

Analyse der gesamtwirtschaftlichen Effekte des Energiemarktes

Christian Lutz

Ulrike Lehr

Philip Ulrich

Michael Schlesinger (Prognos AG)

prognos

gws

Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH

Heinrichstr. 30

D - 49080 Osnabrück

Christian Lutz (lutz@gws-os.com)

Tel.: +49 (541) 40933-120

Fax: +49 (541) 40933-110

Internet: www.gws-os.com

Das Discussion Paper stellt Teilergebnisse des Forschungsprojekts 46/12 „**Analyse der gesamtwirtschaftlichen Effekte des Energiemarktes**“ für das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie dar.

Osnabrück, Basel im November 2012

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	III
1 EINLEITUNG	1
2 GESAMTWIRTSCHAFTLICHE KOSTEN UND NUTZEN.....	1
2.1 DEFINITION DER „ENERGIEWENDE“	1
2.2 MÖGLICHKEITEN UND GRENZEN DESKRIPTIVER STATISTIK	3
2.3 GESAMTWIRTSCHAFTLICHE MODELLANALYSEN	3
3 INVESTITIONEN	5
3.1 ENERGIEEFFIZIENZ.....	7
3.1.1 <i>Beispiel 1: Investitionen in die energetische Sanierung von Eigenheimen.....</i>	<i>9</i>
3.1.2 <i>Beispiel 2: Investitionen in eine Anlage zur Nutzung von Abwärme in der Industrie</i>	<i>10</i>
3.2 ERNEUERBARE ENERGIEEN	11
4 BESCHÄFTIGUNG	14
5 WACHSTUM	19
6 EXTERNE EFFEKTE.....	21
7 AUSBLICK AUF GESAMTWIRTSCHAFTLICHE ANALYSEN IM RAHMEN DES MONITORING-PROZESSES.....	23
LITERATUR	24

1 EINLEITUNG

Mit der Energiewende in Deutschland ist ein langfristiger Monitoring-Prozess verankert worden, um die Zielerreichung regelmäßig zu überprüfen und bei Bedarf nachzusteuern. In dem Monitoring werden auch gesamtwirtschaftliche Effekte betrachtet. Zu Beginn des Prozesses stellen sich verschiedene methodische Fragen. GWS und Prognos haben im Rahmen des BMWI Forschungsprojekts 46/12 „Analyse der gesamtwirtschaftlichen Effekte des Energiemarktes“ einige der Punkte auch mit Blick auf die Datenverfügbarkeit beleuchtet. Die Untersuchung erhebt nicht den Anspruch der Vollständigkeit. Verschiedene Fragen bleiben zu klären. Zugleich liegen mit bereits abgeschlossenen Analysen vielfältige Erfahrungen und gute Ansatzpunkte vor, die gesamtwirtschaftlichen Effekte der Veränderungen auf den Energiemärkten zu erfassen.

2 GESAMTWIRTSCHAFTLICHE KOSTEN UND NUTZEN

2.1 DEFINITION DER „ENERGIEWENDE“

Ziel der Energiewende (Energiekonzept des Jahres 2010 plus Beschlüsse vom Sommer 2011) ist die Gewährleistung einer sicheren, wirtschaftlichen und umweltverträglichen Energieversorgung. Die Steigerung der Energieeffizienz und der Ausbau der erneuerbaren Energien sind dabei wesentliche Bestandteile. Während für die Bereiche Effizienz (Jährliche Steigerung der Relation BIP/PEV um 2,1%), erneuerbare Energien (Anstieg auf 60% am Bruttoendenergieverbrauch bis 2050) und Klimaschutz (40% THG-Minderung bis 2020; 80% bis 2050) klare und messbare Indikatoren mit quantifizierten Zielen und Zwischenzielen im Energiekonzept hinterlegt sind (BMW i 2012), ist dies für die wirtschaftliche Dimension nicht der Fall. Die Messung gesamtwirtschaftlicher Kosten und Nutzen der „Energiewende“ ist deshalb methodisch deutlich schwieriger. Einen einzelnen statistisch erfassbaren Indikator gibt es dafür nicht.

Im Rahmen des Monitoring-Prozesses lassen sich entsprechende Indikatoren und Szenarien für Kosten und Nutzen nur dann ableiten, wenn ressortübergreifend die Definition der „Energiewende“ und geeignete Referenz- oder Vergleichspunkte festgelegt werden. Wesentliche Schwierigkeit ist, dass ein Teil der Entwicklung von der deutschen oder EU-(Energie-)Politik bestimmt wird, ein anderer Teil aber durch autonomen technischen Fortschritt oder internationale Entwicklungen getrieben wird. Die Trennung von politikgetriebener und autonomer Entwicklung ist an einigen Stellen schwierig, zum Teil ist sie nicht möglich.

Die Definition der „Energiewende“ sollte alle (oder alle zusätzlichen) energiepolitischen Maßnahmen und Entwicklungen ab dem Jahr 2010 widerspiegeln und insbesondere die folgenden Bestandteile umfassen:

- Die Steigerung der Energieeffizienz in den Bereichen Industrie, Verkehr, GHD und private Haushalte,
- den Ausbau der erneuerbaren Energien,

- die mit diesen beiden Zielen verbundenen Rückgänge und Veränderungen bei der konventionellen Energieerzeugung einschließlich der damit verbundenen Veränderungen bei den Strom- und Gasnetzen. Hier ist der weitgehende Umbau der Strom- und Wärmeerzeugung umfassend einzubeziehen (d.h. u.a. Rückgänge in der Braunkohlegewinnung, im Gas- und Steinkohleimport, alle Veränderungen in den Verteilnetzen). Der Kernenergieausstieg sollte wie beschlossen enthalten sein.

Dabei ist die Energieversorgung nicht allein national, sondern auch im europäischen und internationalen Kontext zu betrachten, wenn dies für die gesamtwirtschaftlichen Effekte von Bedeutung ist. Dies gilt insbesondere bezüglich der internationalen Wettbewerbsfähigkeit energieintensiver Branchen, die bei einseitigen Kostensteigerungen Marktanteile verlieren können, aber auch mit Blick auf die Exportchancen deutscher Unternehmen, die durch die Entwicklung neuer Produkte in den genannten Teilbereichen der Energiewende auch neue Märkte erschließen können.

Referenzpunkte für die Messung der „Energiewende“ können vor diesem Hintergrund das Jahr 2010, eine kontrafaktische Entwicklung ohne energiepolitische Maßnahmen in Deutschland oder eine kontrafaktische Entwicklung ohne weitere Fortschritte bzw. Veränderungen auf den Energiemärkten sein (hierzu müsste ein Referenzszenario in die Zukunft fortgeschrieben werden, in dem alle Entwicklungen bei Energieeffizienz und Erneuerbaren auf dem Stand von 2010 eingefroren werden und u.a. die damalige Struktur des Kraftwerksparks erhalten bleibt¹). Methodischer Ausgangspunkt für die Ermittlung einer entsprechenden kontrafaktischen Entwicklung könnte das Vorgehen im 2. Nationalen Energieeffizienz-Aktionsplan (NEEAP) der Bundesrepublik sein (BMW 2011), in dem für den Bereich Energieeffizienz die Einsparwirkungen energiepolitischer Maßnahmen und marktgetriebener Entwicklungen für die Jahre 1995 bis 2016 quantifiziert werden. Per Rückrechnung ließe sich dann auch eine Entwicklung ohne diese Maßnahmen bzw. Entwicklungen bestimmen.

An einigen Stellen könnte eine Zurechnung von Effekten bis 2010 und nach 2010 schwierig werden, so dass entweder auch Entwicklungen vor 2010 mit einbezogen werden müssen oder klare Zurechnungsregeln festzulegen sind.

Da die Energiewende die gesamte Energiepolitik umfasst, bietet sich eine kontrafaktische Entwicklung ab 2011 zumindest bis zum Jahr t ohne (zusätzliche) energiepolitische Maßnahmen als Referenzentwicklung an, an der die gesamtwirtschaftlichen Effekte der Energiewende, die tatsächliche Entwicklung, gespiegelt werden können. Vergleichbar war z.B. auch das Vorgehen im Rahmen der Energieszenarien (Prognos, EWI, GWS, 2010 und 2011), dort allerdings für eine langfristige zukünftige Entwicklung. Wenn Effekte mit deutlicher Zeitverzögerung auftreten, wie dies z.B. beim EEG der Fall ist, sollte die Analyse der Energiewende auch die absehbare Zukunft enthalten (z.B. die Jahre bis $t+5$).

¹ Wird die Laufzeitverlängerung in diesem Szenario integriert, müssen im Energiewendeszenario alle Investitionen für den Kernenergieausstieg (Rückbau etc.) einbezogen werden. Werden die Regelungen vor der Laufzeitverlängerung berücksichtigt, entfallen die Effekte des eigentlichen Ausstiegsszenarios nach den Beschlüssen vom Sommer 2011 weitgehend.

2.2 MÖGLICHKEITEN UND GRENZEN DESKRIPTIVER STATISTIK

Grundsätzlich gibt es zwei Vorgehensweisen, die Informationslücke bei der Erfassung der gesamtwirtschaftlichen Kosten und Nutzen der Energiewende zu schließen. Zum einen die Betrachtung von in der Regel kurzfristig verfügbaren statistischen Indikatoren, die die ökonomische Dimension für Teilbereiche der Energiewende beschreiben. Entsprechende Indikatoren sind kosten- wie nutzenseitig definierbar:

- Investitionen in den Bereichen Energieeffizienz, Erneuerbare, Strommarkt und konventionelle Energiebereitstellung (s.u.)
- Verringerung der Energieausgaben als Folge von Energieeinsparinvestitionen oder entsprechender Dienstleistungen
- Energiepreise als sehr schnell verfügbare Indikatoren
- Verringerung der Importe fossiler Energieträger
- Beschäftigung in den aufgeführten Bereichen (s.u.)

Diese Informationen sind in Teilen ex post zeitnah (zum Monitoringbericht für das Vorjahr t-1) verfügbar. In anderen Teilen sind Erfassung und genaue Abgrenzung erst noch festzulegen. Zusätzlich bieten sich Hilfsindikatoren wie Energiepreise (im internationalen Vergleich), und die Exporte von Effizienztechnologien und Technologien im Bereich erneuerbare Energien als weitere Kosten- und Nutzenindikatoren an.

Eine Gesamtbewertung und -steuerung der Energiewende ist anhand dieser Indikatoren allerdings nicht möglich. Hohe Investitionen im Bereich Energieeffizienz sind nicht notwendigerweise ein Zeichen für großen gesamtwirtschaftlichen Nutzen der damit verbundenen Energieeinsparungen. Solange sich Investitionen einzelwirtschaftlich rechnen, nimmt mit ihrer Umsetzung in der Regel auch der gesamtwirtschaftliche Nutzen zu, wenn es nicht zu negativen Verteilungseffekten kommt. In den Energieszenarien 2010 wurden in den Zielszenarien im Gebäudebereich auch Sanierungsmaßnahmen unterstellt, die Sanierungszyklen nicht beachten und sich einzelwirtschaftlich nicht rechnen. Mehr entsprechende Investitionen könnten zu negativen gesamtwirtschaftlichen Effekten führen.

Kritisch ist auch anzumerken, dass die bisherigen Erfassungsmethoden für diese Größen je nach Institution unterschiedlich sind. Generell besteht das Problem der „großen Zahl“: Institutionen haben ein aus Sicht der politischen Ökonomie verständliches Interesse, Zahlen möglichst hoch auszuweisen, um die eigene Bedeutung herauszustellen.

Für entsprechende Kosten-Nutzenbetrachtungen wurde in den letzten Jahren deshalb vor allem auf gesamtwirtschaftliche Modellanalysen zurückgegriffen, die die zweite Herangehensweise darstellen. Auch diese Modellanalysen sind auf entsprechende Indikatoren angewiesen (zur Verfügbarkeit s.u.).

2.3 GESAMTWIRTSCHAFTLICHE MODELLANALYSEN

Gesamtwirtschaftliche Kosten-/Nutzenberechnungen basieren in der Regel auf Modellanalysen. Dies gilt für die Energieszenarien zum Energiekonzept der Bundesregierung ebenso wie z.B. auch auf EU-Ebene für die Verabschiedung des Energie- und Klimapakets im Jahr 2008. Dabei gehen Daten aus technisch orientierten bottom-up-Modellen als Inputgrößen in gesamtwirtschaftliche top-down-Analysen ein. Mit der Szenariotechnik

werden dann Differenzen von gesamtwirtschaftlichen Modellgrößen zwischen unterschiedlichen Szenarien als gesamtwirtschaftliche Effekte interpretiert.

Die notwendigen Arbeitsschritte sind wie folgt (zu den Details s.u.):

1. Definition der Referenzentwicklung
2. Definition der Einzelmaßnahmen (bottom-up)
3. Übersetzung in ökonomische Impulse
4. Umsetzung der Referenzentwicklung und der Impulse in Top-down-Modelle
5. Interpretation der Ergebnisse

Dabei werden die Kosten/Nutzen der einzelnen Maßnahmen zunächst isoliert, also bottom-up und einzelwirtschaftlich, betrachtet. Sie sollten abdiskontiert und in Jahresscheiben ausgewiesen werden, um einerseits den Gesamtimpuls über die Zeit und andererseits den jahresscharfen Impuls darzustellen. In den gesamtwirtschaftlichen Modellanalysen werden dann die jahresscharfen Impulse eingestellt und durch Berücksichtigung von vielfältigen Zweitunden- und Rückkopplungseffekten die gesamtwirtschaftlichen Kosten bzw. Nutzen berechnet. Externe Kosten (vgl. Abschnitt 6) sind darin nicht enthalten. Diese Berechnungen sollten als „nowcast“ insbesondere für die Jahre $t-1$ und t durchgeführt werden. Für das Jahr $t-1$ werden die wesentlichen Ausgangsgrößen tatsächlich vorliegen, wenn das Monitoring entsprechend gestaltet wird. Für das Jahr t kann auf Abschätzungen (erwartete Energiepreise, EEG-Umlage,...) und Plangrößen (Gebäudesanierung, Neuinstallation erneuerbarer Energien etc.) zurückgegriffen werden. In einem kontinuierlichen Monitoring-Prozess können diese Zusammenhänge im Verlauf der Jahre evaluiert und verfeinert werden. Wegen zeitlichen Auseinanderfallens von Kosten (z.B. EEG-Umlage über 20 Jahre) und Nutzen (Investitionsnachfrage im Jahr t) sollte ein überschaubarer Zukunftszeitraum mit betrachtet werden (z.B. bis zum Jahr $t+5$). Darin können dann auch Abschätzungen über Kostenentwicklungen eingehen (z.B. bei der EEG-Umlage in Form der Mittelfristprojektion im Auftrag der Netzbetreiber).

Der Einsatz von Modellanalysen ist für ex post-Betrachtungen grundsätzlich ebenso möglich wie ex ante. Allerdings ergeben sich weitere Probleme dadurch, dass ein Teil der Modellgrößen mit unterschiedlicher Qualität für ein Monitoring des Jahres $t-1$ bereits vorliegt. Energieimportpreise sind z.B. zeitnah verfügbar, vollständige ökonomische Strukturdaten und Energiebilanzdaten erst mit mehrjähriger Verzögerung. Die Erstellung und Vermittlung kontrafaktischer ex post-Szenarien wird schwieriger sein als bei langfristigen ex ante-Szenarien, bei denen unmittelbar einsichtig ist, dass die Zukunft, und damit alle Modellgrößen“ unsicher sind. ISI et al. (2012, S.10-11) setzen sich im Fall des IEKP-Monitoring mit entsprechenden Fragen auseinander.¹

Bei der räumlichen Systemgrenze sind gewisse trade-offs zwischen einer nationalen und einer internationalen Betrachtung zu berücksichtigen. Eine nationale Betrachtung bietet den Vorteil der schnellen Verfügbarkeit und Verwendbarkeit der nationalen Daten, auf die sich auch die Ziele der Energiewende beziehen. Außerdem ist oft auch eine größere

¹ Die Veröffentlichung ist auch zu Methoden(-problemen) beim Monitoring von Politikmaßnahmen ex post insgesamt aufschlussreich.

Differenzierung gegeben, so dass die Maßnahmen passender erfasst werden können. Internationale Entwicklungen sind allerdings abgeschnitten. Umgekehrt verlangt eine internationale Betrachtung einen sehr viel höheren Datenaufwand. Bei internationalen Quellen sind Aktualität und Verlässlichkeit geringer.

Die Strommarktentwicklung sollte im Kontext des europäischen Binnenmarkts betrachtet werden. Strommarktmodelle bilden in der Regel den deutschen Strommarkt im europäischen Kontext ab. Die Erfassung der Wettbewerbseffekte von Energiepreisänderungen für die energieintensive Industrie ist nur in einem internationalen Modell sinnvoll möglich, das auch die wesentlichen Konkurrenten mit abbildet. Für die Energieeffizienz ist der nationale Rahmen dagegen weitgehend ausreichend. Für erneuerbare Energien spielt die Entwicklung im Inland zwar die größte Rolle, zunehmend wird aber die Verflechtung mit dem Ausland für die gesamtwirtschaftliche Analyse wichtiger. Vor diesem Hintergrund erscheint eine einseitige Festlegung auf ein ausschließlich nationales oder internationales Modell nicht sinnvoll.

Das grundlegende Problem ist die richtige Übersetzung der verfügbaren Indikatoren in gesamtwirtschaftliche Impulse. Zentral ist neben der Abgrenzung der Investitionsimpulse die Frage der Zusätzlichkeit der Investitionen (vgl. Abschnitt 3). Zwar haben Politikmaßnahmen in jedem Fall einen Lenkungseffekt, auch wenn private Mittel in die geförderten Bereiche gelenkt werden. Positive gesamtwirtschaftliche Effekte sind dann zu erwarten, wenn die geförderten Bereiche wertschöpfungsintensiver sind als verdrängte Bereiche. Jedoch entfalten zusätzliche Investitionen sehr viel stärkere positive gesamtwirtschaftliche Effekte. Diese Abgrenzung stellt aber eine der zentralen Unsicherheiten bei der Erfassung der gesamtwirtschaftlichen Effekte im Rahmen des Energiewende-Monitorings dar.

Generell ist der Umgang mit Unsicherheiten wichtig für Qualität und Akzeptanz aller Arbeitsschritte. Zentrale Parameter sollten in Sensitivitätsanalysen auf ihre Bedeutung untersucht werden. Die Verwendung verschiedener Ansätze/Modelle erhöht bei gleichgerichteten Ergebnissen die Akzeptanz und führt bei gegenläufigen Effekten zu einer Diskussion der dafür verantwortlichen Effekte. Ein entsprechender Grundkonsens verschiedener Modellanalysen, in der Vergangenheit z.B. bei der Frage der ökonomischen Effekte einer Laufzeitverlängerung der Kernkraftwerke, erhöht auch die Akzeptanz entsprechender Modellergebnisse.

3 INVESTITIONEN

In mehreren Studien wurden Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und des Ausbaus erneuerbarer Energien im Rahmen von ex ante-Evaluierungen gesamtwirtschaftlich bewertet. U.a. hat GWS im Rahmen der Arbeiten an den Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung die gesamtwirtschaftlichen Wirkungen berechnet, die sich ergeben, wenn statt eines energiewirtschaftlichen Referenzszenarios ein Zielszenario zugrunde gelegt wird. Den Input für die Berechnungen lieferten Prognos und EWI in Form von Differenzinvestitionen (zwischen den Szenarien) aller Sektoren in Energieeffizienz, Kraftwerkspark und erneuerbare Energien, den damit verbundenen Energiekosteneinsparungen sowie veränderten Strompreisen nach verschiedenen Verbrauchergruppen.

Bei diesen Berechnungen handelt es sich um Simulationen mit einer Vielzahl von Annahmen. Für die Ermittlung der gesamtwirtschaftlichen Effekte im Rahmen eines ex post-Monitorings der Energiewende wäre ein analoges Verfahren wünschenswert, ist aber auf Basis allein der verfügbaren Ist-Daten nicht realistisch. Die Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (VGR) erfassen zwar Investitionen, nicht aber die dahinter stehende Motivation (Steigerung der Energieeffizienz). Politikmaßnahmen sind zusätzlich entsprechend zu analysieren (vgl. z.B. Prognos, GWS 2009).

Bei der Beurteilung der gesamtwirtschaftlichen Wirkung von Einsparinvestitionen oder Investitionen in erneuerbare Energien sind drei Fälle zu unterscheiden:

- Handelt es sich um *zusätzliche* Investitionen, steigt die gesamtwirtschaftliche Nachfrage. Davon gehen i.d.R. positive Effekte auf Wertschöpfung und Beschäftigung aus.

Wie groß die Wertschöpfungseffekte sind, hängt im Wesentlichen davon ab, welcher Teil der Investitionen – und der zu ihrer Herstellung benötigten Vorleistungen – heimischer Produktion entstammt und wie groß deren Importanteil ist. Für den Beschäftigungseffekt ist darüber hinaus wichtig, wie hoch die Arbeitsproduktivität in denjenigen Branchen ist, die die Investitionsgüter herstellen.

Bei der Ermittlung des Wertschöpfungseffektes und des Beschäftigungseffektes sind neben den Endprodukten auch die Vorlieferungen in die Betrachtung einzubeziehen (vgl. Abschnitt 4).

- *Verdrängen* die Investitionen in Energieeffizienz oder erneuerbare Energien andere Investitionen, bleibt der Umfang der gesamtwirtschaftlichen Nachfrage zunächst unverändert. Doch dürfte sich ihre Struktur verändern: die entsprechenden Produkte werden zum Teil in anderen Branchen hergestellt als die verdrängten Investitionsgüter. Damit sind andere (Import-) Vorleistungsketten und Struktureffekte verbunden, die wiederum das gesamtwirtschaftliche Nachfragevolumen verändern können. Ob dies dann größer oder kleiner ausfällt ist a priori unklar.

Unterscheidet sich die Arbeitsproduktivität der Branchen, die die neuen Produkte herstellen, von der Produktivität derjenigen Branchen, die die verdrängten Investitionen anbieten, kann es zusätzliche Beschäftigungseffekte geben. Auch hier lässt sich nur im konkreten Fall eine Aussage darüber treffen, in welche Richtung die Wirkung geht.

- Die beiden bisher beschriebenen Fälle gehen davon aus, dass bei den Anbietern von Einsparprodukten und den Herstellern von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien freie Kapazitäten bestehen. Ist das nicht der Fall und lassen sich die Kapazitäten kurzfristig nicht erweitern, steigen die Löhne und die Preise der entsprechenden Investitionsgüter.

Alternativ (und / oder parallel dazu) könnten die Produkte importiert werden, wodurch sich die Importausgaben erhöhen und Kaufkraft ins Ausland abfließt. Denkbar ist auch, dass Produktionskapazitäten (Personal und Sachanlagen) umgewidmet werden und die Preise auch anderer Güter steigen. Generell wären mit steigenden Preisen negative gesamtwirtschaftliche Konsequenzen verbunden.

3.1 ENERGIEEFFIZIENZ

Die Steigerung der Energieeffizienz ist neben dem Ausstieg aus der Kernenergie und dem Ausbau von erneuerbaren Energien und Stromnetzen eine tragende Säule der Energiewende. Mehr Energieeffizienz setzt in der Regel Energieeinsparinvestitionen voraus und führt mittel- bis längerfristig zu weniger Energieverbrauch und niedrigeren Ausgaben für Energieträger.¹

Die gesamtwirtschaftlichen Effekte einer steigenden Energieeffizienz lassen sich theoretisch beschreiben. Sie praktisch zu erfassen und zu quantifizieren, stößt aber auf erhebliche Schwierigkeiten. Ein wesentlicher Grund dafür ist die Vielzahl dezentraler Energieeinsparinvestitionen – von Investitionen privater Haushalte in die energetische Sanierung von Eigenheimen oder in energiesparende Heizkessel über die Optimierung von Abwärmenutzungssystemen in Betrieben bis zum Kauf kraftstoffsparender Hybrid-Pkw. Dabei ist die Abgrenzung „energieeffizienter Produkte“ von weniger effizienten „Standardprodukten“ meist nicht einfach, ebenso stellt sich die Frage der „Zusätzlichkeit“ der Investitionen.

In der Regel sind sparsamere Anlagen – z.B. verbesserter Wärmeschutz bei Gebäuden, Brennwertkessel, elektronisch geregelte Elektromotoren, Kühlschränke mit dem Energie-label A⁺⁺⁺, Hybrid-Fahrzeuge – teurer als weniger energieeffiziente Alternativen. Die Differenzkosten zwischen energieeffizienter Anlage und Standardprodukt bilden in der Regel die Basis für die Zusatzinvestitionen, die in die Modellierung zur Ermittlung gesamtwirtschaftlicher Effekte eingehen. Daneben gibt es Fälle, in denen besonders sparsame Anlagen nicht teurer oder sogar preiswerter sind als andere – vergleichbare – Angebote. Die Differenzkosten sind dann Null oder negativ. Hinweise auf Zusatzinvestitionen lassen sich den Daten der GfK (Elektrogeräte nach Effizienzklassen mit Angaben zu Durchschnittskosten), den BDH-Heizungsstatistiken (Heizanlagen) oder den Sanierungsprogrammen der KfW entnehmen. Zum Teil sind ergänzende Schätzungen erforderlich, damit die Informationen als Modellinput verwendet werden können.

Ebenso problematisch wie die Ableitung der Zusatzinvestitionen ist die Bestimmung der damit verbundenen Einsparungen an Energie² und vermiedenen Ausgaben für Energieträger. Entsprechende statistische Daten sind kaum zeitnah verfügbar. Zum Teil lassen sich Informationen über öffentliche Förderprogramme nutzen, um die gesamtwirtschaftlichen Effekte einer steigenden Energieeffizienz wenigstens grob abzuschätzen. Möglich ist das beispielsweise bei den KfW-Programmen zur Gebäudesanierung, wobei vereinfachende Annahmen getroffen werden müssen, um die Größenordnung zusätzlicher Effizienzinvestitionen zu quantifizieren. Die folgenden Tabellen geben einen Eindruck von den verfügbaren Daten im Bereich Gebäudesanierung:

¹ Ohne Einsparinvestitionen steigt die gesamtwirtschaftliche Energieeffizienz auch dann, wenn sich die Wirtschaftsstruktur zugunsten der weniger energieintensiven Branchen verschiebt oder sich der Energieverbrauch verhaltensbedingt durch einen bewussteren Umgang mit Energie verringert. Diese Fälle werden hier nicht betrachtet.

² Hierzu liefert immerhin der 2. Nationale Energieeffizienz-Aktionsplan (BMWi 2011) wichtige Informationen und Berechnungswege.

Tabelle 1: Investitionen in den Wohngebäudebestand in Mio. Euro zum Zeitpunkt der Baugenehmigung

	Neubau gesamt ¹	Neubau KfW-gefördert ²	Bauleistungen an bestehenden Gebäuden ³	Energetische Gebäudesanierung KfW-gefördert ²
2006	31.742	7.475	90.290	3.524
2007	27.161	7.434	106.260	2.139
2008	22.426	7.995	115.610	3.217
2009	20.488	9.890	116.360	6.960
2010	21.226	14.287	122.190	6.919

Tabelle 2: Ausgelöste Investitionen durch KfW-Programme im Zeitraum 2000 bis 2005

		2000	2001	2002	2003	2004	2005	Summe	Mittelwert
Neubau									
Ökologisch Bauen	Mio. Euro						1.701	1.701	1.701
Sanieren									
CO ₂ -Minderungsprogramm	Mio. Euro			3.032				3.032	1.011
KfW-Wohnraummodernisierungsprogramm II (Annahme: 15% der Investitionen waren Energiesparmaßnahmen)	Mio. Euro			349				349	116
KfW-Wohnraummodernisierungsprogramm 2003 (Annahme: 30% der sanierten Wohneinheiten wurden energetisch verbessert)	Mio. Euro				639			639	639
CO ₂ -Gebäudesanierungsprogramm inkl. Zuschuss	Mio. Euro			667	1.747	1.944	1.457	5.148	1.370
Wohnraum Modernisieren Öko Plus / Mix	Mio. Euro						454	454	454

Quelle: Programmauswertungen der KfW

¹ Destatis 2012: Ausgewählte Zahlen für die Bauwirtschaft, Tabelle 3.2 Baufertigstellungen. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2012.

² Programmauswertungen der KfW: IWU/BEI 2007, 2008, 2009, 2010, 2011

³ DIW 2011: Strukturdaten zur Produktion und Beschäftigung im Baugewerbe – Berechnungen für das Jahr 2010. DIW, Berlin 2011

Tabelle 3: Auswertung der KfW EBS-Programme im Zeitraum 2006 bis 2010

			2006	2007	2008	2009	2010	Summe	Mittelwert
Neubau									
	Wohneinheiten	WE	55.333	48.432	49.147	64.223	84.265	301.400	60.280
	EEV	GWh/a	396	345	338	399	491	1.969	394
	EEV Einsparung	GWh/a	252	227	237	338	288	1.342	268
	EEV Einsparung	%	39%	40%	41%	46%	37%		
	CO2-Emissionen Einsparung	t/a	74.795	66.911	68.905	102.707	93.106	406.424	81.285
	CO2-Emissionen Einsparung	%	43%	44%	46%	51%	41%		
	Investitionen (Brutto)	Mio. Euro	7.475	7.434	7.995	9.890	14.287	47.081	9.416
Sanieren									
	Wohneinheiten	WE	155.404	88.590	134.331	363.049	342.756	1.084.130	216.826
	Wohnfläche	Mio. m ²	13	8	12		32	64	
	EEV Einsparung	GWh/a	1.530	930	1.530	2.679	2.451	9.120	1.824
	EEV Einsparung	%	41%	44%	48%		31%		
	CO2-Emissionen Einsparung	t/a	675.960	315.820	544.660	954.564	847.732	3.338.736	667.747
	CO2-Emissionen Einsparung	%	59%	51%	56%		37%		
	Investitionen (Brutto)	Mio. Euro	3.524	2.139	3.217	6.960	6.919	22.759	4.552
KfW EBS gesamt									
	Wohneinheiten	WE	210.737	137.022	183.478	427.272	427.021	1.385.530	277.106
	EEV Einsparung	GWh/a	1.782	1.157	1.767	3.017	2.739	10.462	2.092
	CO2 Einsparung	t/a	750.755	382.731	613.565	1.057.271	940.838	3.745.160	749.032
	Investitionen (Brutto)	Mio. Euro	10.999	9.573	11.212	16.850	21.206	69.840	13.968
	Haushaltsmittel	Mio. Euro	1.489	838	1.293	2.033	1.350	7.003	1.401
	Förderhebel	-	7,4	11,4	8,7	8,3	15,7	10,0	10,0

Quelle: IWU/BEI (2011)

Anhand von zwei Beispielen wird im Folgenden verdeutlicht, welche gesamtwirtschaftlichen Wirkungen von Investitionen in eine steigende Energieeffizienz ausgehen.

3.1.1 BEISPIEL 1: INVESTITIONEN IN DIE ENERGETISCHE SANIERUNG VON EIGENHEIMEN

Saniert ein Eigenheimbesitzer sein Haus, gehen davon folgende gesamtwirtschaftliche Wirkungen aus:

- Die Nachfrage nach Leistungen des Ausbaugewerbes (Investition) steigt (Wirkung auf gesamtwirtschaftliche BWS +).
- Die Beschäftigung im Ausbaugewerbe erhöht sich (+).
- Der ausführende Handwerksbetrieb fragt zusätzliche Vorleistungen entsprechend seiner Vorleistungsstruktur nach. Dazu gehören z.B. Dämmstoffe und Transportleistungen, in der Regel sind auch im begrenzten Umfang Mehrleistungen von externen Planern oder Architekten notwendig. Dort entsteht zusätzliche Beschäftigung und Bedarf an entsprechenden zusätzlichen Vorleistungen (+).
- Die zusätzlich Beschäftigten fragen zusätzlich Konsumgüter nach (Annahme: es besteht Arbeitslosigkeit, Wirkung: +).
- Die zusätzliche Konsumnachfrage führt zu Mehrnachfrage im Handel und dessen Vorlieferanten, und deren Vorlieferanten (+).
- Der Eigenheimbesitzer finanziert die Sanierung zum Teil aus Ersparnissen, zum Teil durch Kreditaufnahme. Zinszahlungen und Tilgung des Kredits in den Folgejahren schränken die Konsummöglichkeiten des Eigenheimbesitzers ein und verringern die gesamtwirtschaftliche Konsumnachfrage, sofern der Kreditgeber und Zinsempfänger dies nicht kompensiert (-).
- Durch die energetische Sanierung sinkt der Energieverbrauch des Eigenheims. Die Energiekosten des Eigenheimbesitzers sind niedriger als ohne Sanierung. Die ein-

gesparten Energiekosten werden für andere Konsumgüter ausgegeben und erhöhen, für sich genommen, die gesamtwirtschaftliche Konsumnachfrage (+).

- Der Import von Energieträgern geht zurück, die gesamtwirtschaftlichen Ausgaben für den Import von Energieträgern sind niedriger (+).

Aufgrund des Zusammenwirkens der Effekte sind gesamtwirtschaftlich positive Konsequenzen der energetischen Gebäudesanierung zu erwarten. Wie groß diese ausfallen, hängt im Wesentlichen von der Vorleistungsstruktur (heimische Lieferanten oder Importe), von der Arbeitsproduktivität in den betroffenen Branchen und ihrer Kapazitätsauslastung ab.

3.1.2 BEISPIEL 2: INVESTITIONEN IN EINE ANLAGE ZUR NUTZUNG VON ABWÄRME IN DER INDUSTRIE

Beim Einbau einer Anlage zur Abwärmenutzung in einem Industriebetrieb entstehen folgende gesamtwirtschaftliche Effekte:

- Die Nachfrage nach Beratungsleistungen zur Planung und Dimensionierung der Anlage steigt (+).
- Wird die Anlage geplant und realisiert, erhöht sich die Investitionsnachfrage, Bruttowertschöpfung und Beschäftigung beim Anlagenhersteller nehmen zu (+).
- Der Anlagenhersteller (Branche Maschinen- und Anlagenbau) fragt zusätzliche Vorleistungen entsprechend seiner Vorleistungsstruktur nach. Dazu gehören z.B. Metallenerzeugnisse, Elektromotoren und Elektronikteile zur Anlagensteuerung sowie Transportleistungen. Bei den Herstellern dieser Produkte entsteht zusätzliche Beschäftigung und Bedarf an entsprechenden zusätzlichen Vorleistungen (+)
- Die zusätzlich Beschäftigten fragen zusätzlich Konsumgüter nach (+).
- Die zusätzliche Konsumnachfrage führt zu Mehrnachfrage im Handel und dessen Vorlieferanten, und deren Vorlieferanten (+).
- Der Betrieb finanziert die Anlage zur Wärmerückgewinnung zum Teil aus Eigenmitteln, zum Teil durch Kreditaufnahme. Die Abschreibung der Anlage in den Folgejahren mindert den Gewinn des Unternehmens ebenso wie die Zahlungen für Zins und Tilgung. Dadurch verändert sich Wertschöpfungsstruktur.
- Durch den Einbau der Anlage zur Wärmerückgewinnung benötigt der Betrieb weniger Energie zur Erzeugung von Wärme, die Energiekosten sind niedriger als ohne die Investition, die Wertschöpfung des Betriebes entsprechend höher (+).
- Der Bedarf des Betriebes an Vorleistungen in Form von Energieträgern geht zurück und verringert die Nachfrage bei den Anbietern von Energie. Dadurch sinken dort Wertschöpfung und Beschäftigung mit den entsprechenden Folgewirkungen (-).
- Der Import von Energieträgern geht zurück, die gesamtwirtschaftlichen Ausgaben für den Import von Energieträgern sind niedriger. Bei unveränderten Exporten erhöht dies den Außenbeitrag und das BIP (+).

Ähnlich wie bei der energetischen Gebäudesanierung ist auch bei Energieeinsparinvestitionen im gewerblichen Bereich mit positiven gesamtwirtschaftlichen Effekten zu rechnen. Ihre Höhe hängt im Wesentlichen wiederum von der Vorleistungsstruktur (heimische

Lieferanten oder Importe), von der Arbeitsproduktivität in den betroffenen Branchen und ihrer Kapazitätsauslastung ab.

Die bisherige Betrachtung abstrahiert von Verhaltenseffekten auf Seiten der Unternehmen. So könnte der investierende Betrieb im Beispiel 2 als Folge höherer Abschreibungen und Kreditkosten seine Produktpreise erhöhen mit möglicherweise negativen Folgen für den Absatz, insbesondere wenn die Energiesparinvestition nicht wirtschaftlich ist und sich damit die Gesamtkosten des Betriebs erhöhen. Überwiegen die Einsparungen den Anfangsaufwand der Investition bei einer für den Betrieb angemessenen Kapitalverzinsung über die gesamte Abschreibungsdauer, wirkt sich die Investition mittelfristig kostendämpfend aus und verbessert die preisliche Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens.

Die Konsequenzen für den Absatz dürften sich umso eher zeigen, je intensiver der Wettbewerb auf dem entsprechenden Markt ist. Gesamtwirtschaftlich besonders ungünstig würde sich die Situation darstellen, wenn das Unternehmen in einem intensiven internationalen Wettbewerb steht und sich durch eine Preiserhöhung der Außenbeitrag verschlechtert.

Generell ist davon auszugehen, dass die Steigerung der Energieeffizienz mit positiven gesamtwirtschaftlichen Effekten verbunden ist¹:

- Der Primärimpuls, der in der Regel den Gesamteffekt dominiert, besteht in der Ausweitung der Investitionen. Davon gehen positive Effekte auf gesamtwirtschaftliche Nachfrage und Wertschöpfung aus.
- Die Einsparinvestitionen führen in den Folgejahren zu verringertem Energieverbrauch und damit zu niedrigeren Ausgaben für den Import von Energieträgern. Dadurch erhöhen sich Außenbeitrag und Wertschöpfung sowie BIP.
- Negative Konsequenzen können aus eingeschränkten Konsummöglichkeiten und verringerter Nachfrage nach inländischen Vorleistungen resultieren.

Letztlich werden bei einer durch Einsparinvestitionen ausgelösten Steigerung der Energieeffizienz Energieträgerimporte (zumindest teilweise) durch heimische Wertschöpfung ersetzt.

3.2 ERNEUERBARE ENERGIE

Investitionen in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Strom- und Wärmebereich wurden bislang in vielen Untersuchungen als „zusätzlich“ eingestuft. Betrachtet man die Entwicklung der Investitionen zusammen mit der Förderpolitik, so lässt sich zumindest auf einen positiven zeitlichen Zusammenhang zwischen Förderung und Investition schließen. Wenn Zusätzlichkeit mit Blick auf politische Maßnahmen definiert ist, können Investitionen in erneuerbare Energien als zusätzlich gelten. Selbst bei einer stärkeren Marktintegration der erneuerbaren Energien können zumindest die Differenzinvestitionen zu einer fossil basierten Strom- und Wärmeerzeugung in einer Nettorechnung als zusätzlich

¹ Es gelten die aufgeführten Einschränkungen.

eingestuft werden. Brutto- und Nettokonzepte werden weiter unten zur Diskussion der Beschäftigungs- und Wachstumseffekte definiert.

Durch die Investition beispielsweise in einen Windpark entstehen folgende gesamtwirtschaftliche Effekte (Beispiel 3: Investitionen in einen Windpark):

- Die Nachfrage nach Beratungsleistungen zur Planung und Dimensionierung der Anlage steigt (+).
- Ist die Anlage geplant, erhöht sich die Investitionsnachfrage, Bruttowertschöpfung und Beschäftigung beim Anlagenhersteller nehmen zu (+).
- Der Anlagenhersteller (Branche Maschinen- und Anlagenbau) fragt zusätzliche Vorleistungen entsprechend seiner Vorleistungsstruktur nach. Dazu gehören z.B. Metallerzeugnisse (Türme, Spulen, Kabel), Werkstoffe aus der chemischen Industrie (Rotoren), Bauleistungen, Elektromotoren und Elektronikteile zur Anlagensteuerung sowie Transportleistungen. Bei den Herstellern dieser Produkte entsteht zusätzliche Beschäftigung und Bedarf an entsprechenden zusätzlichen Vorleistungen (+)
- Die zusätzlich Beschäftigten fragen zusätzlich Konsumgüter nach (+).
- Die zusätzliche Konsumnachfrage führt zu Mehrnachfrage im Handel und dessen Vorlieferanten, und deren Vorlieferanten (+).
- Höhere Strompreise reduzieren dagegen die Nachfrage nach sonstigen Gütern (-).
- Der Windpark ist in der Regel zum Teil durch Kreditaufnahme finanziert. Die Abschreibung der Anlage in den Folgejahren ebenso wie die Zahlungen für Zins und Tilgung müssen vom Eigentümer oder Betreiber geleistet werden (-). Dem stehen die Einnahmen aus dem eingespeisten Strom gegenüber (+).
- Fossile Energieträger werden substituiert. Dadurch sinken dort Wertschöpfung und Beschäftigung mit den entsprechenden Folgewirkungen (-).
- Der Import von Energieträgern geht zurück, die gesamtwirtschaftlichen Ausgaben für den Import von Energieträgern sind niedriger. Bei unveränderten Exporten erhöht dies den Außenbeitrag und das BIP (+).

Die Investitionen in erneuerbare Energien liegen seit 2005 jeweils im März eines Jahres für das Vorjahr vor (BMU 2012) (Tabelle 4). In 2011 wurden 22,9 Mrd. Euro in den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland investiert. Gegenüber 2010 ging dieser Betrag um 3,6 Mrd. Euro zurück, was überwiegend auf den Preisverfall bei der Photovoltaik zurückzuführen ist: während in 2010 für 7,4 GW 19 Mrd. Euro investiert wurden, schlugen die 7,5 GW PV in 2011 mit 15 Mrd. Euro zu Buche. Diese Investitionen werden gesamtwirtschaftlich als Nachfrageeffekte (vgl. Abschnitt 4) wirksam bei der Installation der Anlagen und bei ihrer Herstellung in Deutschland, sowie langfristig beim Betrieb und der Wartung der inländischen Anlagen. Gegenzurechnen sind die veränderten Investitionen im Kraftwerkspark insgesamt (konventionelle Kraftwerke, Netze, Speicher).

Tabelle 4: Investitionen in erneuerbare Energien in Deutschland

	Wind- kraft	Wasser- kraft	Geo- thermie	PV	Solar- thermie	Biomasse Stromer- zeugung	Biomasse Wärme- erzeugung	Summe
2004	2.363	70	193	2.250	530	1.626	-	7.032
2006	2.900	70	590	4.280	910	1.350	1.520	11.620
2007	2.300	70	650	4.950	750	1.450	1.400	11.570
2008	2.300	70	1.100	8.000	1.500	800	1.450	15.220
2009	2.650	70	1.000	12.000	1.250	2.100	1.350	20.420
2010	2.500	70	850	19.500	950	1.550	1.150	26.570
2011	2.950	70	960	15.000	1.050	2.000	880	22.910

Quelle: BMU (2012), verschiedene Jahrgänge

Für die Beschäftigungseffekte im Bereich erneuerbare Energien sind die Umsätze deutscher Unternehmen im In- und Ausland entscheidend. Die Differenz zwischen Umsätzen und Investitionen beschreibt die Nettoexporte bzw. -importe nach einzelnen Energieträgern.

Tabelle 5: Umsätze durch die Herstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien

	Wind- kraft	Wasser- kraft	Geo- thermie	PV	Solar- thermie	Biomasse Stromer- zeugung	Biomasse Wärme- erzeugung	Summe
2004	3.147	333	116	1.275	406	1.080	119	6.476
2006	5.300	333	290	1.975	811	1.254	668	10.631
2007	4.230	250	645	3.345	640	1.855	855	11.820
2008	5.060	250	955	5.485	1.140	1.700	940	15.530
2009	5.595	250	920	6.075	1.060	1.690	1.205	16.795
2010	8.200	360	810	12.220	990	1.230	1.510	25.320
2011	8.910	360	860	10.770	1.080	820	2.140	24.940

Quelle: BMU (2012), verschiedene Jahrgänge

Die Mehrkosten der Strom- und Wärmerzeugung aus erneuerbaren Energien werden preiswirksam im Falle der Stromerzeugung über die Umverteilung der Kosten durch das EEG. Die EEG-Umlage stieg von 2,047 ct/kWh in 2009 auf 3,59 ct/kWh in 2012. Hierbei ist zu beachten, dass die Umlage des jeweiligen Jahres auf Prognosen im Herbst des Vorjahres basiert, zu denen Abschätzung über den EE-Zubau, die Stromerzeugung aus

erneuerbaren Energien, den Direktvermarktungsanteil, den Stromverbrauch insgesamt und den privilegierten Letztverbrauch gehören. Der Marktpreis für Strom wird aus den EEX-Futures abgeleitet. Die Daten zur Berechnung der tatsächlichen Umlage zur Deckung der Mehrkosten stehen erst in der zweiten Hälfte eines jeweiligen Folgejahres zur Verfügung. Die Umlage ist aus gesamtwirtschaftlicher Sicht zunächst eine Umverteilung, bei der Geld von Stromverbrauchern (unter bestimmten jährlichen Schwellenwerten) an die Eigentümer der EE-Anlagen fließt. Sie ist vor allem verteilungspolitisch überaus brisant. Gesamtwirtschaftlich ist die Entwicklung der Strompreise für die einzelnen Verbrauchergruppen zentraler Indikator der Kostenseite.

4 BESCHÄFTIGUNG

Politische Maßnahmen werden oftmals nach ihren Wirkungen auf den Arbeitsmarkt beurteilt. Dabei liegen unterschiedliche Darstellungskonzepte vor, die einen direkten Vergleich vielfach erschweren oder sogar unmöglich werden lassen. Will man die Beschäftigungseffekte der Energiewende erfassen, müssen Abgrenzungsentscheidungen auf unterschiedlichen Ebenen getroffen werden.

Zunächst müssen die Bestandteile der Energiewende abgegrenzt werden, die in der Analyse berücksichtigt werden sollen (s.o.). In einem zweiten Schritt muss das Konzept festgelegt werden, nach dem Beschäftigung gemessen werden soll. Die Literatur kennt hier verschiedene Konzepte. In der Beschäftigungsstatistik werden die Beschäftigten nach Wirtschaftszweigen ausgewiesen, womit eine vollständige Darstellung aller Beschäftigten ermöglicht wird. Allerdings liegen die für die Energiewende relevanten Themenfelder quer zur bisherigen amtlichen Abgrenzung. So betrifft die Erhöhung der Energieeffizienz eine Reihe von Wirtschaftszweigen in unterschiedlichem Ausmaß, von vermehrten Beratungsdienstleistungen bis zu Maschinenbau und Elektrotechnik zur Herstellung von effizienteren Anlagen und Geräten. In ähnlicher Weise steht die Beschäftigung durch den Ausbau erneuerbarer Energien quer zur bisherigen Statistik: Die Konzepte zur Erfassung der mit dem jeweiligen Sektor verbundenen Beschäftigung unterscheiden sich erheblich, was auch auf unterschiedliche Zielstellungen bei der Verwendung dieser Statistiken zurückzuführen ist.

Die Klassifikation der Wirtschaftszweige in der amtlichen Statistik kennt 4 Bereiche, die mit der Energiewirtschaft zusammenhängen: den Kohlenbergbau, die Gewinnung von Erdöl und Erdgas, die Herstellung von Kokereierzeugnissen, Mineralölerzeugnissen, Spalt- und Brutstoffen und die Erzeugung und Verteilung von Elektrizität, Fernwärme und Gasen. Zu diesen Bereichen werden im Rahmen der Berichterstattung Beschäftigte und/oder Erwerbstätige in der üblichen Gliederung und Methodik ausgewiesen.

Im Bereich der Nutzung erneuerbarer Energien deckt die traditionelle Gliederung in Gewinnung, Umwandlung und Verteilung einige Technologien nur unzureichend ab. Dies wird nachstehend am Beispiel der Wasserkraft erläutert, wenngleich diese nicht im Fokus der Energiewende steht. Zur Umwandlung von Wasserkraft in elektrische Energie muss beispielsweise das eingesetzte Wasser nicht vorher gewonnen werden. Es sind jedoch erhebliche Investitionen in Kraftwerke – verbunden mit Beschäftigung – notwendig, die derzeit nicht dem Bereich der Energiewirtschaft zugeordnet sind. Auch wenn die große

Wasserkraft in Deutschland in den letzten Jahren keinen Zubau erfährt, sind doch die Hersteller von Wasserkraftwerken überaus aktiv im Welthandel – bei inländischer Beschäftigung. Ähnliche Probleme ergeben sich für andere Technologien, wie die Wind- und die Solarenergie.

Selbst bei einer genauen Zuordnung der Beschäftigung in allen von der Energiewende beeinflussten Wirtschaftszweigen bliebe die Frage nach dem gesamtwirtschaftlichen Beschäftigungseffekt unbeantwortet. Für eine Beantwortung sollten einerseits die wirtschaftlichen Impulse entlang der jeweiligen Wertschöpfungskette berücksichtigt werden und andererseits etwaige negative Effekte auf andere Wirtschaftsbereiche diesen positiven Effekten gegenübergestellt werden.

Daher hat sich in der Diskussion um die Beschäftigungseffekte von umweltpolitischen Instrumenten die Begrifflichkeit der Brutto- und Nettobeschäftigung etabliert (vgl. Frondel et al. 2010, Rutovitz und Atherton 2009 oder Wei et al. 2010). Die zusätzliche Nachfrage infolge energiepolitischer Instrumente übersetzt sich in den betreffenden Wirtschaftszweigen zum einen in zusätzliche (direkte) Beschäftigung und löst zum anderen vielfältige Impulse entlang der Wertschöpfungskette aus. In den Vorleistungsbereichen wirkt dies ebenfalls als zusätzliche Nachfrage und löst indirekte Beschäftigungseffekte aus. Insgesamt wird dieser Beschäftigungseffekt unter dem Begriff Bruttobeschäftigung zusammengefasst, der die Bedeutung von Maßnahmenpaketen oder Branchen für eine Volkswirtschaft angibt. Beispiele aus den Themenfeldern der Energiewende sind die zusätzliche (oder durch Anreize vorgezogene) Nachfrage nach effizienten Anlagen oder nach Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien, die sich auf den Maschinen- und Anlagenbau auswirken und dort zu einer Steigerung der Produktion sowie der Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen als Vorleistung mit den entsprechenden Beschäftigungseffekten führen.

Will man die gesamtwirtschaftlichen Effekte energiepolitischer Maßnahmen abschätzen, müssen deren Nettowirkungen ermittelt werden. Hierbei werden mögliche negative Wirkungen, wie der negative Budgeteffekt, der durch die Überwälzung von Mehrkosten von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz oder durch Preissteigerungen entsteht, ebenso berücksichtigt wie Substitutionseffekte bei fossilen Energien oder weniger effizienten Technologien.

Um diese Brutto- und Nettoeffekte abzubilden, werden bisher gesamtwirtschaftliche Modelle eingesetzt und Simulationen zukünftiger Entwicklungen verschiedener Szenarien miteinander verglichen (vgl. Abschnitt 5). Die Ergebnisse der Analysen hängen kritisch von der Auswahl der gegenübergestellten Szenarien ab. Im Rahmen des Monitoring geht es vor allem um ex post-Betrachtungen, die Methodik kann aber weitgehend übertragen werden.

Bruttobeschäftigung

Unter dem Aspekt der Beschäftigungswirkung sind von den Themenfeldern der Energiewende bislang der Ausbau erneuerbarer Energien und die verschiedenen KfW-Programme zur Steigerung der Gebäudeeffizienz am systematischsten untersucht worden. Die seit 2004 jährlich durchgeführte Abschätzung der Bruttobeschäftigung im Bereich der erneuerbaren Energien für 2011 weist 381.600 Personen aus, die bei der Herstellung von Anlagen, dem Betrieb und der Wartung bestehender Anlagen, in der Bereitstellung von

Biomasse sowie in der öffentlich geförderten Forschung und Verwaltung arbeiten (BMU 2012).

Daten zu den Investitionen und daraus abgeleiteten Umsätze deutscher Hersteller sind für den Bereich erneuerbare Energien in Abschnitt 2 beschrieben. Darüber hinaus sind die Umsätze aus Wartung und Reparatur, der Bereitstellung von Biomasse und aus der Forschung Datenbasis der Beschäftigungsrechnungen. Detailinformationen liegen für die Jahre 2007-2009 vor, für alle weiteren Jahre sind sie auf Anfrage bei den Autoren (Lehr et al. 2011) erhältlich.

Tabelle 6: Umsätze durch Wartung und Reparatur von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien

W&R	Windkraft	Wasserkraft	Geothermie	PV	Solarthermie	Biomasse	Biogas	Summe
2007	1.150	275	125	175	150	1.755	320	3.950
2008	1.230	280	160	245	170	1.805	425	4.315
2009	1.325	280	200	365	180	1.880	505	4.735

Quelle: Lehr et al. (2011)

Tabelle 7: Öffentliche Mittel zur Forschungsunterstützung

Öffentliche Mittel	Bundesförderung	Landesförderung	EU-Förderung	Stiftungsförderung	Summe
2007	164	61	22	8	255
2008	194	61	22	8	285
2009	297	61	18	8	384

Quelle: Lehr et al. (2011)

Nutzbare Informationen zur ex post-Ermittlung der gesamtwirtschaftlichen Effekte der Energiewende im Effizienzbereich liegen nur vereinzelt vor, z.B. in Form von Daten zur Vergabe von Krediten im Rahmen von Gebäudesanierungsprogrammen der KfW. Die KfW-Programme zur Steigerung der Gebäudeeffizienz werden seit 1999 einem Monitoringprozess unterzogen. Dabei werden neben der Energieeinsparung und der CO₂-Minderung besonders die durch die Förderprogramme ausgelösten Beschäftigungseffekte ermittelt. Die Studien folgen einem vergleichbaren Ansatz wie die Untersuchungen zu den erneuerbaren Energien. Ausgangspunkt dieser Untersuchung ist die durch die KfW-Förderung ausgelöste Investitionstätigkeit in neue Gebäude, erneuerbare Energien oder Sanierungen.

In einem ersten Schritt muss dieser Impuls in dem entsprechenden Wirtschaftszweig verankert werden. Im Falle der KfW-Programme ist dies der Bereich Bauinstallations- und sonstige Bauarbeiten, da überwiegend die Förderung von Maßnahmen an bestehenden Gebäuden in den neueren Programmen gefördert und in Anspruch genommen wird. Die direkte Beschäftigung lässt sich durch die wirtschaftszweigspezifischen Daten des Statistischen Bundesamts ermitteln, ebenso wie der Multiplikator zwischen indirekter und direkter

Beschäftigung. Zuletzt werteten das Institut für Wohnen (IWU) und das Bremer Energie Institut (BEI) (2011) die KfW-Programme „Energieeffizient Sanieren“ 2010 und „Ökologisch / Energieeffizient Bauen“ 2006 – 2010 aus. Dabei wurden u.a. die durch die Programme eingesparten Heizkosten ermittelt sowie mit Hilfe einer Input-Output-Tabelle unter Berücksichtigung von Multiplikatoreffekten die mit den Investitionen verbundenen Umsätze und Beschäftigungseffekte berechnet. Demzufolge wurden von den Programmen „Energieeffizienz Sanieren“ und „Energieeffizient Bauen“ im Jahr 2010 ein Beschäftigungseffekt von rund 285 Tsd. Personenjahren ausgelöst. Für 2011 wird ein Beschäftigungseffekt der beiden Programme von 247 Tsd. Personenjahren ausgewiesen (KfW 2012). Das Ergebnis entspricht dem Bruttoeffekt der Programme. Nicht untersucht wurden in der Studie mögliche negative Wirkungen der Programme (vgl. die Ausführungen weiter oben), die zur Berechnung des Nettoeffektes benötigt werden. Veröffentlicht wurden die Ergebnisse für das Jahr 2010 im November 2011.

Diese Werte hängen kritisch von der Abschätzung der durch ein Förderprogramm ausgelösten Investitionsvolumina ab. So werden beim Förderprogramm „Energieeffizient Bauen“ die gesamten Baukosten des energieeffizienten Gebäudes als Investitionsvolumen angesetzt.

Im Falle der erneuerbaren Energien ergibt sich das Problem, dass bislang kein Wirtschaftszweig „Herstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien“ statistisch definiert ist. Deshalb wurde zunächst ein Set von technologiespezifischen Input-Output-Vektoren auf Basis einer wiederholten Unternehmensbefragung entwickelt, um die Vorleistungsverflechtung der speziellen Produktionsprozesse abbilden zu können (Lehr et al. 2011). Anschließend ist das Vorgehen vergleichbar mit dem Vorgehen im Bau- und Sanierungsbereich.

Nettobeschäftigung

Die genannten Analysen konzentrieren sich auf Bruttoeffekte.¹ Abschätzungen zur zukünftigen Entwicklung der Nettobeschäftigungseffekte der erneuerbaren Energien müssen neben den Investitionsimpulsen durch den weiteren Ausbau auch die langfristigen Kostenwirkungen auf EEG-Umlage und damit die Strompreise (vor allem von Kleinverbrauchern) berücksichtigen. Positive Effekte des EE-Ausbaus ergeben sich in den kommenden Jahren vor allem durch die stark wachsenden Exporte deutscher EE-Anlagen (für die Kosten nur in anderen Ländern anfallen). Ob und, wenn ja, in welchem Umfang die zukünftigen Exporte von EE-Anlagen der Energiewende zuzurechnen sind, dürfte eine der schwierigen Frage des zukünftigen Monitoring-Prozesses sein.

Für die Beschäftigung im Bereich erneuerbarer Energien findet sich eine recht aktuelle Abschätzung der Nettoeffekte in Lehr et al. (2011). Kurzfristig führen vor allem die hohen Investitionen in erneuerbare Energien zu positiven Nettobeschäftigungseffekten. Abschät-

¹ Das KfW-Monitoring 1999 (Kleemann et al. 1999) berücksichtigte noch negative Beschäftigungseffekte, die sich aus dem Rückgang des Energieverbrauchs (Substitutionseffekt) bei den Lieferanten ergeben. In späteren Jahren wurde davon ausgegangen, dass der anfängliche Budgeteffekt durch die Energieeinsparung über die Lebensdauer und die Förderung kompensiert wird.

zungen (das zugrundeliegende Szenario ist vor allem als Langfristszenario angelegt, das die tatsächliche Entwicklung etwa bei der PV für 2011 nicht trifft) gehen von einer positiven Nettobeschäftigung von 50.000 bis 70.000 Personen für 2010 und 2011 aus.

In einer mittleren Frist wirken dann die Stromkosteneffekte der Förderung stärker. Nur wenn die Exporte deutscher Anlagen zur Erzeugung von erneuerbaren Energien auf den schnell wachsenden Weltmärkten deutlich ansteigen und den Kostensteigerungen gegengerechnet werden, lassen sich auch mittelfristig negative Nettobeschäftigungseffekte des EE-Ausbaus vermeiden. Langfristig dominieren die sinkenden Erzeugungskosten der Erneuerbaren zusammen mit den Einsparungen bei den Importen fossiler Energieträger dann wieder die Entwicklung, sodass positive Nettowirkungen der erneuerbaren Energien zu erwarten sind.

Für die Nettobeschäftigungseffekte ist die Wahl der vorgeschalteten Strommarktmodellierung und der darin enthaltenen Annahmen von erheblicher Bedeutung. Die Berechnungen in Lehr et al. (2011) basieren auf dem BMU-Leitszenario 2009 (Nitsch, Wenzel 2009) und enthalten zusätzlich Sensitivitäten für einen höheren PV-Ausbau.

Mit den Nettobeschäftigungseffekten zukünftiger zusätzlicher Effizienzanstrengungen in der Industrie, im Verkehr, in Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und in den privaten Haushalten hat sich eine breit angelegte Untersuchung mithilfe von bottom-up fundierten Szenarien befasst (Pehnt et al. 2011). Die dort berücksichtigten Technologien werden jedoch bei ihrem Einsatz bislang nicht systematisch erfasst und sind nur zu einem geringen Teil mit Förderprogrammen – und dann mit einer Erfassung – verknüpft. Bei entsprechender Datenlage wäre für den Bereich der Energieeffizienz ein ähnliches Vorgehen zur Abschätzung der Bruttobeschäftigung möglich wie bei den erneuerbaren Energien.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Bedeutung der Energiewende in Form von absoluten Beschäftigungszahlen (Bruttoeffekte) der betreffenden Sektoren nach folgendem Schema für die meisten nachfrageseitigen Themenfelder grundsätzlich abgeschätzt werden kann:

1. Definition der zusätzlich ausgelösten Investitionen, Ableitung der heimischen Produktion (inklusive Exporte)
2. Zuweisen zu einem statistisch vorhandenen oder neu zu definierenden Wirtschaftsbereich
3. Ermittlung der direkten Beschäftigung
4. Ermittlung der Auswirkungen auf vorgelagerte Bereiche mittels Input-Output-Analyse und den dort veröffentlichten Koeffizienten.

Diese Vorgehensweise lässt sich für die Effizienzsteigerung vor allem im Gebäudebereich, den Ausbau erneuerbarer Energien und den Netzausbau (auch auf unteren Netzebenen) auf einer jährlichen Basis entwickeln.¹ Die Methoden sind aber noch aufeinander

¹ Wenngleich die methodischen Aspekte ausführlich bearbeitet wurden, liegen entsprechende Zahlen und Systematiken aktuell nicht vor. Hier müssten in Forschungsprojekten und/oder von statistischen Einrichtungen größere Vorarbeiten für ein Monitoring geleistet werden. Für den Bereich Energiewirtschaft vgl.

abzustimmen, um zu vergleichbaren Bruttozahlen zu kommen. Auch ist der Umgang mit nicht geförderten Investitionen in Einsparung oder erneuerbare Energien festzulegen.

Für die Betrachtung gesamtwirtschaftlicher Kosten und Nutzen sind dagegen Nettowerten zu verwenden. Eine abgestimmte Übersetzung der Bruttoeffekte in Impulse zur Bestimmung der Nettoeffekte dürfte einen längeren Abstimmungsprozess voraussetzen. Letztlich handelt es sich dabei um Abschätzungen, die durch Befragungen, Auswertung von Förderfällen, Vertiefung der Statistik, Modellrechnungen und Diskussion der gesamtwirtschaftlichen Wirkungen im Rahmen des Monitoring-Prozesses kontinuierlich verbessert werden müssen.

Entwicklungen auf dem Strommarkt, die in Strommarktmodellen abgeschätzt und in Form von Strompreis- und Investitionsdifferenzen in gesamtwirtschaftliche Modelle eingestellt werden sollten, sind dagegen von vorne herein als Nettobetrachtung anzulegen. Dies gilt auch mit Blick auf langfristige Kostenwirkungen.

5 WACHSTUM

Die Ermittlung von Wachstumseffekten der Energiewende steht vor den im Abschnitt 3 aufgeführten Herausforderungen. Die Bestimmung von Nettowirkungen auf das BIP ist letztlich nur simultan mit Nettobeschäftigungseffekten möglich. Die in modellgestützten Analysen wie den Energieszenarien ausgewiesenen Wachstumseffekte sind entsprechend im Sinne des Abschnitts zur Beschäftigung Nettoeffekte. Dazu werden die oben beschriebenen Primärimpulse, die einzelwirtschaftlich aus den bottom-up-Nachfrage- und Strommarktmodellen abgeleitet worden sind, in ein gesamtwirtschaftliches Modell eingestellt, in dem sie zu unterschiedlichen Zweitrundeneffekten und Anpassungsreaktionen führen. In einem Energiewende-Szenario werden die Unterschiede zu einer Entwicklung abgebildet, wie sie durch ein geeignet definiertes Referenzszenario beschrieben ist. Dabei ist die Beachtung der internationalen Zusammenhänge wichtig, sowohl kostenseitig in Form von möglichen Wettbewerbsnachteilen und steigenden Importanteilen bei Erneuerbaren, als auch nutzenseitig in Form von wachsenden Exporten der Energiewendegüter.

Die Nutzung eines umfassenden gesamtwirtschaftlichen Modells, das auch die Vorleistungsstruktur der Wirtschaft abbildet, hat den Vorteil, dass das komplexe Zusammenwirken verschiedener Effekte vollständig in den Kategorien der amtlichen Statistik erfasst wird, also keine Effekte unberücksichtigt bleiben. Die in den einschlägigen Untersuchungen eingesetzte Szenariotechnik führt dazu, dass die Wirkungen von Entwicklungen oder Maßnahmen, die bereits im Referenzszenario enthalten sind, in den Differenzenbetrachtungen unberücksichtigt bleiben.

Das Energiewendeszenario und das Referenzszenario gehen grundsätzlich von gleichen sozioökonomischen Vorgaben aus, auch zur internationalen wirtschaftlichen Entwicklung

und zur Demografie. Die Szenarien unterscheiden sich aber hinsichtlich der Entwicklung auf dem Strommarkt vor allem durch den (bisher weitgehend politisch getriebenen) Ausbau der erneuerbaren Energien und damit verbundenen Mengen- und Preiseffekten sowie durch zusätzlich notwendige Investitionen zur Steigerung der Energieeffizienz. Diese Investitionen führen langfristig in dem Energiewendeszenario zu einem niedrigeren Energieverbrauch und einer Verschiebung hin zu CO₂-armen oder CO₂-freien Energieträgern. Dieser Effekt wird in den ersten Jahren der Energiewende nur eine geringe Rolle spielen.

In den gesamtwirtschaftlichen Betrachtungen ausgewiesene BIP-Effekte sind als Abweichung von der jeweiligen Referenzentwicklung zu sehen. Mit Blick auf die Energiewende ist durchaus vorstellbar, dass die stärkere Fokussierung auf Energieeffizienz und erneuerbare Energien auch den technischen Fortschritt beeinflusst. Entsprechende Forschungsarbeiten stehen noch am Anfang.

Bei der Betrachtung von Investitionen in Effizienz, Erneuerbare oder Netzausbau ist die Frage wichtig, ob diese Investitionen (teilweise) zusätzlich erfolgen oder lediglich andere private oder staatliche Investitionen verdrängen (crowding out). Von Zusätzlichkeit ist auszugehen, wenn sich Maßnahmen einzelwirtschaftlich lohnen, aber wegen vielfacher Hemmnisse (wie etwa dem Vermieter-Mieter-Dilemma) in der Referenz nicht ergriffen werden. Durch die politischen Maßnahmen im Rahmen der Energiewende kann dann die Umsetzungsschwelle überwunden werden und das Investitionsvolumen im Vergleich zu einer Referenzentwicklung ohne die Maßnahmen steigen (vgl. Abschnitt 2). Auf die Notwendigkeit höherer Gesamtinvestitionen, d.h. der Zusätzlichkeit der Investitionen, zur Erreichung der langfristigen Energie- und Klimaschutzziele weist u.a. auch die DG Energy (2011) in ihrer Roadmap 2050 hin.

Eine differenzierte Analyse wie z.B. in den Energieszenarien zur energetischen Sanierung im Gebäudebereich (Prognos, EWI, GWS 2010, S. 149) berücksichtigt, dass bei steigender Sanierungsrate verstärkt auch unwirtschaftliche Investitionen getätigt werden, die dann andere geplante Investitionen verdrängen. Deshalb kann auch die Intensität von Maßnahmen die gesamtwirtschaftlichen Effekte beeinflussen, weil nicht immer lineare Zusammenhänge gelten.

Die Tabelle im Anhang gibt eine Übersicht über nationale gesamtwirtschaftliche Modellierungsstudien, die sich vor allem auf Energieeffizienz und erneuerbare Energien konzentrieren. Ausgewiesen sind (mit Ausnahme des KfW-Monitoring) Nettowirkungen auf BIP, Investitionen und Beschäftigung. Studien mit Fokus Strompreiseffekte sind bereits in Lutz, Mönnig (2011) behandelt. Bei internationalen Modellstudien zu gesamtwirtschaftlichen Effekten sind in der Regel der CO₂-Preis und dadurch implizierte Änderungen beim Strompreis das zentrale/einzige Politikinstrument. Erhöhungen beim CO₂-Preis, insbesondere wenn sie relativ zu wichtigen Mitbewerbern auf den Weltmärkten sind, wirken gesamtwirtschaftlich negativ

Bei der Energieeffizienz ist die Kernaussage der Studien, dass sich einzelwirtschaftlich lohnende Maßnahmen auch zu zusätzlichen Investitionen führen (können) und sich gesamtwirtschaftlich ebenfalls rechnen. Hier vertreten verschiedene wissenschaftliche Institutionen die Auffassung, dass es diese Potentiale auch in Zukunft noch gibt.

Bei den KfW-Programmanalysen handelt es sich um Bruttoeffekte. Die Zahlen stellen keine Nettoeffekte dar. Bei der bisherigen Größenordnung der Programme und den

aktuellen Sanierungsraten ist davon auszugehen, dass der Großteil der geförderten Maßnahmen sich auch einzelwirtschaftlich lohnt.

Bei den erneuerbaren Energien ergeben sich dann auch mittelfristig positive gesamtwirtschaftliche Effekte, wenn die Exporte an EE-Anlagen dem EE-Zubau zugerechnet werden. Dieses Ergebnis deckt sich auch mit aktuellen (noch unveröffentlichten) Ergebnissen des ZEW für Baden-Württemberg (Heindl, Voigt 2012). Das ist kein Argument gegen einen kosteneffizienten weiteren Ausbau der EE. In Zukunft wird es vor allem darum gehen, verschiedene Ausbaupfade der EE bzgl. der gesamtwirtschaftlichen Effekte zu vergleichen.

Studien, die auf nationaler Ebene gesamtwirtschaftlich negative Effekte berichten, betrachten vor allem Kernenergielaufzeiten (IER et al. 2010) oder Maßnahmenbündel (EWI/EEFA 2008), bei denen eine Zurechnung der Effekte zu Einzelinstrumenten sehr schwierig ist.

Sicherlich wird es im Rahmen des Monitoring-Prozesses nicht immer möglich (und sinnvoll) sein, ein oder mehrere gesamtwirtschaftliche Modelle einzusetzen. Eine Alternative könnte die Nutzung einfacher Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge sein, deren Resultate dann immer wieder mit den komplexen Modellergebnissen abgeglichen werden sollten. Beispiele hierfür sind:

- Eingesparte Energieimporte (monetär) / BIP, ggfs. verknüpft mit einem Multiplikator, mit dem der gesamtwirtschaftliche Effekt ermittelt werden kann.
- Investitionsdifferenzen / BIP, ggfs. verknüpft mit einem Multiplikator.
- (Ausgelöste) Änderung der Strompreise (getrennt nach stromintensiver Industrie und Kleinverbrauchern) und dadurch induzierter BIP-Effekt. Ausführlicher sind die gesamtwirtschaftlichen Effekte geänderter Strompreise dargestellt in der Energieprognose 2009 (IER et al. 2010, S. 137-138) sowie dem Kurzbericht von Lutz, Mönnig (2011) zu den Effekten höherer Strompreise in gesamtwirtschaftlichen Modellen.

6 EXTERNE EFFEKTE

Die Energiewendediskussion wirft auch die Frage nach dem Nutzen des Klimaschutzes erneut auf, denn im Wesentlichen ist die Energiewende geprägt von Maßnahmen, die die Treibhausgasemissionen langfristig um 80% gegenüber 1990 absenken sollen. Die wichtigste Nutzenkategorie verringerter Treibhausgasemissionen dürfte die Vermeidung negativer externer Effekte sein. Nutzen wird in diesem Ansatz also in vermiedenen zukünftigen Schäden gemessen. Da der größte Teil des Ausstoßes von Klimagasen auf die Verbrennung fossiler Energieträger zurückgeht, ist die Vermeidung von Klimagasen in der Regel mit einer Reduktion des Einsatzes fossiler Energieträger verbunden, sei es durch Energieeinsparungen oder durch den Einsatz erneuerbarer Energien.

Nutzenwirkungen des Klimaschutzes sind bereits in den ergänzenden Arbeiten zu den Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung aus dem Jahr 2011 dokumentiert. Die im Zuge der Energiewende erreichte Vermeidung von THG-Emissionen

multipliziert mit den (durchaus umstrittenen) sozialen Kosten der Emissionen ist als zusätzlicher externer Nutzen der Energiewende zuzurechnen.

Wesentliche Abschätzungen zu CO₂-Vermeidungskosten und Schadenskosten wurden im NEEDS Projekt (NEEDS 2009) durchgeführt und von Preiß et al. (2011) aktualisiert. Die dort veröffentlichte Bandbreite lässt nahezu keinen Raum für neue Abschätzungen, da sie von Werten geringfügig weniger als Null – 2 EUR bis 443 EUR/t CO₂ je nach gesetzten Annahmen alles umfasst. Eine kurze Darstellung findet sich in EWI/GWS/Prognos (2011) „Ergänzende Arbeiten“ Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung, Projekt Nr. 12/10.

Von der Auswahl der Diskontrate und des Gewichtungsschemas zwischen verschiedenen Weltregionen hängen die Ergebnisse so kritisch ab, dass alle anderen Unterschiede in der Bewertung einzelner Faktoren weniger bedeutsam sind.

Für die externen Kosten verschiedener Stromerzeugungstechnologien liegen zwei neuere Veröffentlichungen vor, die einen Einblick in die aktuell diskutierten Größenordnungen geben. Im Auftrag des BMU untersucht Breitschopf (2012) die externen Kosten verschiedener Stromerzeugungstechnologien. Sie betragen bei angenommenen CO₂-Kosten von 80 Euro/t am aktuellen Rand 0 Cent/kWh für Wasserkraft und liegen zwischen 8 und über 10 Cent/kWh für Heizöl, Steinkohle und Braunkohle. Windenergie und PV weisen ebenfalls sehr niedrige externe Kosten auf, bei Biomasse und Erdgas liegen sie etwa in der Mitte der Kostenabschätzungen.

Eine zweite Untersuchung von Friedrich und Preiss (2012) weist für die Jahre 2025 bis 2030 bei CO₂-Kosten von 82 Euro₂₀₁₀/t CO_{2eq} externe Kosten zwischen 0 und 8 Cent₂₀₁₀/kWh und eine ähnliche Reihenfolge der Energieträger aus wie die Studie von Breitschopf. Die Untersuchung bezieht sich auf neu installierte Anlagen der Jahre 2025-2030, deren externe Kosten aufgrund höherer Effizienz und der teilweise angenommenen Verfügbarkeit von CCS für Kohle teils deutlich niedriger liegen als die Werte von Breitschopf, die für die Stromerzeugung im aktuellen Kraftwerkspark in Deutschland ermittelt worden sind. Grundsätzlich sind die Ergebnisse aber vergleichbar, zumal beide Veröffentlichungen sich als Basis auf das EU-NEEDS-Projekt beziehen.

Der Vergleich von Friedrich, Preiß (2012) und Breitschopf (2012) macht deutlich, dass sich die Stromgestehungskosten weniger durch die nur grob abschätzbaren externen Kosten unterscheiden, sondern vielmehr durch die Einberechnung von Zusatzkosten in Form von back-up-Kapazitäten, Netzausbau etc. In der aktuellen FÖS-Studie (2012) für Greenpeace, die sich bei den externen Effekten auf Breitschopf (2012) bezieht, werden staatliche Förderkosten seit 1970 in die „gesamtgesellschaftlichen Kosten“ der Stromerzeugung eingerechnet. Die Studien sind nur unter hohem Aufwand vergleichbar zu machen.

Im Bereich der Energieeffizienz lassen sich externe Effekte auf Basis vorhandener Daten in ähnlicher Weise quantifizieren.

7 AUSBLICK AUF GESAMTWIRTSCHAFTLICHE ANALYSEN IM RAHMEN DES MONITORING-PROZESSES

Um im Rahmen des Monitoring-Prozesses gesamtwirtschaftliche Effekte unterschiedlicher Ausgestaltungsvarianten der Energiewende in gesamtwirtschaftlichen Modellanalysen zu vergleichen und insgesamt gesamtwirtschaftliche Kosten und Nutzen der Energiewende darzustellen, ist eine ganze Reihe von Schritten notwendig. Nach ersten Überlegungen hierzu sind die folgenden Punkte zu bearbeiten:

- Evaluation und Spezifikation der einzelnen mengenmäßig wichtigen Politikmaßnahmen (KfW-Förderung, geplante Steuererleichterungen für Effizienzmaßnahmen im Bau, Netzausbau, Ausbau EE, ...) und von Informationen über Investitionen in Energieeffizienz (Elektrogeräte, Heizanlagen, Energiedienstleistungen,...) mit Blick auf die ökonomischen Ausgangsimpulse,
- Erfassung und Konsistenzprüfung der Ausgangsdaten (Investitionen, Bruttobeschäftigung, Kosten- und Preiseffekte) für alle Bereiche der Energiewende (z.B. Beschäftigung für konventionelle Energieerzeugung, erneuerbare Energien, Energieeffizienz, Netzausbau),
- Aufbereitung der Ausgangsdaten zur Verwendung im gesamtwirtschaftlichen Modell,
- Prüfung von Politikmaßnahmen auf (Einzel-)Wirtschaftlichkeit,
- Methodik der ex post-Simulationen klären (Umgang mit unterschiedlichem Datenstand, Entwicklung kontrafaktischer Szenarien),
- Definition der einzelnen Szenarien und der Rahmendaten.

Mit Blick auf gesamtwirtschaftliche Modellierungen sollten Szenariorechnungen und Sensitivitäten für zentrale Parameter berücksichtigt werden. Eine erstmalige modellgestützte Berechnung der gesamtwirtschaftlichen Effekte der Energiewende könnte für den Fortschrittsbericht 2014 im Frühjahr 2014 auf Basis erster Zahlen für 2013 und Evaluationen der Politikmaßnahmen und Entwicklungen von 2011-2013 erfolgen. Simulationszeitraum sollte zumindest der Zeitraum 2011-2013 sein, wahrscheinlich sinnvoll ist eine Ausweitung bis 2020. Nettorechnungen könnten in mehrjährigem Abstand erfolgen, für Zwischenjahre könnten auch auf Basis der Erfahrungen der ersten Szenariorechnungen einfache Ursache-Wirkungszusammenhänge hinterlegt werden (vgl. Abschnitt 5). Damit können unter ceteris paribus-Annahmen die Effekte auch in Folgejahren hochgerechnet werden. Vor Beginn der gesamtwirtschaftlichen Modellrechnungen müsste ressortübergreifend der Untersuchungsgegenstand „Energiewende“ definiert werden. Inputdaten müssten teils im Rahmen einer Strommarktmodellierung und von bottom-up-Analysen auf der Endnachfrageseite gewonnen werden, ähnlich wie dies im Rahmen derer Energieszenarien 2010).

Bei Evaluationen von Politikprogrammen (z.B. KfW) sollten auch gesamtwirtschaftlich relevante Informationen z.B. zur Zusätzlichkeit mit erhobenen oder Daten zur Auswertung zur Verfügung gestellt werden.

LITERATUR

- BMU (2012): O’Sullivan, M., Edler, D., Nieder, T., Rütter, T. Lehr, U. & Peter, F.: Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland im Jahr 2011 – eine erste Abschätzung. Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, März 2012.
- BMWi (2012): Die Energiewende in Deutschland. Mit sicherer, bezahlbarer und umweltschonender Energie ins Jahr 2050, Berlin.
- BMWi (Hrsg.) (2011): 2. Nationaler Energieeffizienz-Allokationsplan (NEEAP) der Bundesrepublik Deutschland, Berlin.
- Breitschopf, B. (2012) [unter fachlicher Mitarbeit von Memmler, M.]: Ermittlung vermiedener Umweltschäden – Hintergrundpapier zur Methodik. Untersuchung im Auftrag des BMU. Karlsruhe, Dessau.
- DG Energy (2011): Energy Roadmap 2050. COM(2011) 885 final, Brussels.
- EWI /EEFA (2008): Energiewirtschaftliches Gesamtkonzept. Studie im Auftrag des BDI. Köln, Berlin.
- Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft (2012): Was Strom wirklich kostet. Vergleich der staatlichen Förderungen und gesamtgesellschaftlichen Kosten von Atom, Kohle und erneuerbaren Energien Studie im Auftrag von Greenpeace Energy eG, Berlin.
- Fraunhofer ISI, Öko-Institut, Forschungszentrum Jülich & Dr. Ziesing (2012): Ermittlung der Klimaschutzwirkung des Integrierten Energie- und Klimaschutzprogramms der Bundesregierung IEKP und Vorschlag für ein Konzept zur kontinuierlichen Überprüfung der Klimaschutzwirkung des IEKP. Arbeitspaket 2: Entwicklung eines Monitoringkonzepts für das Integrierte Energie- und Klimaschutzprogramm (IEKP). Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes, Karlsruhe, Berlin, Jülich.
- Friedrich, R. & Preiss, P. (2012): Vergleichende Bewertung von Stromerzeugungssystemen. *Energiewirtschaftliche Tagesfragen*, 62. Jg. (7), S. 26-32.
- Frondel, M., Ritter, N., Schmidt, C. & Vance, C. (2010): Economic Impacts from the Promotion of Renewable Energy Technologies: The German Experience. *Energy Policy* 38, 4048-4056.
- Heindl, P. & Voigt, S. (2012): Employment Effects of Regional Climate Policy: The Case of Renewable Energy Promotion by Feed-In Tariffs, ZEW Discussion Paper, im Erscheinen.
- IER, RWI & ZEW (2010): Die Entwicklung der Energiemärkte bis 2030. Energieprognose 2009. Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, Stuttgart, Essen, Mannheim.
- Institut Wohnen und Umwelt & Bremer Energieinstitut (2011): Monitoring der KfW-Programme „Energieeffizient Sanieren“ 2010 und „Ökologisch / Energieeffizient Bauen“ 2006 – 2010. Studie im Auftrag der KfW, Darmstadt, Bremen.
- KfW (2012): Evaluierung der KfW-Programme zum energieeffizienten Bauen und Sanieren, Frankfurt.

- Kleemann, M., Kuckshinrichs, W. & Heckler, R. (1999): CO₂-Reduktion und Beschäftigungseffekte im Wohnungssektor durch das CO₂-Minderungsprogramm der KfW. Hrsg.: Forschungszentrum Jülich, Programmgruppe STE. Reihe Umwelt. Band 17. Jülich.
- Lehr, U., Lutz, C., Edler, D., O'Sullivan, M., Nienhaus, K., Simon, S., Nitsch, J., Breitschopf, B., Bickel, P. & Ottmüller, M. (2011): Kurz- und langfristige Auswirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Osnabrück, Berlin, Karlsruhe, Stuttgart.
- Lutz, C. & Mönnig, A. (2011): Effekte höherer Strompreise durch Kernenergieausstieg in gesamtwirtschaftlichen Modellen. Kurzstudie im Auftrag des BMWi, Osnabrück.
- NEEDS (2009): New Energy Externality Developments for Sustainability (04/09), Integrated Project, DG Research EC, 6th Framework Programm, Mai 2004 - 2009, http://www.needs-project.org/index.php?option=com_content&task=view&id=42&Itemid=66; download im Juni 2009; Deliverable n° 6.1 – RS1a, “External costs from emerging electricity generation technologies”.
- Nitsch, J. & Wenzel, B. (2009): „Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland – Leitszenario 2009. Untersuchung im Auftrag des BMU. Stuttgart, Berlin.
- Pehnt, M., Lutz C., Seefeldt, F., Schlomann, B., Wünsch, M., Lehr, U., Lambrecht, U. & Fleiter, T. (2011): Klimaschutz, Energieeffizienz und Beschäftigung - Potenziale und volkswirtschaftliche Effekte einer ambitionierten Energieeffizienzstrategie für Deutschland. Studie im Auftrag des Bundesumweltministeriums, Berlin.
- Preiss, P., Müller, W., Torras, S., Kuhn, A. & Friedrich, R. (2011): Klassische Luftschadstoffe, Sachstandspapier im Rahmen der Schätzung Externer Umweltkosten und Vorschläge zur Kosteninternalisierung in ausgewählten Politikfeldern, Umweltbundesamt, Forschungsprojekt FKZ 3708 14 101, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart
- Prognos, EWI & GWS (2010): Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung. Studie im Auftrag des BMWi, Basel, Köln, Osnabrück.
- Prognos, EWI & GWS (2011): Energieszenarien 2011. Studie im Auftrag des BMWi, Basel, Köln, Osnabrück.
- Prognos & GWS (2009): Analyse und Modellierung der Energieverbrauchsentwicklung. Gutachten im Auftrag des BMWi. Basel, Osnabrück.
- Rutovitz, J. & Atherton, A. (2009): Energy sector jobs to 2030: a global analysis. Prepared for Greenpeace International by the Institute for Sustainable Futures, University of Technology, Sydney.
- Wei, M., Patadia, S. & Kammen, D.M. (2010): Putting renewables and energy efficiency to work: How many jobs can the clean energy industry generate in the US? Energy Policy 38, 919-931.

Tabelle 8: Überblick über nationale Studien zu gesamtwirtschaftlichen Effekten mit Schwerpunkt Effizienz oder erneuerbare Energien

	Institutionen	Studie	Inhalt (zentrale Unterschiede zur Referenz)	Jahr	Auftraggeber	Modell	Szenario	BIP-Effekt	Netto-beschäftigungseffekt	Investitionen
1	Prognos, EWI, GWS	Energieszenarien 2010	Laufzeiten Kernenergie, Energieeffizienz	2010	BMWi	PANTA RHEI	I A	1 Mrd. € (2020) / 19 Mrd. € (2050)	13 670 (2020) / 112 100 (2050)	ca. 20 Mrd. € (2020 /2050)
2	Ifeu, ISI, Prognos, GWS	Energieeffizienz	Energieeffizienz	2011	BMU	PANTA RHEI	Effizienz ambitioniert	17,4 Mrd. € (2020)	123 000 (2020)	10,5 Mrd. € (2020)
3	BSR, ECF, ISI, PIK	Investitionen für ein klimafreundliches Deutschland	Energieeffizienz (IEKP)	2008	BMU	ASTRA	Meseberg-Plus	> 70 Mrd. € (2020)	> 500 000 (2020)	> 30 Mrd. € (2020)
4	ISI	Gesamtwirtschaftliche Wirkungen von Energieeffizienzmaßnahmen	IEKP	2009	UBA	ASTRA	Meseberg/plus	70 Mrd. € / 95 Mrd. € (2020)	377 000 / 697 000 (2020)	39 Mrd. € / 52Mrd. €
5	GWS, DIW, DLR, ZSW, ISI	Auswirkungen des EE-Ausbaus	Ausbau EE im Vergleich zu Nullszenario	2011	BMU	PANTA RHEI	PV2, verhaltener Export	18,9 Mrd. € (2020)	34 300 (2020)	10 Mrd. €
6	IWU, BEI	Förderwirkungen des KfW-Gebäude-sanierungsprogramms	Bruttowirkung der von der KfW geförderten Bauinvestitionen	2011	KfW	Statisches IO-Modell	ex-post Evaluation		286 000 (2010) /247 000 (2011)	21,2 Mrd. € (2010) / 18,4 Mrd. € (2011)