffizienzmaßnahmen durch höhere (fiktive und tatsächliche) Mieteinnahmen zwar die Wertschöpfung, nicht jedoch die Beschäftigung. So kann es sein, dass in Summe leicht negative Beschäftigungseffekte in den Regionen auftreten, die einen hohen Anteil an Wertschöpfung im Immobiliensektor haben. Dies ist z.B. in Bayern und Rheinland-Pfalz der Fall.

Ein Vergleich der veränderten regionalen Wertschöpfung (Abbildung 5 links) mit der derzeitigen regionalen Wertschöpfung pro Kopf (Abbildung 6) macht deutlich, dass (mit Ausnahme von Brandenburg) insbesondere die weniger produktiven Nord und Ost-deutsche Bundesländer gewinnen, wohingegen die durch höhere Produktivität gekennzeichneten west- und insbesondere die süddeutschen Bundesländer kaum Zuwachs, sondern teils sogar Wertschöpfungsrückgang erfahren. Die Energiewende könnte unter den getroffenen Modell- und Szenarien-Annahmen also tatsächlich einen Beitrag zur Kohäsion der deutschen Regionen liefern. Es ist allerdings zu beachten, dass dieser Beitrag sehr klein ist, wenn er im Kontext regionaler Unterschiede gesehen wird. Diese regionalen Unterschiede würden sich den Modellergebnissen zufolge von 2012 bis 2030 im Referenzszenario noch deutlich vergrößern. Insofern könnte die Energiewende dieser Entwicklung etwas entgegenwirken.

Allerdings werden indirekte und induzierte Effekte im Modell zum Großteil national erfasst und dann basierend auf der jeweils geltenden Wirtschaftsstruktur auf die Regionen verteilt, so dass Regionen mit hoher Wertschöpfung stärker von solchen Effekten betroffen sind. Geht man davon aus, dass der Wertschöpfungsanstieg z.B. in Mecklenburg-Vorpommern zu zusätzlicher Nachfrage nach Produkten aus Mecklenburg-Vorpommern führt, so könnte sich der angleichende Effekt noch verstärken. Es ist jedoch auch zu beachten, dass Wertschöpfung in einer Region nicht unbedingt gleich Einkommen in derselben Region bedeuten muss, denn die Verteilung der Gewinne hängt z.B. weniger vom Sitz der Betreibergesellschaft sondern vom Heimatort der entsprechenden Anteilseigner ab. Auch der Anfall regional erbrachter Arbeitsleistungen erhöht nicht zwangsläufig die Nachfrage, denn Arbeitseinkommen kann auch in andere Regionen transferiert werden.

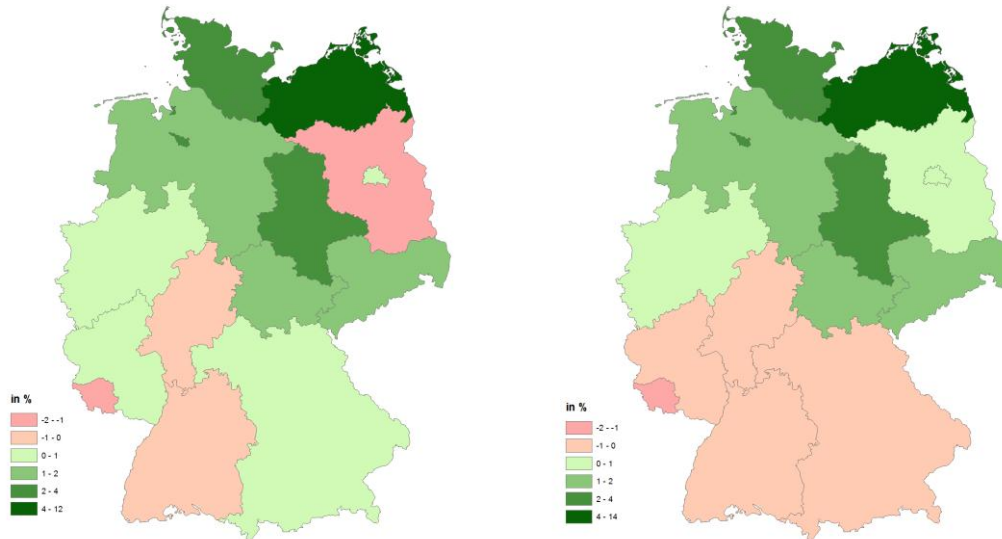


Abbildung 5: Relative Änderung der Bruttowertschöpfung (links) bzw. Beschäftigung (rechts) im Jahr 2012 im Vergleich zur Referenz 2030 in Prozent

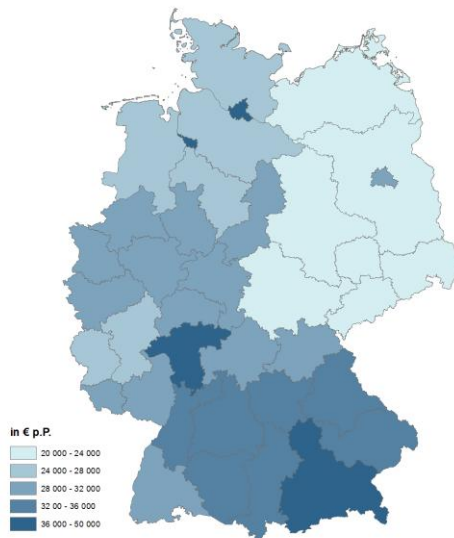


Abbildung 6: Bruttowertschöpfung pro Kopf in 2012 in Euro pro NUTS2 Region

#### 4.4 Effekte auf Einkommensgruppen

Die funktionale Einkommensverteilung weicht im Energiewendeszenario nur geringfügig von der Referenz und vom Ausgangswert in 2012 ab. Sie liegt in allen Fällen bei rund 30% für Einkommen aus Kapital (z.B. Unternehmensgewinnen) und 70% für Einkommen aus Arbeit (z.B. Löhnen), im Energiewendeszenario ist der Anteil der Löhne um knapp 0,2 Prozentpunkte höher. Bezüglich der Wirkung auf die personelle Einkommensverteilung dominiert daher das insgesamt höhere Einkommensniveau im Energiewendeszenario im Vergleich zur Referenz.

Die oberen und mittleren Dezile profitieren stärker von diesem Niveauanstieg, wodurch die Einkommensverteilung insgesamt ungleicher wird. Diese Ergebnisse beruhen jedoch auf der Annahme, dass die Einkommensarten und die Besteuerung gleich verteilt sind wie zum Zeitpunkt der Erhebung der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe 2008. In Abbildung 7 ist das monatliche reale Nettoeinkommen nach Dezilen für das Jahr 2012 sowie für das Referenz und Energiewendeszenario im Jahr 2030 dargestellt. Es wird ersichtlich, dass die Veränderung bis 2030 um ein Vielfaches größer ist als die Veränderung zwischen den beiden Szenarien.

Die Energieausgaben der privaten Haushalte liegen im Energiewendeszenario im Vergleich zum Referenzszenario in 2030 insgesamt 9% höher. Die Belastung gemessen am Anteil der Energieausgaben am Nettoeinkommen ist für die unteren Dezile größer. Hinzu kommt der oben beschriebene Effekt, dass höhere Einkommensgruppen im Energiewendeszenario von höherem Einkommen profitieren, die untersten Dezile jedoch nicht. Die Überlagerung beider Effekte ist in Abbildung 8 dargestellt. Die Energiewende (jedoch ohne Berücksichtigung von veränderter Stromnachfrage durch Effizienz) wirkt somit doppelt regressiv. Hierbei ist noch unberücksichtigt, dass die unteren Einkommensgruppen auch weniger Anpassungsmöglichkeiten an gestiegene Strompreise haben, etwa weil sie gezwungen sind, im teuren Grundtarif zu bleiben, oder weil ihnen das Budget für den Kauf energieeffizienter Haushaltsgeräte fehlt. Hier könnten entsprechende Anpassungsmaßnahmen ansetzen (siehe Diekmann et al, 2015).

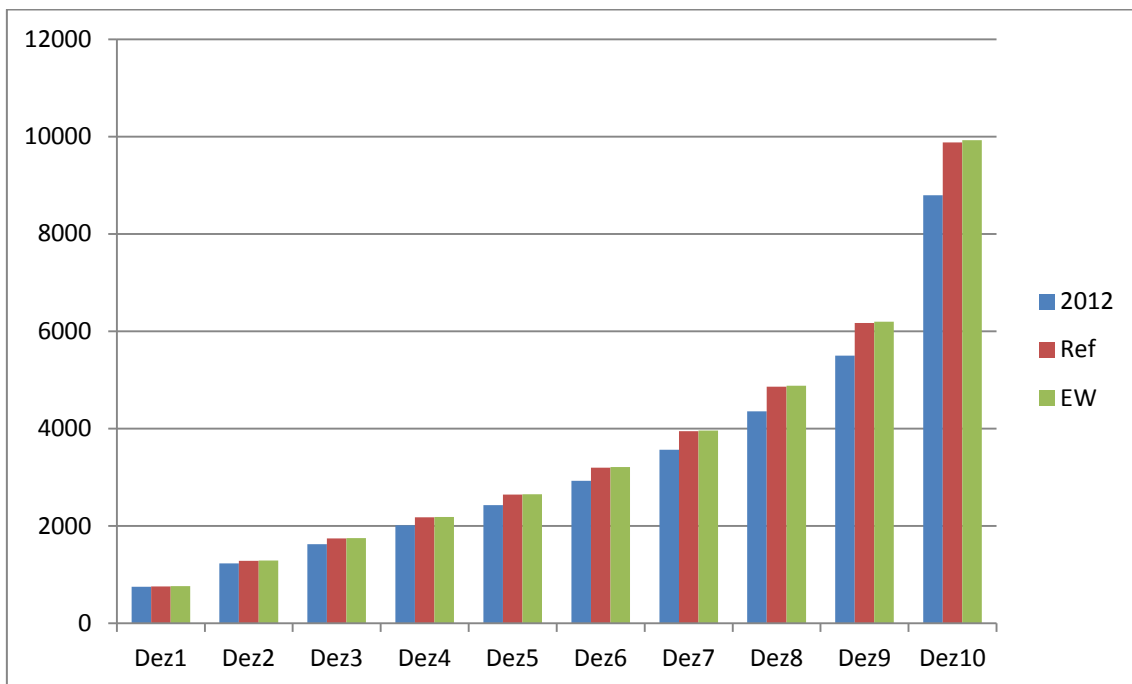


Abbildung 7: Monatliches Nettoeinkommen pro Dezil in Euro<sub>2010</sub> in 2012, im Referenzszenario 2030 und im Energiewendeszenario 2030

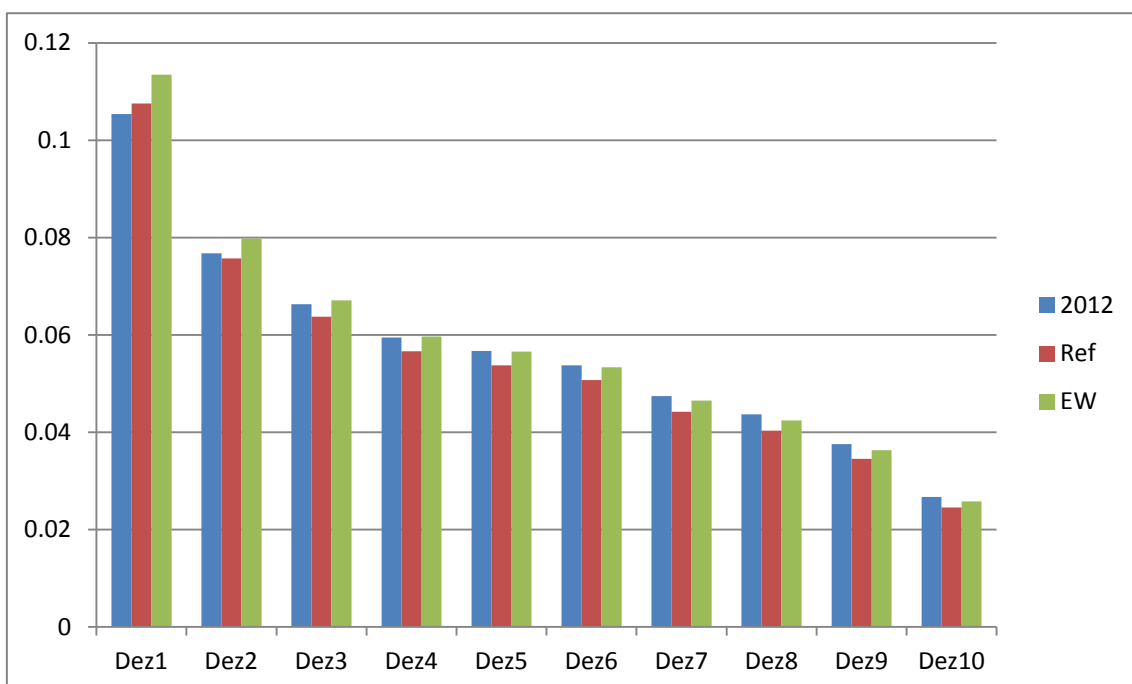


Abbildung 8: Anteil der Energieausgaben (Strom und Wärme) am Nettoeinkommen pro Dezil (dimensionslos) in 2012, im Referenzszenario 2030 und im Energiewendeszenario 2030

## 5 Fazit

Die Modellergebnisse weisen insgesamt positive Nettowirkungen der Energiewende auf Wachstum und Beschäftigung aus, allerdings sind die Effekte moderat. Das Bruttoinlandsprodukt liegt 2030 im Energiewendeszenario etwa 0.7% höher als im Referenzszenario. Die Energiewende bringt jedoch Umverteilungen mit sich, die zu unterschiedlichen regionalen, sektoralen und sozialen Effekten führen.

Energieeffizienzmaßnahmen und Ausbau der erneuerbaren Energien im Gebäudebereich dominieren die Ergebnisse deutlich und erhöhen das Nachfrageniveau. Der Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien nach der hier zu Grunde gelegten Studie „Langfristszenarien“ des BMWi führt im Vergleich dazu zu einer weniger starken Änderung des Nachfrageniveaus, wohl aber zu einer Änderung der Nachfragestruktur durch die Substitution von konventionellen Stromerzeugungstechnologien. Die größten relativen Zunahmen an Wertschöpfung finden im Bausektor und im Immobiliensektor statt. Der Nachfragerückgang für Kultur- und Freizeitbezogene Dienstleistungen lässt sich zu großen Teilen auf höhere Mietausgaben zurückführen. Der größte Rückgang im Bereich Bergbau ist ein Resultat der verringerten Nachfrage nach fossilen Brennstoffen. Die sektorale Verteilung der veränderten Arbeitskräftenachfrage folgt prinzipiell dem Muster der Wertschöpfung, allerdings ist zu beachten, dass die Arbeitsintensitäten in den Sektoren unterschiedlich hoch sind.

Die Modellergebnisse legen nahe, dass zukünftig insbesondere norddeutsche und ostdeutsche Bundesländer von der Energiewende profitieren. In diesen Regionen gibt es noch erhebliche Potentiale für den Ausbau der Erneuerbaren Energien, die im Energiewendeszenario genutzt werden. Gleichzeitig sind sie weniger betroffen von wertschöpfungsmindernden Effekten durch wegfallende Investitionen in bzw. Betrieb von konventionellen Energieerzeugungsanlagen. Aufgrund ihrer sektoralen Struktur<sup>8</sup> wirken sich auch steigende Strompreise geringer aus als in den restlichen Bundesländern. Die Energiewende stellt somit eine Chance für derzeit strukturschwächere Regionen dar. Allerdings ist im Modell unterstellt, dass ein hoher Anteil der Wertschöpfung in der Region der Energieerzeugungsanlage verbleibt. Dies müsste durch entsprechende Anreize unterstützt werden, da andernfalls ein Trend weg von der dezentralen Struktur hin zu einer auf wenige Akteure ausgerichtete Struktur zum Transfer von Einkommen in andere Regionen führen könnte.

---

<sup>8</sup> Nord- und Ostdeutschland haben im Vergleich zum Rest des Landes einen geringeren Anteil an stromintensiven Industrien.

Der Energiewende hat eine doppelte regressive Wirkung. Zum einen profitieren höhere Einkommensgruppen stärker vom Einkommenswachstum, zum anderen sind geringe Einkommensgruppen relativ stärker von höheren Energieausgaben betroffen.

In allen Szenarien sind die Anteile der Energieausgaben am Einkommen in den unteren Dezilen deutlich höher als in den oberen Dezilen. Alle Einkommensgruppen geben im Energiewendeszenario einen höheren Anteil ihres Einkommens für Energie aus als im Referenzszenario. Es gilt jedoch zu beachten, dass ein Rückgang der Stromnachfrage im Energiewendeszenario aufgrund von Effizienzmaßnahmen nicht betrachtet wurde. Für die untersten drei Einkommensdezile liegt der Anteil der Energieausgaben am Nettoeinkommen im Energiewendeszenario 2030 höher als in 2012. Mit rund 11 % ist der Energieausgabenanteil am Einkommen im ersten Dezil besonders hoch. Hier erscheinen Maßnahmen sinnvoll, die die regressive Wirkung mildern, ohne jedoch Anreize zum Energiesparen zu verlieren.

## Literatur

Blazejczak, Jürgen; Braun, Frauke G.; Edler, Dietmar; Schill, Wolf-Peter (2014): Economic effects of renewable energy expansion: A model-based analysis for Germany. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 40, S. 1070–1080. DOI: 10.1016/j.rser.2014.07.134.

BMWi, 2016. Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der Erneuerbaren Energien in Deutschland unter besonderer Berücksichtigung der nachhaltigen Entwicklung sowie regionaler Aspekte, Veröffentlichung in Kürze

Breitschopf, Barbara; Nathani, Carsten; Resch, Gustav (2013): Employment Impact Assessment Studies-Is There a Best Approach to Assess Employment Impacts of RET Deployment. *Renewable Energy L. & Pol'y Rev.*, 93.

Destatis (2015): Bevölkerung Deutschlands bis 2060. 13. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung. Wiesbaden.

Diekmann, Jochen; Breitschopf, Barbara; Lehr, Ulrike (2015): Politische Optionen zur Verminderung von Verteilungswirkungen der EEG-Umlage. GWS-Discussion Paper 15/18.

Duscha, Vicki; Fougeyrollas, Arnaud; Nathani, Carsten; Pfaff, Matthias; Ragwitz, Mario; Resch, Gustav; Schade, Wolfgang; Breitschopf, Barbara; Walz, Rainer (2016): Renewable energy deployment in Europe up to 2030 and the aim of a triple dividend. *Energy Policy*, 95, 314-323.

Hirschl, Bernd; Aretz, Astrid; Prah, Andreas; Böther, Timo; Heinbach, Katharina; Pick, Daniel; Funcke, Simon (2010): Kommunale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien. In Kooperation mit dem Zentrum für Erneuerbare Energien (ZEE). Schriftenreihe des IÖW 196/010. IÖW. Berlin.

Hirschl, Bernd; Heinbach, Katharina; Prah, Andreas; Salecki, Steven; Schröder, André; Aretz, Astrid; Weiß, Julika (2015): Wertschöpfung durch erneuerbare Energien. Ermittlung der Effekte auf Länder- und Bundesebene. Schriftenreihe des IÖW 210/15. IÖW. Berlin.

Lehr, Ulrike; Edler, Dietmar; O'Sullivan, Marlene; Peter, Frank; Bickel, Peter (2015a): Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland. Ausbau und Betrieb, heute und morgen. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. GWS, DIW, DLR, Prognos, ZSW. Osnabrück, Berlin, Stuttgart.



Lehr, Ulrike; Drosdowski, Thomas (2015b): Soziale Verteilungswirkungen der EEG-Umlage. GWS Discussion Paper 15/1. Osnabrück.

Lutz, Christian; Lindenberger, Dietmar; Kemmler, Andreas (2014): Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. GWS, EWI, Prognos. Osnabrück, Köln, Basel

OECD (2012): Medium and long-term scenarios for global growth and imbalances. In: *OECD Economic Outlook 2012* (1), S. 191–224.

O'Sullivan, Marlene; Edler, D.; Bickel, P.; Lehr, U.; Peter, F.; Sakowski, F. (2014): Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland im Jahr 2013 - eine erste Abschätzung. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. DLR, DIW, ZSW, GWS, Prognos.

Schwahn, Florian; Schwarz, Norbert (2012): Die Einkommensverteilung als Baustein zur Wohlfahrtsmessung. In: *Wirtschaft und Statistik*. Ausgabe 10/2012, Seite 829 ff.

Schwarz, Norbert (2010): Konsum in der VGR – Konzeption und Aussagekraft. SOEB Werkstattgespräch 1: Konsummuster – Differenzierung und Ungleichheit. 18./19.02.2016. Göttingen

Wiegert, Ralf; Hounsell, Susanne (2013): The challenge to Germany's global competitiveness in a new energy world. IHS Report 1/2013. IHS. Frankfurt am Main.