



Investitionen in die Herstellung und Errichtung von Erneuerbare-Energien-Anlagen in Deutschland

Studienband

27.10.2011

Erstellt im Auftrag der Agentur für Erneuerbare Energien unter Beteiligung des Bundesverbandes für Erneuerbare Energie und der Hannover Messe

DCTI
Deutsches CleanTech Institut

EuPD Research
| Sustainable Management

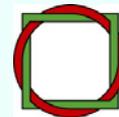
Wuppertal Institut
für Klima, Umwelt, Energie
GmbH



Deutsches CleanTech Institut



I Sustainable Management



Wuppertal Institut
für Klima, Umwelt, Energie
GmbH

Summary
Kapitel 3
Fazit

DCTI Deutsches CleanTech
Institut
Adenauerallee 134
53113 Bonn
☎ +49 (0) 228 – 926 54 - 0
📠 +49 (0) 228 – 926 54 - 11

Autoren:

Geschäftsführer Philipp Wolff
M. Sc. Linda Kleinschmidt

Projektleitung
Summary
Kapitel 1
Kapitel 2
Kapitel 3
Fazit

EuPD Research
Adenauerallee 134
53113 Bonn
☎ +49 (0) 228 – 971 43 - 0
📠 +49 (0) 228 – 971 43 - 11

Autoren:

Dipl.-Volkswirt Martin Ammon
(Projektleitung, Primärerhebung)
Dipl.-Volkswirt Daniel Quack
(Operative Projektleitung,
Primärerhebung, Modell)

Kapitel 4

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt,
Energie
Döppersberg 19
42004 Wuppertal
☎ +49 (0) 202 – 2492 - 0
📠 +49 (0) 202 - 2492 - 108

Autoren:

Prof. Dr. Manfred Fishedick
Dipl.-Oec. Magdolna Prantner

Inhalt

Executive Summary	6
1 Hintergrund und Zielstellung	16
1.1 Ausgangslage	16
1.2 Zielsetzung	17
1.3 Studienverlauf	18
2 Primärerhebung	20
2.1 Methodik und Vorgehensweise	20
2.1.1 Fragebogenkonzeption	21
2.1.2 Befragungsrücklauf	21
2.2 Befragungsergebnisse	23
2.2.1 Allgemeine Branchenentwicklung	23
2.2.1.1 Umsatz	23
2.2.1.2 Auslandsumsatz	24
2.2.1.3 Mitarbeiter	25
2.2.2 Investitionen in Fertigungskapazitäten	28
2.2.2.1 Investitionen in Fertigungskapazitäten allgemein	28
2.2.2.2 Spartenspezifische Betrachtung der Investitionen in Fertigungskapazitäten	29
2.2.2.3 Investitionsregion	31
2.2.3 Investitionen in Forschung und Entwicklung	32
2.2.3.1 Investitionen in Forschung und Entwicklung allgemein	32
2.2.3.2 Spartenspezifische Betrachtung der Investitionen in Forschung und Entwicklung	34
2.2.3.3 Forschungsschwerpunkte	36
2.3 Zwischenfazit	37
3 Modell und Szenarien	39
3.1 Methodik	40
3.1.1 Modellstruktur	40
3.1.2 Investitionsmodell	45
3.1.3 Modell zur Ermittlung der Investitionen pro MW Fertigungskapazität	47
3.2 Beschreibung und Vergleich der nationalen Szenarien	50
3.2.1 Annahmen der drei Szenarien in der Stromsparte	52
3.2.2 Annahmen der drei Szenarien in der Wärmesparte	53
3.3 Internationales Szenario	54
3.4 Photovoltaik	58
3.4.1 Markt	58
3.4.2 Umsatz- und Exportentwicklung	58
3.4.3 Investitionen	61
3.5 Wind	63
3.5.1 Markt	63
3.5.2 Umsatz- und Exportentwicklung	64
3.5.3 Investitionen	66
3.6 Geothermie	68
3.6.1 Markt	68
3.6.2 Umsatz- und Exportentwicklung	69
3.6.3 Investitionen	71
3.7 Biomasse Strom	73

3.7.1	Markt	73
3.7.2	Umsatz- und Exportentwicklung	74
3.7.3	Investitionen.....	76
3.8	Wasserkraft	78
3.8.1	Markt	78
3.8.2	Umsatz- und Exportentwicklung	79
3.8.3	Investitionen.....	81
3.9	Biomasse Wärme.....	82
3.9.1	Markt	82
3.9.2	Umsatz- und Exportentwicklung	83
3.9.3	Investitionen.....	85
3.10	Solarwärme	87
3.10.1	Markt	87
3.10.2	Umsatz- und Exportentwicklung	88
3.10.3	Investitionen.....	90
3.11	Wärmepumpen	92
3.11.1	Markt	92
3.11.2	Umsatz- und Exportentwicklung	93
3.11.3	Investitionen.....	95
3.12	Biokraftstoffe	97
3.13	Zwischenfazit	98
4	Beschäftigungsentwicklung in den Erneuerbaren Energien.....	108
4.1	Berechnungsmethoden der deutschen Arbeitsmarktanalysen.....	109
4.1.1	Methodische Grundlagen der DIW-Analysen	109
4.1.2	Methodische Grundlagen der GWS-Modellierung	110
4.2	Ergebnisse der Studien	113
4.2.1	Ergebnisse der DIW-Modellierung.....	113
4.2.2	Ergebnisse der GWS-Modellierung	113
4.3	Einflussfaktoren und Ergebnisse bezüglich der Nettobeschäftigungseffekte.....	115
4.3.1	Strukturwandel der Gesellschaft	115
4.3.2	Bruttoinlandsprodukt	116
4.3.3	Budgeteffekte	116
4.3.4	Einflussfaktoren von der Außenwirtschaft	116
4.3.5	Einfluss des Energiepreises	117
4.3.5	Preise und Stückkosten.....	118
4.3.6	Lohnentwicklung	118
4.3.7	Sektorale Effekte	118
4.3.8	Struktur des Arbeitsmarktes.....	120
4.3.9	Gesamtdarstellung der Beschäftigungseffekte in Analysen der DIW und GWS.....	120
4.4	Die kritische Sichtweise des RWI	121
4.5	Zwischenfazit	122
Fazit	124
Anhang	127
Abbildungsverzeichnis	139
Tabellenverzeichnis	142

Abkürzungsverzeichnis	144
Literatur	145
Bildnachweise	149

Executive Summary

Bearbeitet von EuPD Research und dem Deutschen CleanTech Institut

Ausgangslage

Die Bedeutung der Erneuerbaren Energien (EE) für die Energieversorgung in Deutschland wächst kontinuierlich. In 2010 hatten die Erneuerbaren Energien bereits einen Anteil von elf Prozent am gesamten Energieverbrauch in Deutschland. Im Strombereich beläuft sich der Anteil sogar auf etwa 17 Prozent (vgl. AGEE-Stat, 2011). Der Ausbau der Erneuerbaren Energien hat einen zunehmenden Einfluss auf die deutsche Volkswirtschaft. In diesem Zusammenhang ist insbesondere die Investitionstätigkeit von Interesse, die aus dem Ausbau resultiert. Sowohl die kurzfristigen Einflüsse als auch die mittel- und langfristigen Wirkungen der Investitionstätigkeit auf die deutsche Volkswirtschaft werden in der vorliegenden Studie untersucht.

Zielsetzung

Die Studie zielt im Kern auf die Untersuchung der Gesamtinvestitionen in Erneuerbare-Energien-Anlagen und deren Fertigungsstätten in Deutschland im Zeitraum bis 2030 ab. Diese Fragestellung wird mittels einer Primärerhebung sowie auf Basis einer Modellrechnung kurz-, mittel- und langfristig analysiert. Hierbei gilt es, in der Erhebung und der Modellrechnung nicht nur die Sparten für Strom, Wärme und Kraftstoffe, sondern im Detail die jeweils den Sparten zuzuordnenden Erneuerbare-Energien-Branchen zu untersuchen und die jeweiligen Investitionen auszuweisen. Die Beschäftigungsentwicklung wird auf Basis von Literaturrecherche und –auswertung dargestellt, sodass mittel- und langfristige Beschäftigungseffekte erklärt werden – ohne jedoch eine Quantifizierung vorzunehmen. Zusätzlich zu diesen Fragestellungen erfolgt im Rahmen der Primärerhebung eine Analyse der Investitionsvolumina im Bereich der Forschung und Entwicklung, wobei hier ausschließlich die Betrachtung der kurzen und mittleren Frist, d.h. bis zum Jahr 2014, erfolgt.

Zur Prognose der Entwicklung des Investitionsaufkommens bis zum Jahr 2030 ist ein mehrstufiges quantitatives Modell zu erarbeiten, das die Ergebnisse der Primärerhebung mit drei Szenarien ergänzt, um mittel- und langfristige Aussagen über die in Zukunft zu tätigen Gesamtinvestitionen in der Erneuerbare-Energien-Branche treffen zu können. Die Gesamtinvestitionen beinhalten die Investitionen in Erneuerbare-Energien-Anlagen, die Investitionen in Fertigungskapazitäten zur Herstellung von Erneuerbare-Energien-Anlagen sowie die notwendigen Ersatzinvestitionen (Wartung und Instandhaltung) sowohl in den Erneuerbare-Energien-Anlagenbestand als auch in den Erhalt der Fertigungskapazitäten. Als weitere Kenngrößen werden die zukünftig erwarteten Umsätze der deutschen Hersteller und Zulieferer sowie anteilig die Exporte modelliert. Aus der Entwicklung der Erneuerbare-Energien-Märkte sollen Rückschlüsse auf die Potentiale der einzelnen Technologien in Deutschland getroffen werden. Hierzu werden die Ergebnisse der Szenariorechnung mit den Resultaten aus der Primärerhebung verglichen.

Methodik und Vorgehensweise der Primärerhebung

Die Primärerhebung, die unter Hersteller- und Zuliefererunternehmen der Erneuerbare-Energien-Branche im Februar 2011 bei einer Grundgesamtheit von ca. 1.800 Unternehmen durchgeführt wurde, liefert die tatsächliche Markteinschätzung der Marktteilnehmer und dient sowohl der Beschreibung des Status Quo als auch zur Orientierung der Schätzung der langfristigen Entwicklung. Mit einer Rücklaufquote von 17 Prozent werden insgesamt 304 Antworten ausgewertet, wobei das Gros an Unternehmen der Stromsparte zugehörig ist, gefolgt von der Wärmesparte. Die Sparte Biokraftstoffe umfasst analog zur Grundgesamtheit mit Abstand den kleinsten Anteil der Antworten.

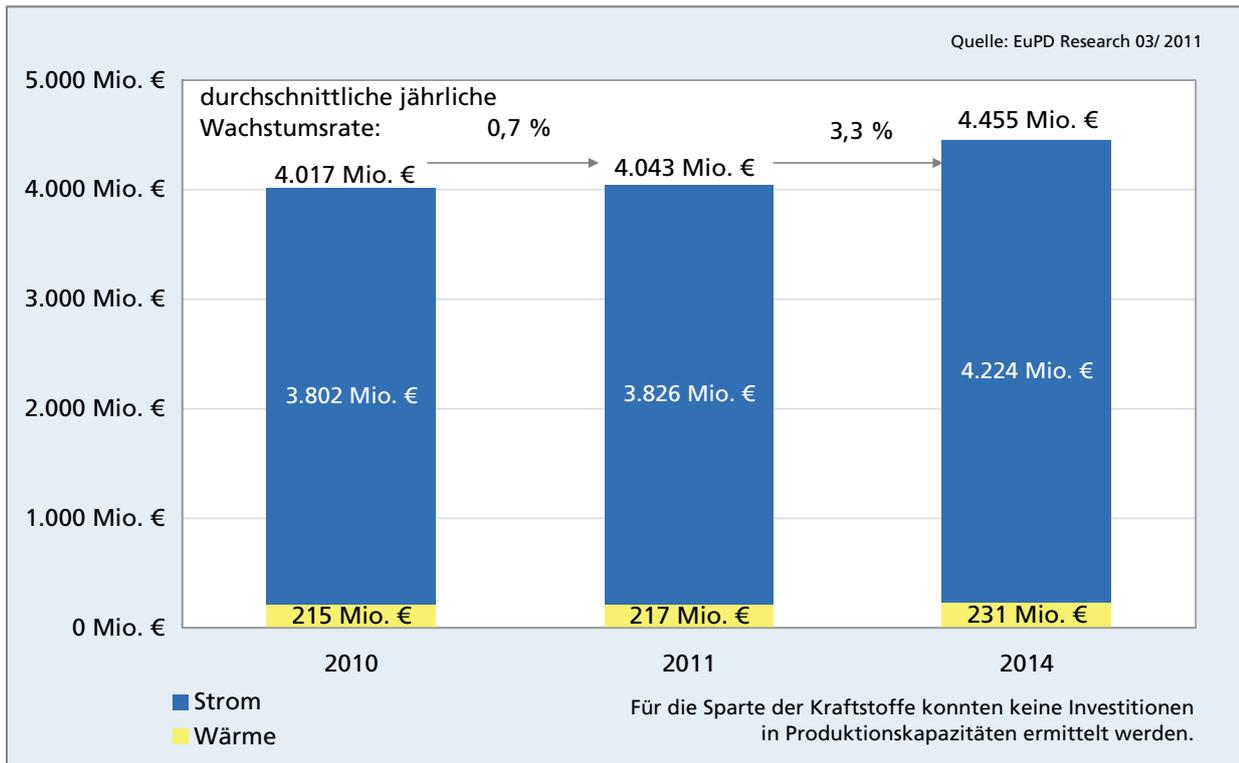
Die kurz- und mittelfristige allgemeine Entwicklung der Erneuerbare-Energien-Branche

Die Primärerhebung zeigt, dass die allgemeine Branchenentwicklung in der kurzen und mittleren Frist von den Unternehmen größtenteils positiv eingeschätzt wird. Demnach erwarten 77 Prozent der befragten Unternehmen, dass der Umsatz von 2011 bis 2014 steigen wird. Dabei liegt der Median der angegebenen jährlichen Wachstumsraten des Umsatzes kurzfristig bei 20 Prozent und mittelfristig bei 15 Prozent. Hierbei ist zudem festzustellen, dass die Auslandsmärkte zukünftig an Relevanz für die deutschen Unternehmen gewinnen. Dem folgend wird mittelfristig bis 2014 mit einem schnelleren Absatzwachstum im Ausland als im Inland gerechnet. Dieses Ergebnis lässt sich gleichermaßen am Auslandsanteil an den Umsätzen ablesen, der von 53 Prozent im Jahr 2011 auf 56 Prozent im Jahr 2014 steigt. Auch im Hinblick auf die Beschäftigungsentwicklung spiegelt sich die positive Einschätzung der Branchenentwicklung wider. Folglich planen 62 Prozent der befragten Unternehmen mittelfristig einen Beschäftigungsausbau. In 2014 erwarten demnach 35 Prozent eine Steigerung von fünf bis 10 Prozent. Dabei fällt auf, dass das Umsatzwachstum zeitlich dem Beschäftigungsausbau vorgelagert ist. Dies zeigt, dass die Unternehmen die Erweiterung der Mitarbeiteranzahl auf ein realisiertes Umsatzwachstum aufsetzen, was für ein stabiles Branchenwachstum spricht. Demnach lässt sich insgesamt, aus den Unternehmensangaben zur allgemeinen Branchenentwicklung ein klares Indiz für ein stabiles Wachstum der Erneuerbare-Energien-Branche in der kurzen und mittleren Frist ableiten.

Investitionsabsichten in Fertigungskapazitäten – Deutschland als bedeutender Investitionsstandort

Kurzfristig gehen die Unternehmen größtenteils von gleichbleibenden bzw. steigenden Investitionen in Fertigungskapazitäten aus. In der mittelfristigen Betrachtung ist die Einschätzung positiver zu bewerten, da 44 Prozent der Unternehmen angeben, die Investitionsausgaben von 2011 bis 2014 zu steigern. Aussagegemäß liegen die Investitionen in Fertigungskapazitäten 2010 bei insgesamt vier Mrd. Euro, wobei 3,8 Mrd. Euro auf die Stromsparte (Windenergie 1,8 Mrd. Euro, PV 1,8 Mrd. Euro, Biogas 100 Mio. Euro, Geothermie 93 Mio. Euro, Wasserkraft 17 Mio. Euro) und 215 Mio. Euro auf die Wärmesparte (Solarwärme 92 Mio. Euro, Biomasse 91 Mio. Euro, Wärmepumpen 32 Mio. Euro) entfallen. Für Biokraftstoffe können aufgrund der bestehenden Überkapazitäten keine Investitionen registriert werden. Insgesamt wird bis 2014 ein Anstieg der Investitionssumme auf knapp 4,5 Mrd. Euro erwartet.

Investitionen in Fertigungskapazitäten der Erneuerbare-Energien-Branche



In Bezug auf die Investitionsregion, in der die ausstehenden Investitionen getätigt werden sollen, nimmt Deutschland aktuell und auch in der mittelfristigen Sicht eine bedeutende Rolle ein. Für Investitionen zwischen 2011 und 2014 zeigt sich eine veränderte Situation. Lediglich knapp zwei Drittel der Unternehmen geben an, die geplanten Investitionen in Deutschland durchführen zu wollen – der Anteil der beabsichtigten Investitionen im europäischen Ausland erhöht sich damit auf 22 Prozent. Noch ausgeprägter zeigt sich die Verschiebung im Hinblick auf die Unternehmen, die Investitionen im Rest der Welt planen. Dieser Anteil steigt in der mittleren Frist auf 15,5 Prozent. Damit sinkt die Bedeutung Deutschlands als Investitionsstandort für Fertigungsstätten zunehmend. Dennoch ist zu beachten, dass diese knapp zwei Drittel der geplanten Investitionssumme (4,5 Mrd. Euro) fast drei Mrd. Euro entsprechen und somit weiterhin auch in der mittleren Frist eine bedeutende Rolle für die deutsche Wirtschaft einnimmt.

Steigende Tendenz von Investitionen in Forschung und Entwicklung (FuE)

Für das Jahr 2010 wird aus den Unternehmensangaben eine FuE-Investitionssumme der Erneuerbare-Energien-Branche von rund 1,5 Mrd. Euro abgeleitet (Stromsparte 1,3 Mrd. Euro, Wärmesparte 135 Mio. Euro, Biokraftstoffstoffe 18 Mio. Euro). In der Stromsparte fällt der größte Anteil der Windenergie zu (846 Mio. Euro), gefolgt von Photovoltaik (308 Mio. Euro), Geothermie (117 Mio. Euro), Biogas (35 Mio. Euro) und Wasserkraft (27 Mio. Euro). Für das Jahr 2011 erwartet der überwiegende Anteil der Unternehmen (59 Prozent der Befragten) weiterhin FuE-Investitionen auf dem Niveau von 2010. Bis 2014 steigt die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der FuE-Investitionen der Stromsparte sogar auf fünf Prozent an, sodass in der mittleren Frist hier FuE-Investitionen in Höhe von 1,5 Mrd. Euro erwartet werden. Insgesamt wird im Jahr 2014 ein FuE-Investitionsvolumen der gesamten Erneuerbare-Energien-Branche von nahezu 1,7 Mrd. Euro prognosegemäß erreicht.

Methodik und Vorgehensweise der Modellrechnung

Im Kontext dieses Forschungsprojektes besteht die besondere Herausforderung in der Entwicklung eines volkswirtschaftlichen Modells, auf dessen Basis Modellrechnungen zu den Investitionsvolumina der Erneuerbare-Energien-Branche in verschiedenen Szenarien im Zeithorizont bis zum Jahr 2030 umgesetzt werden können. Um einem wissenschaftlichen Anspruch zu genügen, wird beim Vergleich der Szenarien das Ceteris-Paribus-Konzept angewandt. Demzufolge wird zwischen den Szenarien nur der jeweilige Zubau an Erneuerbare-Energien-Anlagen variiert. Alle weiteren Annahmen sind in allen Szenarien identisch. Ergänzt werden die Deutschland-Szenarien um das Weltszenario „energy (r)evolution“ nach EREC, 2010, und um die Exportentwicklung aus der Primärerhebung in BMU, 2011. Allein die Deutschland-Szenarien werden variiert, die Entwicklung der restlichen Welt bleibt in jedem Szenario annahmegemäß identisch. Als Referenzszenario S1 wurde das Energiekonzept der Bundesregierung (BReg, 2010) ausgewählt. Dieses wird als Vergleich dem Leitszenario des Bundesumweltministeriums (S2: BMU, 2010) sowie der aktualisierten Branchenprognose des Bundesverbandes Erneuerbare Energie (BEE) und der Agentur für Erneuerbare Energien (S3: AEE, 2011) gegenübergestellt. Alle Szenarien werden in den internationalen Kontext des „energy [r]evolution“ Szenarios (EREC, 2010) eingebettet.

Für die preisliche Bewertung der abgesetzten Erneuerbare-Energien-Anlagen findet einheitlich die Systempreisentwicklung nach Prognos, 2010, Anwendung. Über das Jahr 2020 hinaus werden die Systempreise anhand der technologieabhängigen Lernkurven und der weltweiten Entwicklung des Anlagenbestands nach EREC, 2010, fortgeschrieben. Unter Systempreisen (bzw. spezifischen Investitionskosten) werden die durchschnittlichen Preise ohne Mehrwertsteuer für komplette EE-Anlagen inklusive aller Komponenten, Planungs- und Installationskosten verstanden. Die Investitionen in Erneuerbare-Energien-Anlagen ergeben sich aus dem angenommenen Zubau in den Szenarien und werden mit der angenommenen Systempreisentwicklung bewertet. Die Ersatzinvestitionen auf den Vorjahresbestand der Erneuerbare-Energien-Anlagen bemessen sich auf Grundlage der angenommenen durchschnittlichen Nutzungsdauer. Diese ist wie in BReg, 2010, für fast alle Technologien identisch auf 20 Jahre angesetzt. Abweichend davon weisen Wasserkraftanlagen eine Nutzungsdauer von 30 Jahren (BReg, 2010) und Windkraft-Anlagen eine Nutzungsdauer von 16 Jahren auf (BMF, 2009a: AfA-Tabelle Nr. 0).

Um Aussagen über die Umsatzentwicklung deutscher Anlagen- und Komponentenhersteller treffen zu können, müssen Annahmen über die Wertschöpfungsanteile deutscher Anlagen- und Komponentenhersteller am deutschen Markt („Marktanteile deutscher Hersteller“), die herstellungsrelevanten Anteile am Systempreis (Herstellkostenanteile inklusive Herstellermarge an den spezifischen Investitionskosten) und die Exporte getroffen werden. Die Wertschöpfungsanteile deutscher Hersteller und Herstellkostenanteile verbleiben in den einzelnen Technologien annahmegemäß im Zeitverlauf konstant, sodass sich für alle Technologien bei wachsenden Märkten auch wachsende Umsätze deutscher Hersteller ergeben.

Die Wertschöpfungsanteile deutscher Hersteller in Deutschland definieren mit Bezug auf die in den drei Szenarien angenommenen Zubauzahlen die Marktnachfrage nach Erneuerbare-Energien-Anlagen aus deutscher Herstellung. Ein starker Heimatmarkt bedeutet für einheimische Produzenten häufig einen Vorteil auf dem Weltmarkt. Daher variiert die Exportstärke in den drei Szenarien in Abhängigkeit vom Zubau an Erneuerbare-Energien-Anlagen in Deutschland. Die Exportentwicklung für das Referenzszenario S1 entstammt der „verhaltenen“ Einschätzung aus der Primärerhebung in BMU, 2011. In den Szenarien S2 und S3 werden die Exporte im Vergleich zum Referenzszenario im Verhältnis der angenommenen Zubauzahlen angepasst. Aus den auf diese Weise ermittelten Exportsummen können die Weltmarktanteile in EREC, 2010, abgeleitet werden.

Die zukünftigen Investitionen in Fertigungskapazitäten in den Erneuerbaren Energien wurden in diesem Kontext erstmals modelliert. Da auf keinen bestehenden Wissensstand aufgebaut werden konnte, wurde hier ein gänzlich neuartiger Ansatz zur Berechnung der Investitionen in Herstellungskapazitäten gewählt. Annahmegemäß folgt die Systempreisentwicklung der Entwicklung der Herstellungskosten. Effizienzgewinne und Skaleneffekte im Herstellungsprozess haben also eine direkte Auswirkung auf die Systempreise für Erneuerbare-Energien-Anlagen. Umgekehrt kann aus den Systempreisen im Rückschluss auf die Herstellungskosten geschlossen werden. Die Herstellungskosten ergeben sich bei Subtraktion der Rohstoffkosten sowie der nach der Herstellung entstehenden Kosten aus Vertrieb, Handel, Logistik, Projektierung und Planung vom Systempreis. Um nun Aussagen über die Höhe der Investitionskosten für Fertigungsstätten und deren Komponenten treffen zu können, müssen Annahmen über den Rentabilitätszeitraum getroffen werden. In Anlehnung an typische Nutzungsdauern für Verarbeitungsmaschinen nach BMF, 2009b (AfA-Tabelle Nr. 101, 1.10 und 4.5) wird hier angenommen, dass eine Fertigungsstätte nach acht Jahren vollständig abgeschrieben ist. Es ist anzunehmen, dass die Fertigungsstätte in dieser Zeitspanne bei günstigen Konditionen noch durch einen Bankenkredit ohne Refinanzierung finanziert werden kann. Vereinfacht bedeutet diese Annahme, dass die Fixkosten für die komplette Errichtung einer Fertigungsstätte im Falle von 100 Prozent Auslastung der Herstellungskapazität ab dem neunten Jahr vollständig abgeschrieben sind und die Fertigungsstätte Gewinne erwirtschaftet.

Um eine Preisabschätzung für Herstellungsanlagen und Komponenten treffen zu können, müssen die im Herstellungsprozess anfallenden Arbeits-, Energie- und Kapitalkosten sowie einkalkulierte Stückgewinne berücksichtigt werden. Die resultierenden Investitionskosten für Herstellungsstätten variieren über die Jahre aufgrund der Effizienzgewinne aus Lernkurveneffekten und teils Steigerungen der durchschnittlichen Jahreserträge der Erneuerbare-Energien-Anlagen nach AEE, 2011. Aus den Investitionskosten und der Nachfrage nach Erneuerbare-Energien-Anlagen (Endprodukten) aus deutscher Produktion ergeben sich die Investitionen in Fertigungsstätten. Je nach Auslastungsgrad der Produktion fallen wiederum jährliche Ersatzinvestitionen zum Erhalt der Fertigungsstätten an. Da eine Produktionsstätte u.a. auch aus Gebäuden besteht, bei denen Instandhaltungskosten seltener anfallen als bei Spezialmaschinen, wird auf Basis von BMF, 2009b, angenommen, dass die Hälfte der Fertigungsstätte nach acht Jahren erneuert werden muss.

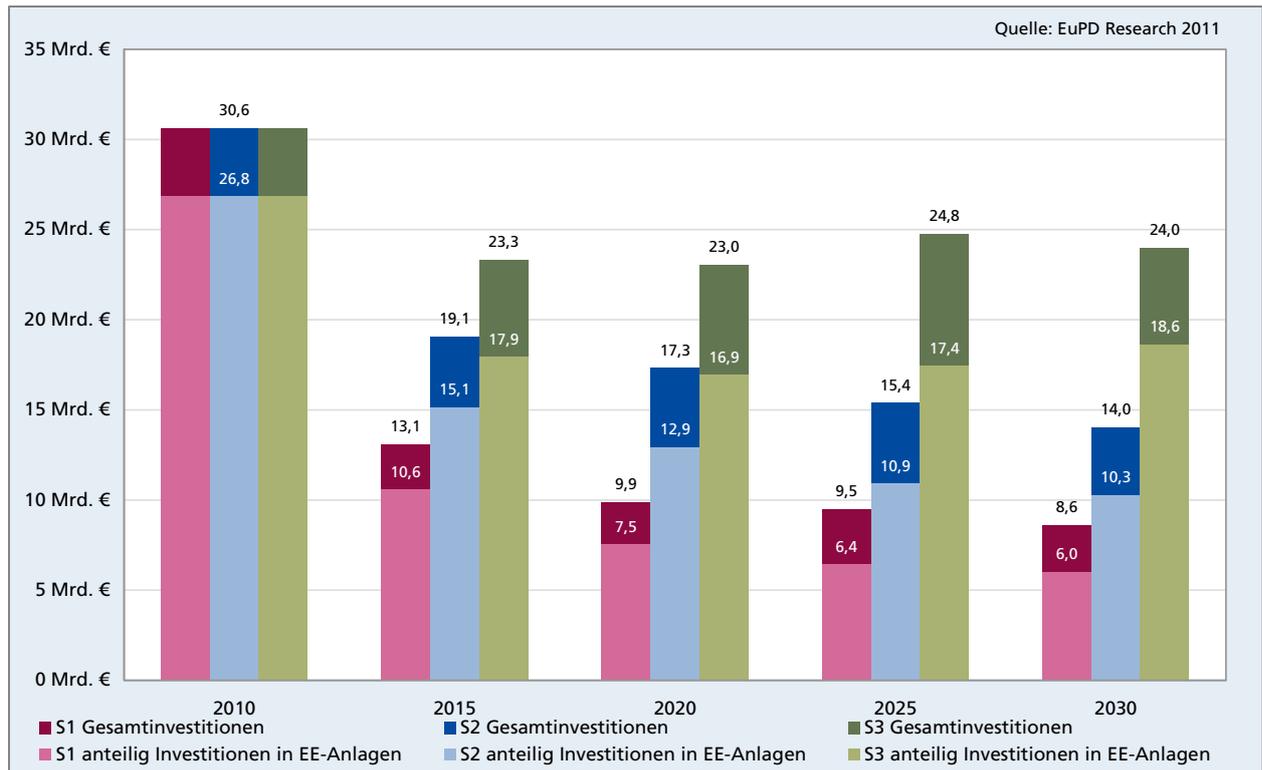
Insbesondere die Investitionsvorhaben in Fertigungsstätten können sich durch aktuelle Markteinflüsse über die Jahre verschieben. Um diesen Verschiebungseffekten Rechnung zu tragen, werden die Investitionsvolumina in den einzelnen Technologien in Kapitel 3 über Zeiträume von fünf Jahren ausgegeben. Um jedoch einen Vergleich der Modellergebnisse mit der Primärerhebung zu ermöglichen, werden im Executive Summary und Zwischenfazit die jährlichen Investitionsvolumina dargestellt. Auf Einmaleffekte, die keine Tendenz darstellen, wird gesondert hingewiesen.

Gesamtinvestitionen in der Stromsparte – steigender Anteil der Investitionen in Fertigungskapazitäten

Die Abbildung auf S. 11 stellt die auf Basis des Modells ermittelten jährlichen Gesamtinvestitionen in der Stromsparte bis 2030 dar. Als dunkle Balken sind in der Grafik die Investitionen in Herstellungskapazitäten als Differenz aus den Gesamtinvestitionen und den Investitionen in Erneuerbare-Energien-Anlagen sichtbar. Die Ersatzinvestitionen sowohl in die EE-Anlagen als auch in die Fertigungsstätten sind entsprechend enthalten. Die Stromsparte enthält die Technologien Windenergie, Photovoltaik, Biomasse Strom, Wasserkraft und Geothermie. 2010 ist als Status Quo für alle Szenarien gleich und enthält die realisierten Investitionen in Erneuerbare-Energien-Anlagen auf Basis des Modells sowie die Investitionen in Fertigungsstätten aus der Primärerhebung. Die Gesamtinvestitionen in der Stromsparte haben in 2010 bereits ihr voraussichtliches Maximum erreicht. Dieses Ergebnis ist in erster Linie auf den enormen Zubau im Bereich der Photovoltaik in Höhe von 7,4 GWp in diesem Jahr zurückzuführen. Die Entwicklung der Investitionszahlen liegt in den

Szenarien S1 und S2 deutlich unter der Entwicklung aus Szenario S3. Während die jährlichen Gesamtinvestitionen in S3 nach einem kurzen Rückgang auf hohem Niveau bis 2025 moderat steigen, sinken diese in S2 relativ konstant um etwa fünf Mrd. Euro. Gemäß dem Referenzszenario S1 sinken die jährlichen Gesamtinvestitionen von 2015 bis 2030 um ca. ein Drittel. Hier wird deutlich, dass insbesondere in S3 eine deutliche Steigerung der Investitionen in Herstellungskapazitäten erforderlich ist, um die Nachfrage nach Erneuerbare-Energien-Anlagen aus deutscher Produktion in Deutschland und auf dem Weltmarkt befriedigen zu können.

Gesamtinvestitionen in der Stromsparte im Vergleich zwischen den Szenarien

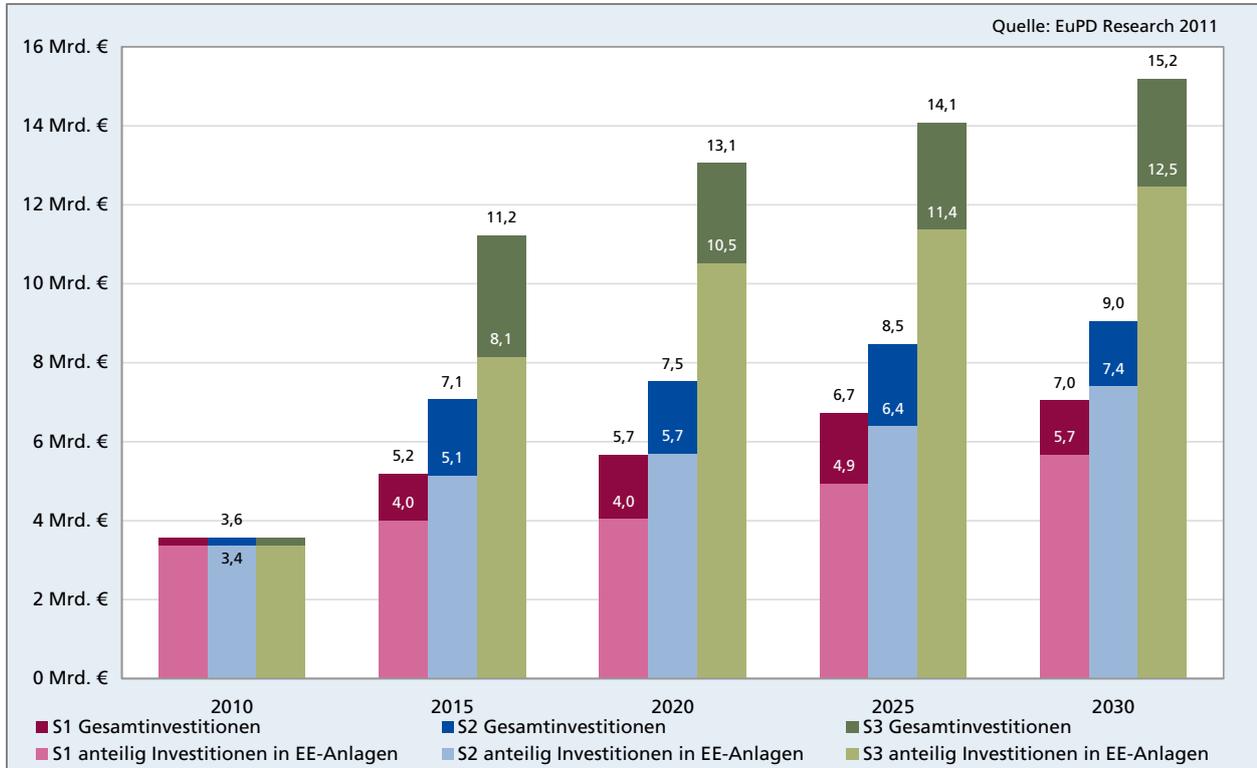


Gesamtinvestitionen in der Wärmesparte - konstanter Anstieg mit aktuell geringer Investitionssumme

Wie der nachfolgenden Abbildung zu entnehmen ist, ändert sich das Bild in der Wärmesparte. Die Werte für das Jahr 2010 entstammen den Ergebnissen der Primärerhebung (215 Mio. Euro in 2010). Werden diese mit den Ergebnissen der Modellrechnung abgeglichen, zeigt sich, dass die Gesamtinvestitionen in allen Szenarien stetig und deutlich wachsen. Laut dem Modell steigen die Gesamtinvestitionen bis 2015 im Referenzszenario S1 nahezu auf das Doppelte, während sich in S2 fast eine Verdreifung und in S3 sogar nahezu eine Vervielfachung des bisherigen Investitionsvolumens ergibt. Danach steigen die Gesamtinvestitionen in S1 und S2 moderat, während diese in S3 von 2010 bis 2030 um insgesamt 311 Prozent ansteigen. In der Wärmesparte werden im Vergleich zur Stromsparte deutlich geringere Investitionen getätigt. Das liegt auch daran, dass nur drei Technologien (Solarwärme, Wärmepumpen und Biomasse Wärme) zu diesem Sektor zählen. Im Status Quo stellen die Investitionen in Erneuerbare-Energien-Anlagen mit knapp 3,4 Mrd. Euro den größten Anteil an den Gesamtinvestitionen dar. Auf Basis der Primärerhebung konnten lediglich 215 Mio. Euro an Investitionen in Fertigungskapazitäten identifiziert werden. Das geringe Ergebnis der Primärerhebung verdeutlicht die aktuell schwierige Lage im Wärmemarkt mit großen Absatzschwächen im Solarwärme- und Wärmepumpenmarkt. Aus diesem Grunde werden derzeit nur geringe Investitionen in Fertigungskapazitäten im Wärmemarkt getätigt. Um die angestrebten Zubauziele der Zukunft zu erreichen, müssen in allen Szenarien

sowohl die Investitionen in Fertigungsstätten als auch in Erneuerbare-Energien-Anlagen insbesondere in der mittleren Frist bis 2015 deutlich ansteigen.

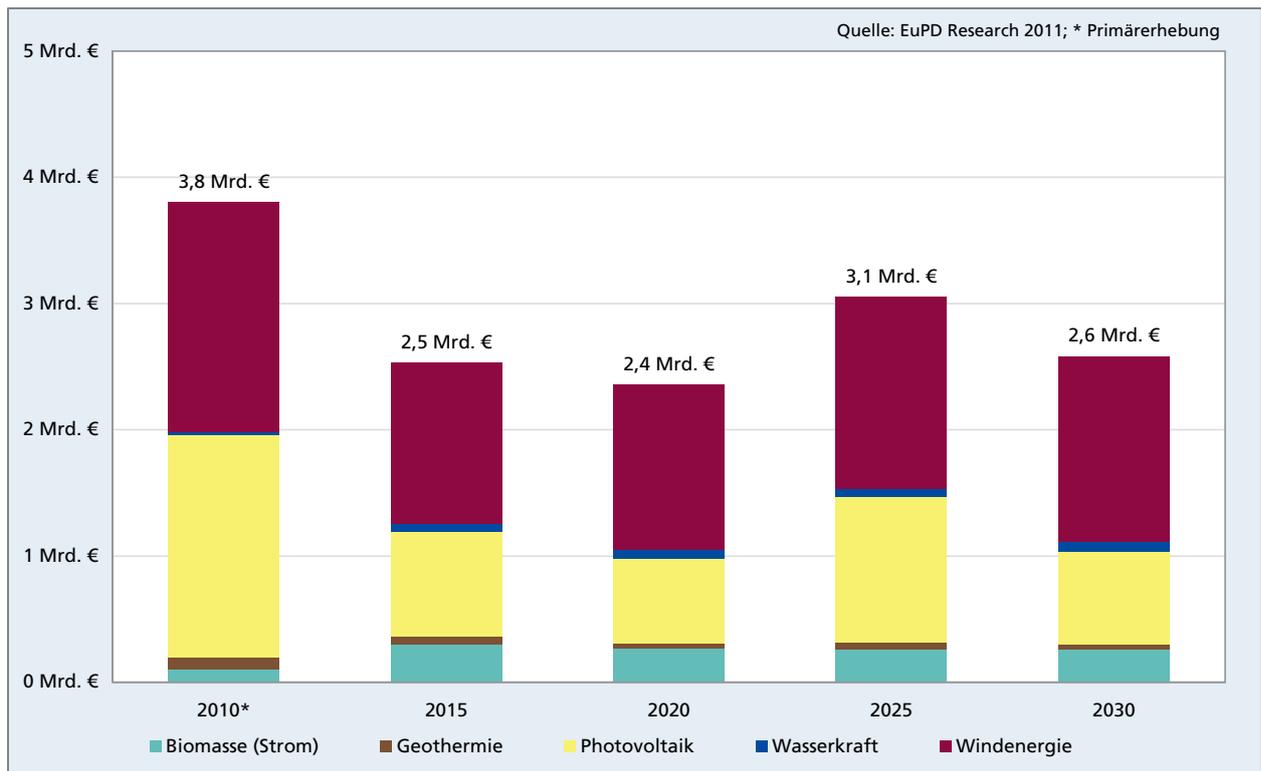
Gesamtinvestitionen in der Wärmesparte im Vergleich zwischen den Szenarien



Investitionen in Fertigungskapazitäten

Im Rahmen dieses Studienprojektes werden als zentrale Neuerung gegenüber den Vorgängerstudien die zukünftigen Investitionen in Fertigungskapazitäten in der Erneuerbare-Energien-Branche modelliert. Die untere Abbildung zeigt die Investitionen in Fertigungskapazitäten in der Stromsparte für das als Untergrenze benutzte Referenzszenario S1. Im Status Quo wurde auf Basis der Primärerhebung eine Investitionssumme von etwa 3,8 Mrd. Euro in 2010 ermittelt und den Modellergebnissen der einzelnen Szenarien für 2015, 2020, 2025 und 2030 gegenübergestellt. Laut Modell werden in S1 2015 nur zwei Drittel des heutigen Investitionsvolumens fließen. Die Hauptanteile an der Investitionsentwicklung haben über den gesamten Zeitraum hinweg die Windenergie und die Photovoltaik. Insbesondere die Photovoltaik hat sich in den letzten Jahren stark entwickelt und verbleibt aufgrund hoher Exportumsätze trotz eines rückgängigen Heimatmarktes auf einem hohen Niveau. Die Windkraft wächst dem verhaltenen Referenzszenario S1 zufolge moderat aber stetig, insbesondere aufgrund eines deutlich wachsenden Anteils von Offshore-Windkraft-Anlagen. Die Investitionen in Fertigungskapazitäten bleiben im Biomasse-Strom- und Wasserkraftsektor bis 2025 auf konstant niedrigen Niveaus. In erster Linie werden Ersatzinvestitionen zum Erhalt bestehender Herstellungsstätten getätigt. In 2030 fallen im Wasserkraftbereich hohe Einmaleffekte an, aus denen keine Tendenz für die Vor- und Folgejahre abgelesen werden kann. In den Jahren zwischen 2025 und 2030 liegen die Investitionsvolumina im Wasserkraftbereich in etwa auf dem Niveau von 2025. Die Investitionen in der Geothermie waren in 2010 laut der Primärerhebung sehr hoch. Das Modell weist in 2015 eine deutlich niedrigere jährliche Investitionssumme aus, die zwischen 2015 und 2030 moderat wächst.

Investitionen in Fertigungskapazitäten in der Stromsparte in S1



Beschäftigungsentwicklung – positiver Einfluss durch den Ausbau der Erneuerbaren Energien

Während die Bestimmung der Bruttobeschäftigung mit Hilfe historischer Kenndaten vergleichsweise gut abgeschätzt werden kann, ist die Bestimmung der aus dem Erneuerbare-Energien-Ausbau resultierenden Nettoeffekte weit komplexer. Dies gilt erst recht für einen Zeitraum, der von heute an gerechnet ein oder zwei Dekaden entfernt in der Zukunft liegt und Zeit für signifikante Veränderungen am Markt lässt. Aus diesem Grund werden im Rahmen dieser Untersuchung hauptsächlich die Studien von DIW und GWS für eine qualitative Abschätzung der Nettobeschäftigungseffekte herangezogen.

Der Nettobeschäftigungseffekt einer Investition ergibt sich aus einer Gesamtbilanz arbeitsmarktrelevanter Effekte. Grundsätzlich kann er je nach Setzung und Interpretation der Parameter damit positiv oder negativ ausfallen. Ist er positiv, stellt er somit die durch eine Investition tatsächlich induzierte Mehrbeschäftigung dar. Ein Hauptergebnis der gesamtwirtschaftlichen Analyse der DIW-Studie ist, dass der geförderte Ausbau Erneuerbarer Energien zu höherem Wirtschaftswachstum und auch zu höherem Konsum führt. Das Bruttoinlandsprodukt (BIP) wird 2030 um 2,9 Prozent höher liegen als ohne Ausbau.¹ Die wesentlichen Einflussfaktoren auf die Beschäftigungseffekte sind die konkreten Verhältnisse auf dem Arbeitsmarkt. Die Modellergebnisse zeigen einen durch den Umbau des Energiesystems ausgelösten Strukturwandel, der auch eine ausreichende Qualifizierung der Erwerbstätigen erfordert. Wenn das höhere Wachstum aus zusätzlichen Produktivitätssteigerungen resultiert bzw. der Arbeitsmarkt bereits gesättigt ist, wird der Ausbau Erneuerbarer Energien nur einen geringen positiven Einfluss auf die Beschäftigung haben. Wenn zusätzliche Arbeitskräfte mobilisiert werden können, ist es möglich, die Beschäftigung um 0,7 Prozent im Jahr 2030 zu steigern. Insgesamt wurde in der GWS-Analyse die höchste Nettobeschäftigung beim deutlichen Anstieg der fossilen Energiepreise mit maximalem angenommenem Export in Kombination mit dem höheren PV-Ausbau erreicht. In diesem Fall liegt die Nettobeschäftigung im Jahr 2030 um mehr als 300.000 Personen höher als beim

¹ An dieser Stelle ist zu beachten, dass sich die Ergebnisse nicht auf das Modell mit den drei Szenarien beziehen, sondern der Literaturrecherche der genannten Studien von DIW und GWS entnommen wurden.

Business-as-usual-Szenario. Die höheren Brennstoffpreise senken die Differenzkosten und unterstützen dadurch die Energieerzeugung in Erneuerbare-Energien-Anlagen.²

Wichtige Einflussfaktoren auf die Beschäftigungsentwicklung

Neben den allgemeinen Erkenntnissen liefern die beiden Studien zudem die Einflüsse bestimmter Faktoren auf die Beschäftigungsentwicklung. Die Ergebnisse der Studien bzgl. der einzelnen Einflussfaktoren sind in der folgenden Tabelle dargestellt. Dabei wird auch die Richtung und Stärke – wenn der jeweilige Faktor untersucht wurde – des Einflusses dargestellt.

Gesamtdarstellung des Einflusses relevanter Faktoren auf die Beschäftigungseffekte

	DIW-Analyse	GWS-Analyse
Strukturwandel der Gesamtwirtschaft	stark positiv	positiv
Steigerung des BIP	positiv	neutral
Kaufkraftverluste der privaten Haushalte (Budgeteffekte)	positiv	neutral
Export	neutral	stark positiv
Import	neutral	negativ
Erhöhung des Energiepreises	k. A.	neutral
Preise und Stückkosten	negativ	k. A.
Lohnentwicklung	negativ	k. A.
Sektorale Effekte	k. A.	stark positiv
Produktivitätsentwicklung	neutral	neutral
Struktur des Arbeitsmarktes	stark positiv	stark positiv

Beispielsweise hat laut GWS-Analyse eine Exportsteigerung einen stark positiven Effekt auf die Beschäftigung. Wenn mehr Erneuerbare-Energien-Anlagen exportiert werden, entstehen auch mehr Arbeitsplätze im Bereich der Erneuerbaren Energien in Deutschland. Gleichzeitig zeigt die GWS-Analyse für die Importentwicklung einen gegensätzlichen Effekt, d.h. wenn z. B. mehr Bauteile importiert werden, führt das tendenziell zu weniger Arbeitsplätzen in Deutschland. Das DIW sieht in seiner Analyse hingegen keinen direkten Zusammenhang (daher „neutral“) zwischen dem Export bzw. dem Import und der Beschäftigung. Die Nettobeschäftigungseffekte ergeben sich aus einer Gesamtbilanz und aus dem Wechselspiel der verschiedenen Effekte. In der Ergebnisbewertung sind sich DIW und GWS dahingehend einig, dass die langfristigen positiven Beschäftigungseffekte des Erneuerbare-Energien-Ausbaus die negativen sektoralen Auswirkungen und Budgeteffekte überschreiten. Die gesamtwirtschaftlichen Analysen zeigen, dass der Erneuerbare-Energien-Ausbau langfristig zu höherem Wirtschaftswachstum und auch zu höherem Konsum führt. Die Hauptunterschiede der Studien liegen nicht in der Gesamteinschätzung, sondern bei der Bewertung des Einflusses der einzelnen Effekte. Die DIW-Analyse betont insbesondere die Wichtigkeit des Strukturwandels, die allgemeine Veränderung der Gesamtwirtschaft und die generelle Struktur des Arbeitsmarktes als bestimmende Faktoren. Die Modellierung der GWS hebt die Bedeutung der Exporte, sektoraler Effekte und der Struktur des Arbeitsmarktes hervor. Beide Studien unterstreichen die unumgänglichen Einflüsse der generellen Struktur der Gesamtwirtschaft und des Arbeitsmarktes als maßgeblichste Faktoren.

Die Eignung einer Methode, um Nettobeschäftigungseffekte zu berechnen, hängt primär von der Forschungsfrage ab. Es ist von zentraler Bedeutung, ob eher der Status Quo oder eine mögliche zukünftige

² Dieser Aspekt wird in den Szenarien S1, S2 und S3 nicht behandelt, sondern ist das Ergebnis des vom BMU in Auftrag gegebenen Projekts "Kurz- und langfristige Auswirkungen des Ausbaus Erneuerbarer Energien".

Entwicklung eingehend analysiert wird. Aufgrund der starken Verflechtungen der Wirtschaftsstrukturen erscheint der von DIW und GWS gewählte methodische Vorgang (Input-Output-Analysen) sinnvoll. Beide Studien zeigen in der Tendenz positive Beschäftigungsimpulse durch den Ausbau Erneuerbarer Energien. Sie zeigen aber auch, dass die Ergebnisse sehr stark von den getroffenen Annahmen abhängen. Neben der Darstellung und Diskussion der relevanten Einflussfaktoren erscheint daher eine Varianten- und Szenariorechnung für die Diskussion und Interpretation der Ergebnisse hilfreich.

Investitionen in Erneuerbare Energien – bedeutender Faktor zur Erreichung von Klimaschutzziele und als Fundament zukunftsfähiger Wirtschaftsentwicklung in Deutschland

Die vorliegende Studie liefert den Beleg, dass durch den stetigen Ausbau der Erneuerbaren Energien nicht nur die Klimaschutzziele der Bundesrepublik erreicht werden können, sondern andererseits dies zu deutlich positiven gesamtwirtschaftlichen Effekten führt. Werden die Ziele der Bundesregierung hinsichtlich Klimaschutz und Ausbau der Erneuerbaren Energien weiterhin konsequent verfolgt, so kann die deutsche Volkswirtschaft nachhaltig gestärkt werden.

Im direkten Vergleich der Wirtschaftszweige ist ersichtlich, dass die Erneuerbare-Energien-Branche mit einem Investitionsvolumen in Fertigungskapazitäten von vier Mrd. Euro hinter der Herstellung von Kraftfahrzeugen, dem Maschinenbau und der Herstellung chemischer Erzeugnisse liegt. Die Automobil-Branche als eine Schlüssel-Branche der deutschen Volkswirtschaft investierte im Jahr 2009 mit 9,3 Mrd. Euro im Verhältnis zu den Erneuerbaren Energien 2,3-mal mehr. An der gesamten Investitionssumme in Fertigungskapazitäten des Verarbeitenden Gewerbes von 46,2 Mrd. Euro gemessen erreichen die Investitionen der Erneuerbaren Energien knapp neun Prozent.

Diese Untersuchung zeigt sowohl auf Basis der durchgeführten Primärerhebung als auch in der Modellrechnung, dass der Ausbau der Erneuerbaren Energien stetig voranschreitet und immense Investitionen getätigt werden, um die Klimaschutzziele zu erreichen. Die deutschen Hersteller und Zulieferer partizipieren an dieser überaus positiven Entwicklung sowohl im Inland wie auch auf dem Weltmarkt. Die Förderung durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) dient im Stromsektor als Basis für die gute Lage der deutschen Hersteller auf dem Weltmarkt. Ähnlich starke Förderanreize fehlen im Wärmebereich. Um auch in diesem Bereich die Klimaschutzziele zu erreichen und die prognostizierten hohen Investitionsvolumina tätigen zu können, bedarf es daher der Unterstützung aus der Politik in Form von mittel- und langfristig stabilen und wirkungsvollen Fördermechanismen.

1 Hintergrund und Zielstellung

Bearbeitet von EuPD Research

1.1 Ausgangslage

Der Anteil der Erneuerbaren Energien (EE) an der Energieversorgung in Deutschland steigt stetig. Gleichzeitig nimmt auch ihre industrielle Bedeutung für den Standort erheblich zu. Nichtsdestotrotz ist der volkswirtschaftliche Nutzen der Förderung des Ausbaus Erneuerbarer Energien immer wieder Gegenstand politischer Diskussion. Mit der vorliegenden Studie wird ein Beitrag zu dieser Diskussion auf wissenschaftlicher Grundlage gegeben.

Bereits im Jahre 2009 hat der Bundesverband Erneuerbare Energie (BEE) als Dachverband der Branche in enger Abstimmung mit seinen Mitgliedsverbänden und in Zusammenarbeit mit der Agentur für Erneuerbare Energien (AEE) eine Prognose herausgegeben, in der die Branche den aus ihrer Sicht wahrscheinlichen Ausbaupfad der Erneuerbaren Energien bis 2020 beschreibt. Die damalige Prognose kam zu dem Schluss, dass die Erneuerbaren Energien bis 2020 bereits 28 Prozent des Endenergieverbrauchs in Deutschland decken können. Damit lag die Brancheneinschätzung deutlich über dem Ausbaupfad, den das Bundesumweltministerium in der aktualisierten Leitstudie (BMU, 2010) beschreibt. Basierend auf der damaligen Ausbauprognose haben BEE und AEE im Jahr 2010 durch das Forschungsinstitut Prognos die Investitionen errechnen lassen, die bis zum Jahr 2020 in die Errichtung von Erneuerbare-Energien-Anlagen (EE-Anlagen) fließen werden.

Die vorliegende, neue Studie baut auf den Erkenntnissen der Vorgängerstudie (Prognos, 2010) auf. Der Studienrahmen wurde erheblich erweitert und enthält nun neben den Investitionen in Erneuerbare-Energien-Anlagen auch die Investitionen in Fertigungskapazitäten, in Forschung und Entwicklung, die Investitionen aus Wartung und Instandhaltung (Ersatzinvestitionen) der Erneuerbare-Energien-Anlagen und Fertigungsstätten sowie die Umsatz- und Exportentwicklung der deutschen Hersteller und Zulieferer. Die wesentlichen Forschungsfragen werden nach den Sparten Strom, Wärme und Kraftstoffe sowie nach den Segmenten Windenergie, Photovoltaik, Wasserkraft, Solarwärme, Geothermie, Wärmepumpen, Biogas und Biomasse differenziert dargestellt.³

Die Förderung und die politische Unterstützung sind die wesentlichen Faktoren für den bisherigen Erfolg und den fortschreitenden Ausbau der Erneuerbaren Energien. Die Stromsparte verfügt mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und den daraus abgeleiteten festen Einspeisetarifen über ein starkes Förderinstrument, welches aufgrund seiner Stabilität der Industrie eine gewisse Investitionssicherheit garantiert. Dabei steht die Politik vor der Herausforderung, das Gesetz ständig an technologische Fortschritte sowie aktuelle Gegebenheiten anzupassen, um die langfristig angestrebte Transformation des deutschen Energieversorgungssystems zu erreichen. Laut dem EEG-Erfahrungsbericht 2011 liegen die größten Herausforderungen für die erneuerbare Stromsparte in der Effizienzsteigerung, Energiespeicherung und dem Netzausbau.

³ Eine weitere Differenzierung in die Untersegmente Wind onshore/offshore, Biomasse/Biogas und Biodiesel/Bioethanol/Pflanzenöl war vor dem Hintergrund der wesentlichen Sekundärquellen (AEE, 2011; BMU, 2010; BReg, 2010; Prognos, 2010; EREC, 2010; IÖW, 2010 und BMU, 2011) für Kapitel 3 nicht möglich. Ein Überblick zur Einordnung der Untersegmente wird in Kapitel 3.2 gegeben. In Kapitel 2 konnten die Herstellerangaben für Biogasanlagen und sonstige Biomasseanlagen getrennt ausgegeben werden.

Die erneuerbare Wärmesparte profitiert von den Teilnutzungspflichten des Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetzes (EEWärmeG) sowie den Investitionszuschüssen aus dem Marktanreizprogramm (MAP). Da das MAP jedoch in kurzen Abständen immer wieder angepasst wird, ergibt sich hieraus nur eine geringe Investitionssicherheit für die Industrie. Um die Ausbauziele und die damit verbundenen Investitionen im Wärmesektor zu erreichen, bedarf es eines mittel- und langfristig gesicherten Förderrahmens.

1.2 Zielsetzung

Bereits in mehreren Studien wurden die zukünftigen Investitionen in Erneuerbare-Energien-Anlagen untersucht, ohne jedoch die für den Zubau notwendigen Investitionen in Herstellungskapazitäten zu berücksichtigen. Die vorliegende Studie füllt diese Lücke und untersucht im Kern folgende Fragestellungen:

1. Wie hoch werden die Gesamtinvestitionen in Erneuerbare-Energien-Anlagen und deren Fertigungsstätten in Deutschland bis 2030 sein?
2. Wie wird sich der Gesamtumsatz deutscher Hersteller und Zulieferer unter Berücksichtigung der Exportumsätze bis 2030 entwickeln?
3. Wodurch werden die Effekte auf die Beschäftigungsentwicklung im Rahmen des Ausbaus der Erneuerbaren Energien beeinflusst?

Die Studie wurde in einer Forschungs Kooperation der Institute EuPD Research, Deutsches CleanTech Institut sowie dem Wuppertal Institut im Auftrag der Agentur für Erneuerbare Energien erstellt. Die Projektleitung lag bei EuPD Research. Zur besseren Aufgabenabgrenzung wurden die Kapitel unter den Instituten aufgeteilt. Daneben fand zwischen den Instituten ein wissenschaftlicher Austausch über die grundlegenden Methodiken und Inhalte statt. Kapitel 1 wurde von EuPD Research und dem Deutschen CleanTech Institut verfasst und gibt einen Überblick über den Studienhintergrund, die Zielstellung sowie die Projektstruktur. Kapitel 2 stellt die Ergebnisse einer Primärerhebung von EuPD Research dar. Im Rahmen der Primärerhebung wurden über 300 Hersteller, Zulieferer sowie Distributoren der Erneuerbare-Energien-Branche in Deutschland zu ihrer wirtschaftlichen Entwicklung befragt. Als Hauptergebnisse der Erhebung werden die heutigen und zukünftig erwarteten Investitionen der Erneuerbare-Energien-Branche in Herstellungskapazitäten sowie Forschung und Entwicklung in 2010, 2011 und 2014 abgebildet. Insbesondere den Investitionen in Forschung und Entwicklung fällt eine besondere Bedeutung zu, da sie als Indikator für die Innovationstätigkeit der relativ jungen Branche dienen. Aufgrund der speziellen Abhängigkeit der Forschungstätigkeit von den politischen Rahmenbedingungen werden diese nur aufbauend auf den Ergebnissen der Primärerhebung bis 2014 ausgewiesen.

Die Szenariorechnung in Kapitel 3 basiert auf einem Modell von EuPD Research und wurde in Kooperation mit dem Deutschen CleanTech Institut erstellt. Die Branchenprognose von AEE und BEE wurde für die Modellrechnung in Kapitel 3 im Frühjahr 2011 aktualisiert und den erwarteten Marktentwicklungen in der aktualisierten Leitstudie (BMU, 2010) sowie im Energiekonzept der Bundesregierung (BReg, 2010) gegenübergestellt. Anhand der Szenariorechnungen werden mittel- und langfristige Aussagen über die Entwicklung der Investitionen in Erneuerbare-Energien-Anlagen und deren Fertigungsstätten sowie die Umsätze und Exporte der deutschen Hersteller und Zulieferer getroffen. Die Nachfragewirkung aus dem Ausland wurde anhand von Detailergebnissen der Primärerhebung aus BMU, 2011 modelliert. Die Modellergebnisse werden mit dem Status Quo aus der Primärerhebung verglichen.

Neben der Investitionstätigkeit sind für die Einordnung der volkswirtschaftlichen Bedeutung der Erneuerbaren Energien insbesondere die resultierenden Beschäftigungswirkungen von Interesse. Jedoch ist dabei anzumerken, dass aufgrund der komplexen Einflussfaktoren, die auf einen Arbeitsmarkt wirken, sowie der Interdependenzen zwischen den Branchen (z.B. Substitutions-, Merit-Order- und Budgeteffekte) eine quantitative Abschätzung in der Projektlaufzeit nicht abbildbar ist. Vor diesem Hintergrund bewertet das Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie in Kapitel 4 die Beschäftigungseffekte auf qualitativer Basis unabhängig von den Ergebnissen der vorangehenden Kapitel. In diesem Zusammenhang werden die Forschungsansätze des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung (DIW, 2010a und 2010b) und der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung (GWS, 2010; BMU, 2011) gegenübergestellt.

Im abschließenden Fazit von EuPD Research und dem Deutschen CleanTech Institut wird ein kurzer Vergleich zu anderen Branchen des produzierenden Gewerbes angestrengt.

Im weiteren Verlauf der Studie ist begrifflich zwischen Erneuerbare-Energien-Anlagen und Herstellungskapazitäten/ Fertigungsstätten zu differenzieren. Während Erneuerbare-Energien-Anlagen als die Anlagen zur Energieerzeugung an sich, z.B. komplette Windenergiesysteme inkl. systemrelevanter Komponenten wie Wechselrichter, definiert sind, bezieht sich der Begriff „Herstellungskapazitäten/ Fertigungsstätten“ auf die Maschinen und Fertigungsstätten zur Herstellung der Erneuerbare-Energien-Anlagen und deren Komponenten.

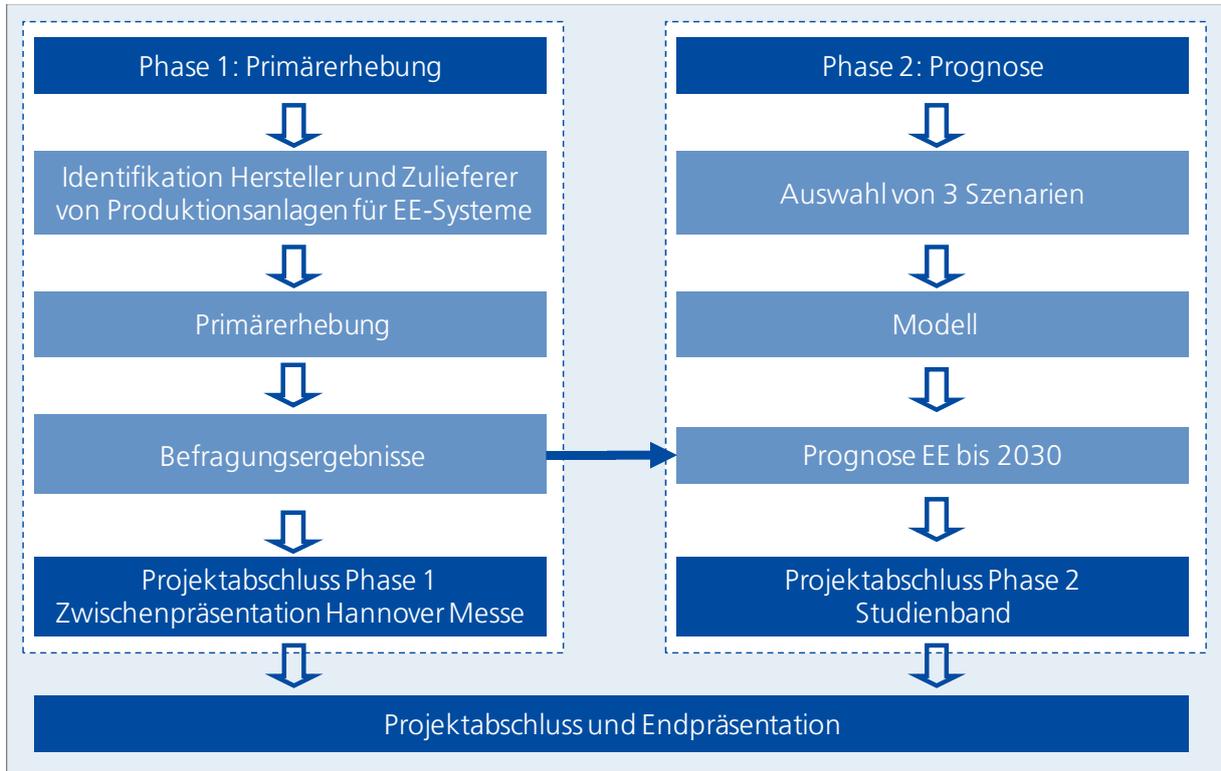
1.3 Studienverlauf

Das Projekt ist hinsichtlich der Vorgehensweise in zwei Phasen unterteilt, wobei sich die gesamte Projektlaufzeit auf acht Monate (Dezember 2010 bis Juli 2011) beläuft. Die erste Projektphase beinhaltet die Primärerhebung sowie deren Auswertung. Dazu wurden zunächst sämtliche Hersteller und Zulieferer von Erneuerbare-Energien-Anlagen identifiziert. Diese wurden anhand einer personalisierten Online-Umfrage mit anschließender Telefonanfrage zu ihrer Einschätzung bzgl. Kennziffern zur allgemeinen Unternehmensentwicklung, Investitionen in Fertigungskapazitäten zur Herstellung von Erneuerbare-Energien-Anlagen und Investitionen in FuE befragt. Auf zeitlicher Ebene erstreckte sich ein Fragenkomplex derart, dass auf den Status Quo im Jahr 2010 eingegangen wurde, ein Fragenteil bezog sich auf die historische Betrachtung seit dem Jahr 2000 und ein Fragenteil auf die zukünftige Entwicklung bis 2014. Die erste Phase wurde mit einer Zwischenpräsentation auf der Hannover Messe abgeschlossen.

Die zweite Phase zielt auf die Prognose der zuvor beschriebenen Untersuchungsgegenstände bis 2030 ab. Dazu wurden drei bestehende Szenarien ausgewählt: das Energiekonzept der Bundesregierung, das BMU Leitszenario und die Branchenprognose von AEE und BEE. Dadurch kann eine umfassende Analyse der zukünftigen Entwicklung erfolgen und ein direkter Vergleich der bestehenden Szenarien der Bundesregierung mit dem Szenario der Erneuerbare-Energien-Branche selbst vorgenommen werden. Es ist jedoch anzumerken, dass die Daten nach Möglichkeit durch zeitnah zur Erstellung der Studie veröffentlichte Daten ergänzt wurden.⁴ Das gesamte Projekt wird mit dem vorliegenden umfassenden Studienband, der auch die Ergebnisse der Primärerhebung beinhaltet, abgeschlossen.

⁴ Die Ergänzungen werden an den entsprechenden Stellen explizit ausgewiesen.

Abbildung 1: Projektstruktur



2 Primärerhebung

Bearbeitet von EuPD Research

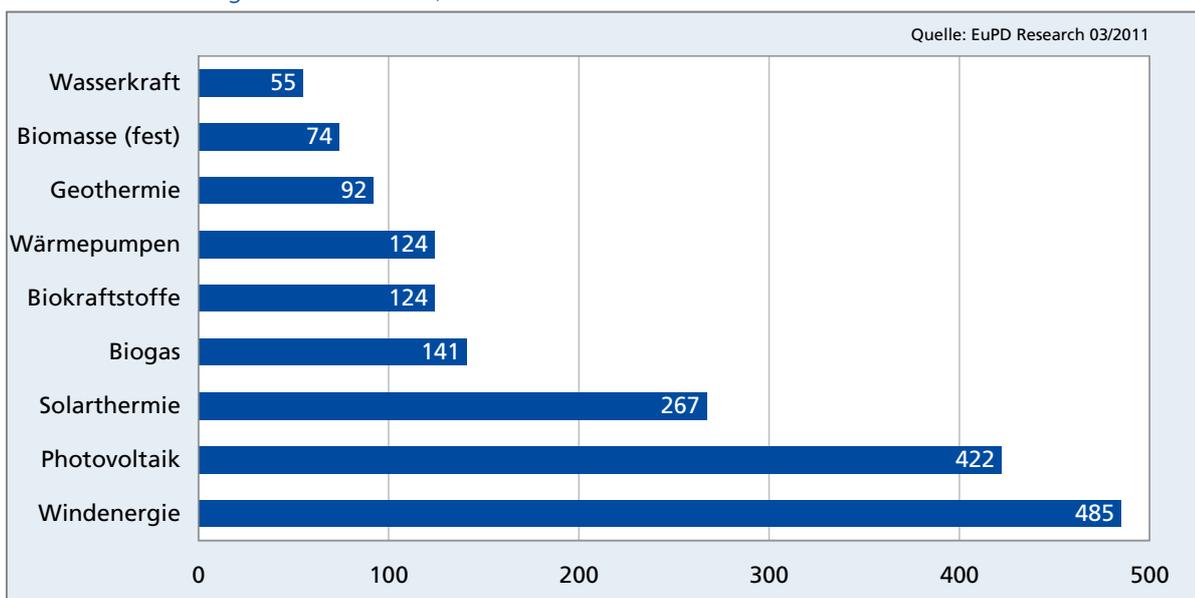
2.1 Methodik und Vorgehensweise

Ein Element der vorliegenden Untersuchung bildet eine Primärerhebung unter den Unternehmen der Erneuerbare-Energien-Branche. Sie liefert in der kurzen und mittleren Frist eine tatsächliche Markteinschätzung der Marktteilnehmer. Die Ergebnisse der Befragung zeigen neben der Einschätzung aus Unternehmenssicht eine Orientierung zur Abschätzung der langfristigen Entwicklung.

Die Befragungsgruppe bildeten hierbei Hersteller- und Zuliefererunternehmen. Die Gruppe der Distributoren stand infolge des Untersuchungsschwerpunktes zu Investitionen in Fertigungskapazitäten nicht im Untersuchungsfokus. Dennoch wurden diese befragt, da einerseits eine klare Abgrenzung oft nicht möglich ist und andererseits gesamte Branchenergebnisse ausgewiesen werden.

Ausgangspunkt der Erhebung bildete die Recherche der Unternehmen der Erneuerbare-Energien-Branche, in deren Kontext 1.784 Unternehmen identifiziert werden konnten, die die Grundgesamtheit dieser Primärerhebung bilden. Entsprechend zur Größe der jeweiligen Sparten bzw. Untergruppen verteilt sich diese Gesamtzahl an Unternehmen auf die einzelnen Branchen. Hierbei zeigt sich, dass innerhalb dieser Befragung die größten Branchen Windenergie (485 Unternehmen) und Photovoltaik (422 Unternehmen) bilden. Für die Solarwärme-Branche konnten 267 Unternehmen als Hersteller und Zulieferer identifiziert werden. Die Branchen Wärmepumpe, Biokraftstoffe und Biogas besitzen der Recherche nach eine nahezu gleich große Anzahl an Hersteller- und Zuliefererunternehmen. Die kleinsten Branchen innerhalb der Erneuerbaren Energien bilden anhand der recherchierten Unternehmensanzahl Geothermie, Biomasse und Wasserkraft.

Abbildung 2: Identifizierte Grundgesamtheit der Erneuerbaren Energien nach Branchen (Anzahl der in Deutschland ansässigen Unternehmen)



Die Unternehmensbefragung fand im Zeitraum vom 4. Februar bis 4. März 2011 statt und wurde in einem zweistufigen Verfahren durchgeführt. Zunächst erfolgte die Ansprache der Unternehmen per E-Mail und durch das Versenden des Online-Fragebogens. Dieser Online-Kontakt wurde in mehreren Wellen durchgeführt, sodass die Unternehmen bis zu drei Mal kontaktiert wurden. Ergänzend zur Online-Befragung wurden CATI-Interviews (Computer Assisted Telephone Interview) mit den identifizierten Ansprechpartnern umgesetzt. Mittels dieser Telefoninterviews konnten z.T. die angestrebten Interviews direkt geführt werden bzw. die Adressdaten zur Online-Befragung angepasst werden.

2.1.1 Fragebogenkonzeption

Mithilfe des Fragebogens sollten im Rahmen dieser Untersuchung Kennziffern zur allgemeinen Unternehmensentwicklung, Investitionen in Fertigungskapazitäten zur Herstellung von Erneuerbare-Energien-Anlagen und Investitionen in Forschung und Entwicklung abgefragt werden. Die erhobenen Kennziffern sind in der nachfolgenden Tabelle abgebildet.

Fragenkomplex	Kennziffer	Zeitliche Dimension			
		historische Betrachtung	Status Quo	kurzfristige Prognose	mittelfristige Prognose
		2000 bis 2009	2010	2010 bis 2011	2011 bis 2014
Allgemeine Unternehmensentwicklung	Umsatz	x	x	x	x
	Auslandsumsatz		x	x	x
	Mitarbeiteranzahl		x	x	x
Investitionen in Produktionskapazitäten	Investitionshöhe	x	x	x	x
	Investitionsregion		x		x
Investitionen in Forschung und Entwicklung	Investitionshöhe		x	x	x
	Forschungsgebiete		x		x

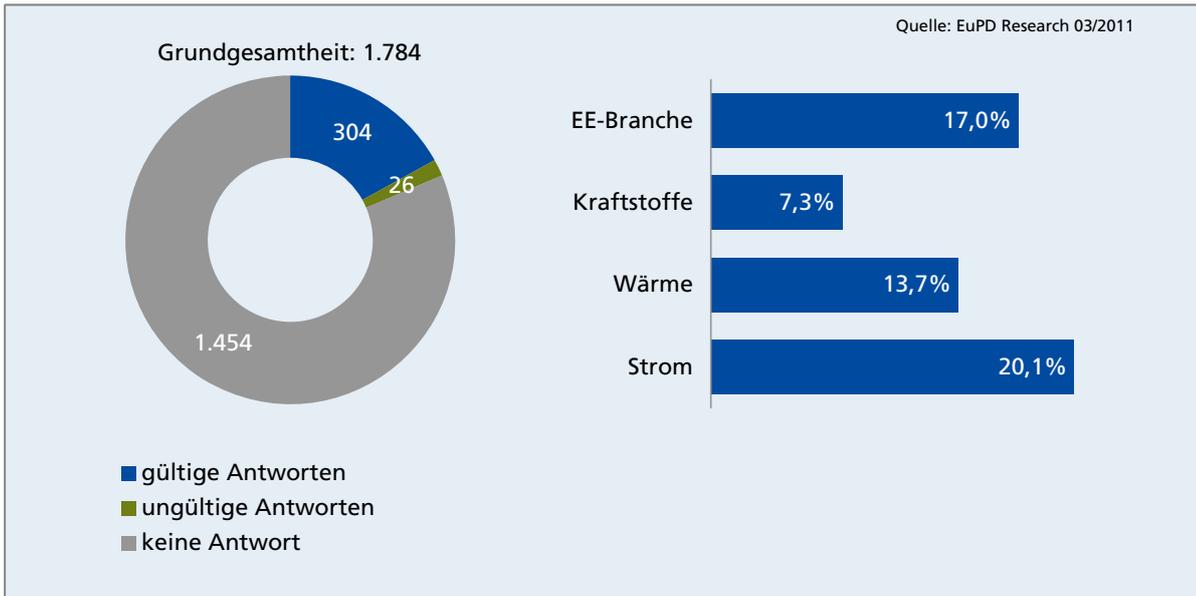
Tabelle 1: Fragenkomplexe und Kennziffern im Fragebogen

Auf zeitlicher Ebene erfolgte eine Dreiteilung des Fragebogens, sodass sich ein Fragenkomplex auf den Status Quo im Jahr 2010, ein Fragenteil auf die historische Betrachtung seit dem Jahr 2000 und ein Fragenteil auf die zukünftige Entwicklung bezog. Für die Prognose der zukünftigen Entwicklung wurde zudem zwischen der kurzfristigen Entwicklung im aktuellen Jahr 2011 und der mittleren Frist unterschieden. Da Angaben zur historischen Entwicklung für die Unternehmen z.T. vor dem Hintergrund einer kurzen Unternehmenshistorie schwierig waren, beschränkte sich dieser Fragenkomplex auf Umsatz und Investitionen in Fertigungskapazitäten. Für den Status Quo und die mittelfristige Prognose wurden alle Kennziffern abgefragt. Einzig für die Angaben zur Investitionsregion und den Forschungsgebieten wurde aufgrund der geringen Variation dieser Variablen auf eine Angabe für die kurze Frist neben dem Status Quo verzichtet. Insgesamt umfasste der Fragebogen 15 Fragen, von denen 13 Fragen geschlossen und zwei offen gestellt werden. Die offenen Fragen bezogen sich hierbei auf die Abfrage der Forschungsgebiete.

2.1.2 Befragungsrücklauf

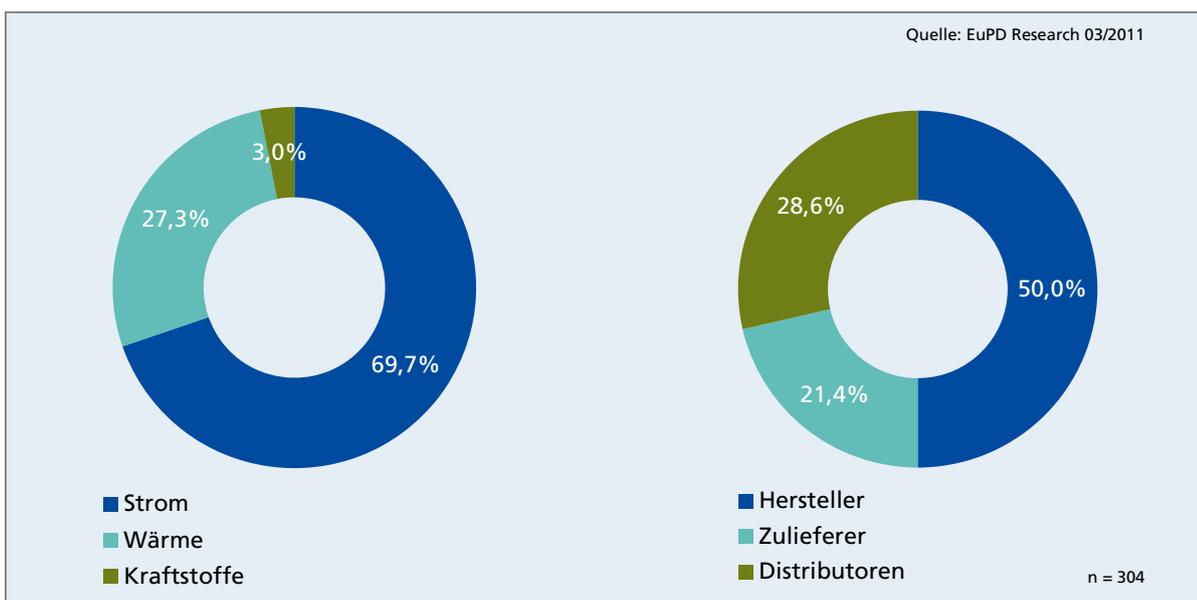
Der gesamte Befragungsrücklauf der durchgeführten Primärerhebung umfasste 330 Antworten, von denen 304 Antworten als gültig gewertet wurden. Dem folgend konnte in dieser Primärerhebung eine Rücklaufquote von 17 Prozent erreicht werden. Hinsichtlich der drei Sparten Strom, Wärme und Kraftstoffe zeigt sich, dass das Antwortverhalten zwischen den verschiedenen Branchen deutliche Unterschiede aufweist. Der mit Abstand stärkste Rücklauf ist für die Stromsparte mit 20 Prozent zu registrieren, sodass hier jedes fünfte angesprochene Unternehmen geantwortet hat. Im Wärmebereich antworteten knapp 14 Prozent der Unternehmen und für die Kraftstoffsparte umfasste der Rücklauf sieben Prozent.

Abbildung 3: Rücklauf der Primärerhebung unter Unternehmen der Erneuerbare-Energien-Branche



Die Rücklaufquoten sind vergleichbar zu ähnlichen Erhebungen. Die Bewertung des Rücklaufs ist insofern entscheidend, dass die folgenden Branchenkennziffern auf Basis des Rücklaufs und der zugrunde gelegten Grundgesamtheiten hochgerechnet werden. In der Zuordnung des Rücklaufes der 304 Antworten zeigt sich, dass über zwei Drittel der Stromsparte entstammen. Der Wärmebereich umfasst 27 Prozent des Befragungsrücklaufes. Aus der Kraftstoffsparte, als kleinste Sparte der Erneuerbaren Energien, entstammen drei Prozent des Rücklaufes. In der Verteilung zwischen Herstellern, Zulieferern und Distributoren wurde genau die Hälfte der Unternehmen als Hersteller, gut ein Fünftel als Zulieferer und 29 Prozent als Distributor eingeordnet. Wengleich der Fokus dieser Primärerhebung auf Herstellern und Zulieferern lag, wurde die Antwortoption als Distributor angegeben. Diese Zuordnung wurde von den Unternehmen vorgenommen, wobei nur eine Antwort möglich war. Entsprechend mussten Unternehmen, die in verschiedenen Bereichen aktiv waren, deren Hauptaktivitätsfeld benennen.

Abbildung 4: Verteilung des Befragungsrücklaufs nach Sparten und Unternehmenssegmenten



2.2 Befragungsergebnisse

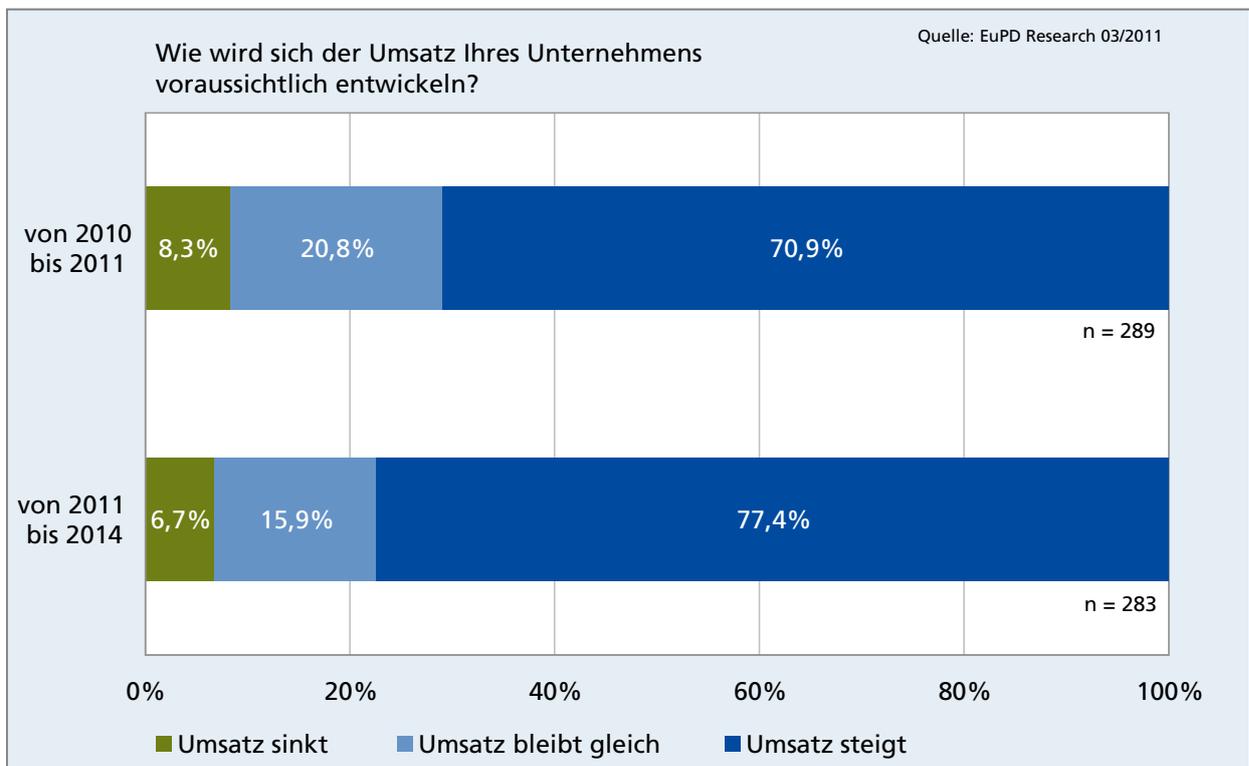
2.2.1 Allgemeine Branchenentwicklung

Die zur allgemeinen Branchenentwicklung erhobenen Kennziffern dienen als Benchmark für die Investitionskennzahlen, um diese über die einzelnen Branchen hinaus vergleichen zu können.

2.2.1.1 Umsatz

Die Angaben der Unternehmen zeigen, dass kurzfristig von 2010 auf 2011 71 Prozent der Unternehmen mit einer Umsatzsteigerung rechnen. Lediglich ein Anteil von acht Prozent sieht eine negative Umsatzentwicklung im aktuellen Jahr. Bezüglich der mittleren Frist ist eine Zunahme der Unternehmen, die ein Umsatzwachstum in diesem Zeitraum antizipieren, um 6,5 Prozentpunkte auf über 77 Prozent festzustellen. Hingegen sinken die Anteile der Unternehmen, die einen konstanten Umsatz oder einen Umsatzrückgang in der mittleren Frist bis 2014 erwarten.

Abbildung 5: Kurz- und mittelfristige Umsatzentwicklung der Erneuerbare-Energien-Branche

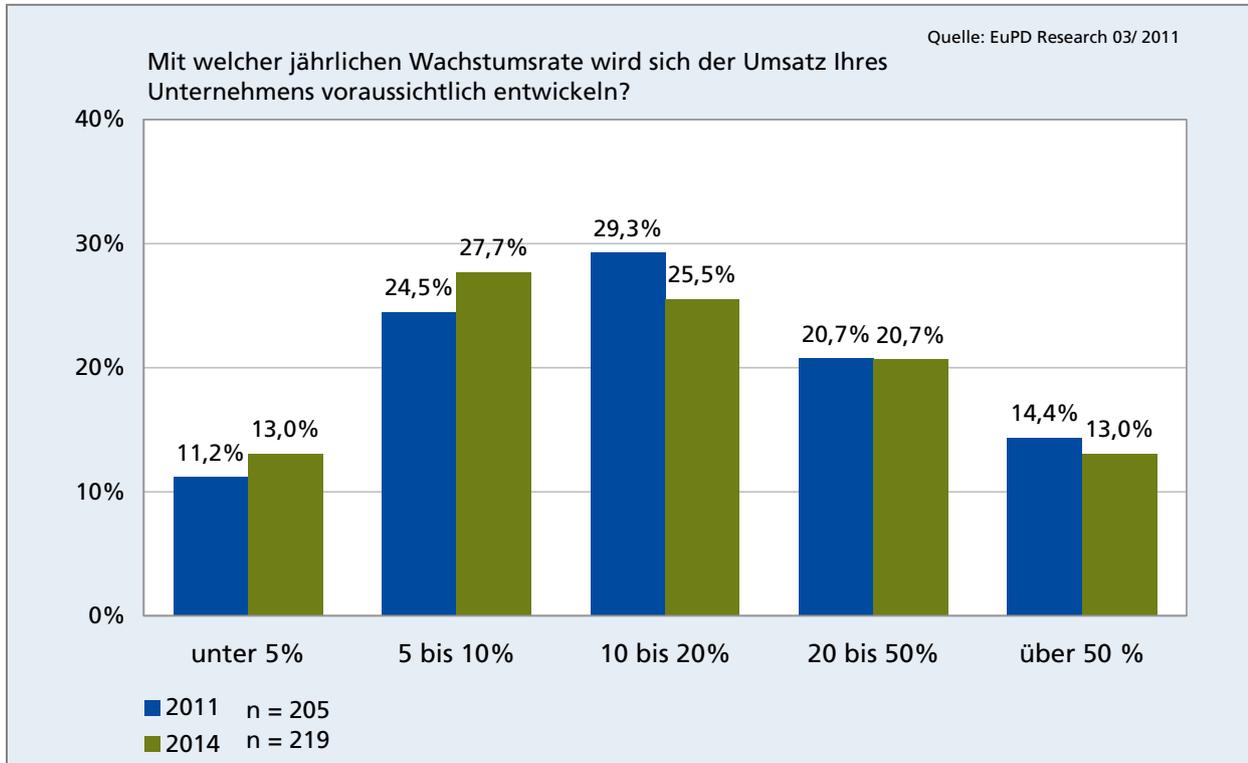


Neben der generellen Aussage zur erwarteten Entwicklung des Umsatzes lassen sich genauere Abschätzungen zur zukünftigen Entwicklung durch die angegebenen jährlichen Wachstumsraten vornehmen. Hier wird ersichtlich, dass mit 29 Prozent die größte Gruppe vom Vorjahr zum aktuellen Jahr 2011 ein Umsatzwachstum von zehn bis 20 Prozent erwartet. Von einem Umsatzwachstum von über 50 Prozent gegenüber dem Vorjahr gehen 14 Prozent der Unternehmen aus, wobei diese hohen Wachstumsraten überwiegend von kleineren Unternehmen angegeben werden.

Die Angaben zum erwarteten Wachstum in der mittleren Frist weisen eine ähnliche Verteilung zur kurzfristigen Betrachtung auf, wengleich hierbei die meisten Unternehmen eine Wachstumsrate zwischen fünf und zehn Prozent antizipieren. Somit zeigt die Gegenüberstellung der Verteilung der Wachstumsraten auf kurze und mittlere Frist eine Verschiebung von höheren zu niedrigeren Wachstumsraten. Dieses Ergebnis spiegelt auch

der Median der Wachstumsraten des Umsatzes wider, welcher kurzfristig bei 20 Prozent und mittelfristig bei 15 Prozent liegt.

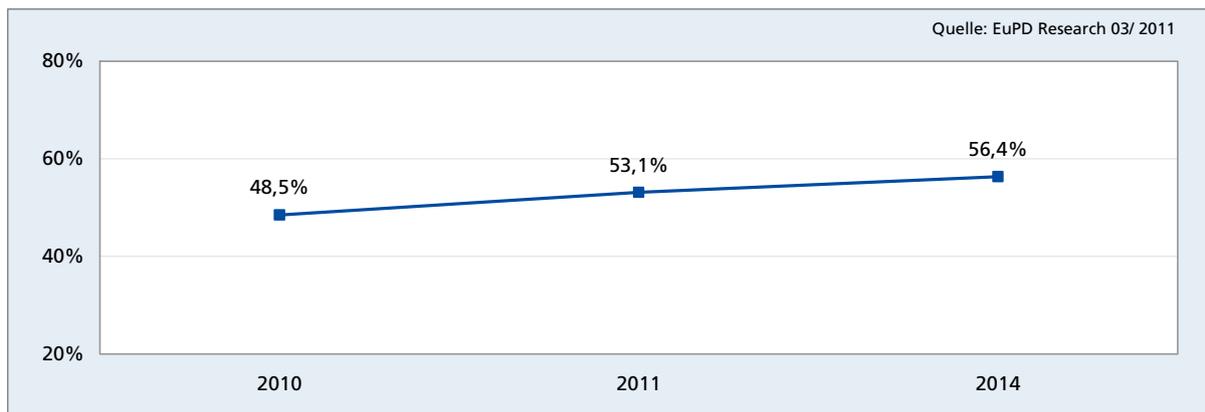
Abbildung 6: Verteilung der jährlichen Wachstumsrate des Umsatzwachstums



2.2.1.2 Auslandsumsatz

Ergänzend zur Umsatzhöhe und -prognose bis 2014 wurde die Verteilung auf inländischen und ausländischen Umsatz in der Primärerhebung erfasst. Die Ergebnisse zeigen hier, dass im vergangenen Jahr mit 48,5 Prozent nahezu jeder zweite Euro an Umsatz der deutschen Erneuerbare-Energien-Branche im Ausland erzielt wurde. Für das aktuelle Jahr 2011 wird ein deutliches Wachstum des Anteils des Auslandsumsatzes auf über 53 Prozent gesehen. Auch mittelfristig wird bis 2014 mit einem schnelleren Absatzwachstum auf den ausländischen Märkten als im Inland gerechnet, sodass sich der Auslandsanteil bis 2014 um weitere drei Prozentpunkte auf 56 Prozent erhöht.

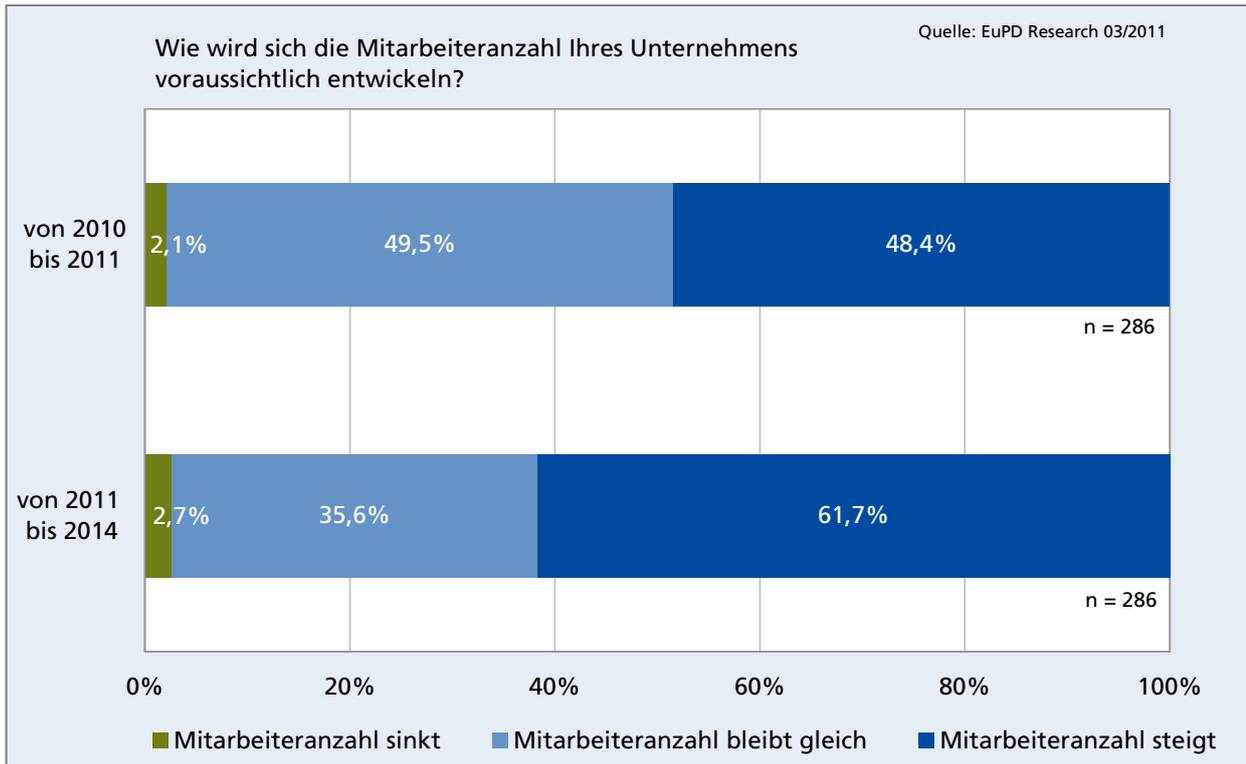
Abbildung 7: Auslandsumsatz der Erneuerbare-Energien-Branche



2.2.1.3 Mitarbeiter

Neben dem Umsatz als Basiskennziffer der Unternehmensentwicklung sind Angaben zur Entwicklung der Mitarbeiteranzahl bedeutende Indikatoren zur Beschreibung der Unternehmenssituation. Die Absicht zur Ausweitung der Mitarbeiteranzahl stellt ein deutliches Indiz für die positive Zukunftssicht der Unternehmen dar. Aus der Ankündigung von Beschäftigungsaufbau kann man schließen, dass die vorhandenen personellen Kapazitäten größtenteils ausgelastet sind und ein weiterer Expansionspfad erwartet wird. Von 2010 zum aktuellen Jahr hin geben mit 48 Prozent nahezu die Hälfte der Unternehmen an, die Mitarbeiteranzahl zu erweitern. Einzig zwei Prozent der befragten Unternehmen sehen sich in 2011 mit einer Situation konfrontiert, die eine Reduktion der Mitarbeiteranzahl bedingt. Auf mittlere Frist bis 2014 steigt der Anteil der Unternehmen, die einen Beschäftigungsausbau planen, auf 62 Prozent. Der Anteil der Unternehmen, die eine Verschlechterung des wirtschaftlichen Umfeldes und damit einhergehend eine sinkende Mitarbeiteranzahl erwarten, liegt nahezu konstant bei unter drei Prozent.

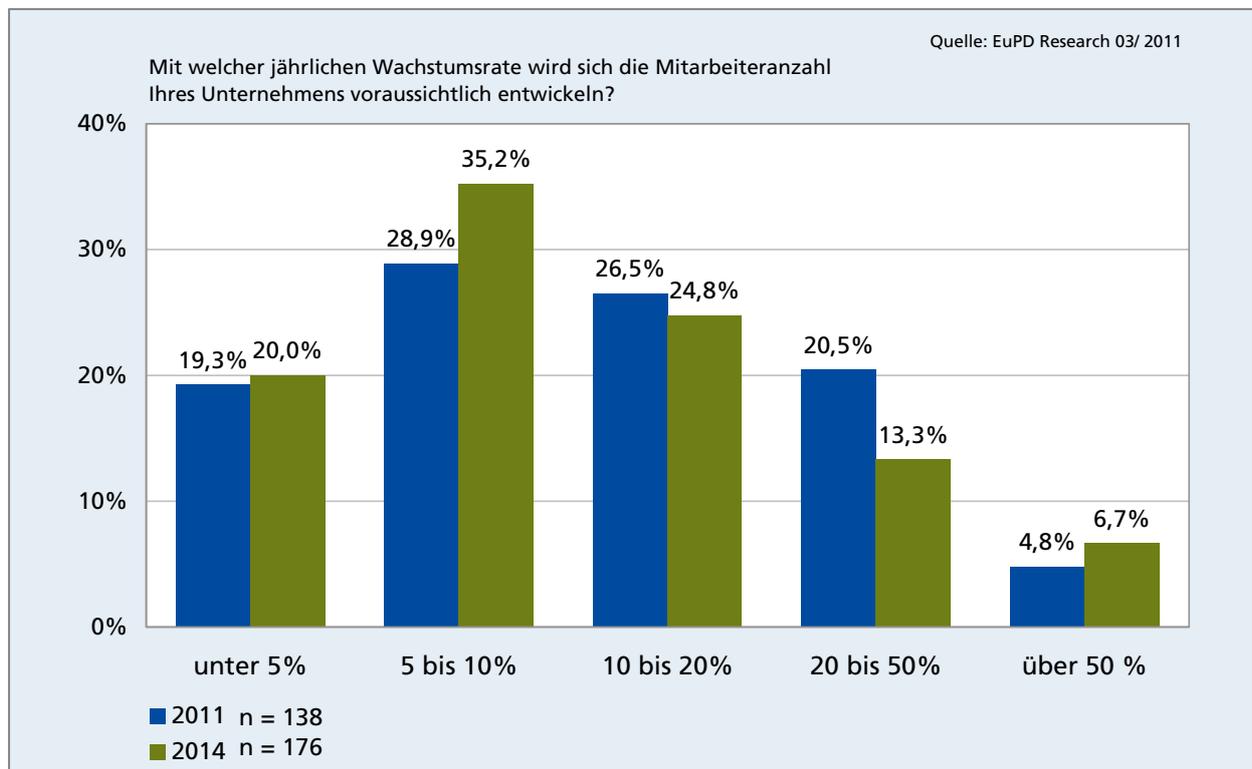
Abbildung 8: Kurz- und mittelfristige Beschäftigungsentwicklung der Erneuerbare-Energien-Branche



Um die Angaben zum Beschäftigungsausbau näher quantifizieren zu können, ist nachfolgend die Verteilung der jährlichen Wachstumsraten zur Beschäftigungsentwicklung abgebildet. Hier wird ersichtlich, dass für 2011 das Gros der Unternehmen, die ein Beschäftigungswachstum erwarten, eine jährliche Wachstumsrate zwischen fünf und 20 Prozent angeben. Gut ein Viertel der Unternehmen erwartet ein deutliches Beschäftigungswachstum im eigenen Unternehmen von über 20 Prozent von 2010 auf 2011.

Die Angaben zum Beschäftigungswachstum in der mittleren Frist bis 2014 unterscheiden sich dahingehend, dass der Anteil der Unternehmen, die einen jährlichen Anstieg der Beschäftigungsanzahl zwischen fünf und zehn Prozent erwarten, deutlich wächst und die größte Gruppe darstellt. Entsprechend ist eine Verschiebung der jährlichen Wachstumsraten hin zu einer geringeren jährlichen Wachstumsrate der Mitarbeiteranzahl in den Unternehmen der Erneuerbare-Energien-Branche festzustellen.

Abbildung 9: Verteilung der jährlichen Wachstumsrate der Beschäftigungsentwicklung



In der Gegenüberstellung des von den Unternehmen angegebenen Umsatzes und Beschäftigungswachstums ist zu erkennen, dass die Unternehmen einerseits für den Umsatz ein deutlich höheres jährliches Wachstum als für die Beschäftigung angeben. Andererseits ist in der zeitlichen Dimension eine Verlagerung zwischen beiden Kennziffern festzustellen. Entsprechend geben kurzfristig 71 Prozent der Unternehmen ein Umsatzwachstum, aber nur 48 Prozent ein Beschäftigungsausbau an. In der mittleren Frist nimmt der Anteil der Unternehmen, die ein Umsatzwachstum erwarten, geringfügig zu. Dem gegenüber beabsichtigen mit 62 Prozent deutlich mehr Unternehmen mittelfristig eine Steigerung der Mitarbeiteranzahl. Dies zeigt, dass die Unternehmen zunächst ein Umsatzwachstum realisieren, auf dem wiederum der zukünftige stabile Beschäftigungsausbau fußt. Darüber hinaus nimmt der Anteil und damit die Bedeutung des Auslandsmarktes zukünftig weiter zu, sodass die Unternehmensentwicklung weniger abhängig von den Entscheidungen bspw. den politischen Rahmenbedingungen in einem einzelnen Ländermarkt wird. Insgesamt lässt sich aus den Angaben zur Unternehmensentwicklung ein stabiles Wachstum der Erneuerbare-Energien-Branche in kurzer und mittlerer Frist ableiten.

2.2.2 Investitionen in Fertigungskapazitäten

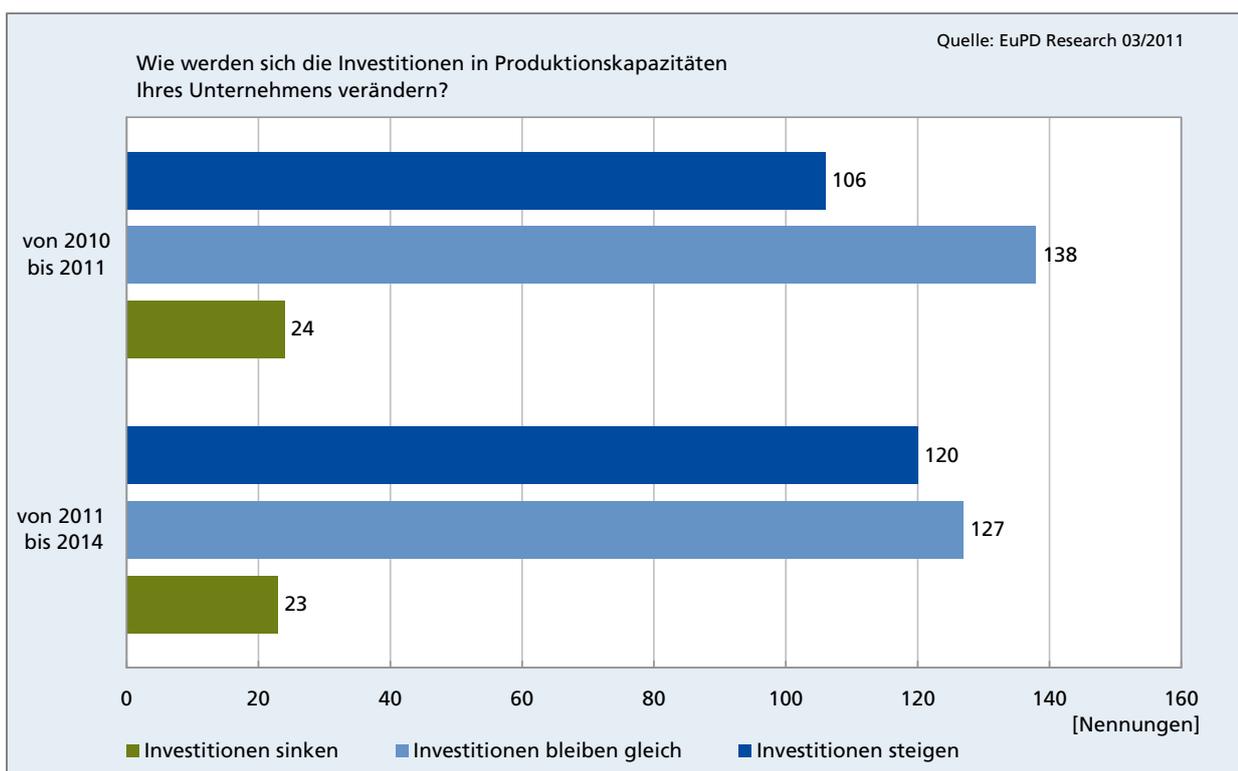
Die Kennziffern, die in Zusammenhang mit den Investitionen in Fertigungskapazitäten erhoben wurden, liefern kurz- und mittelfristige Einschätzungen im Hinblick auf die Investitionstätigkeiten der Unternehmen. Im Rahmen dessen ist zudem von Bedeutung, in welcher Region investiert wird, da dies bspw. einen Einfluss auf die zukünftige Beschäftigung in der Erneuerbare-Energien-Branche in Deutschland ausübt.

2.2.2.1 Investitionen in Fertigungskapazitäten allgemein

Die Unternehmen der Erneuerbare-Energien-Branche gehen kurzfristig von gleichbleibenden bzw. steigenden Investitionen in Fertigungskapazitäten aus. So gaben 40 Prozent von den 268 zu dieser Frage antwortenden Unternehmen an, ihre Investitionen in Fertigungskapazitäten würden kurzfristig steigen, 51 Prozent schätzten die Investitionstätigkeiten gleichbleibend ein und nur 9 Prozent gaben an, die Investitionen würden sinken.⁵

In der mittelfristigen Betrachtung ist die Einschätzung hinsichtlich der Investitionen in Fertigungskapazitäten noch positiver zu bewerten, da von den 270 Unternehmen, die eine Angabe dazu machten, 44 Prozent aussagten, ihre Investitionen würden von 2011 bis 2014 steigen. 47 Prozent gaben an, diese würden konstant bleiben und nur 9 Prozent prognostizieren eine sinkende Investitionstätigkeit in dem Bereich. Damit bleibt diese im Vergleich zur kurzen Frist nahezu unverändert.

Abbildung 10: Kurz- und mittelfristige Investitionsabsichten in Fertigungskapazitäten der Erneuerbare-Energien-Branche



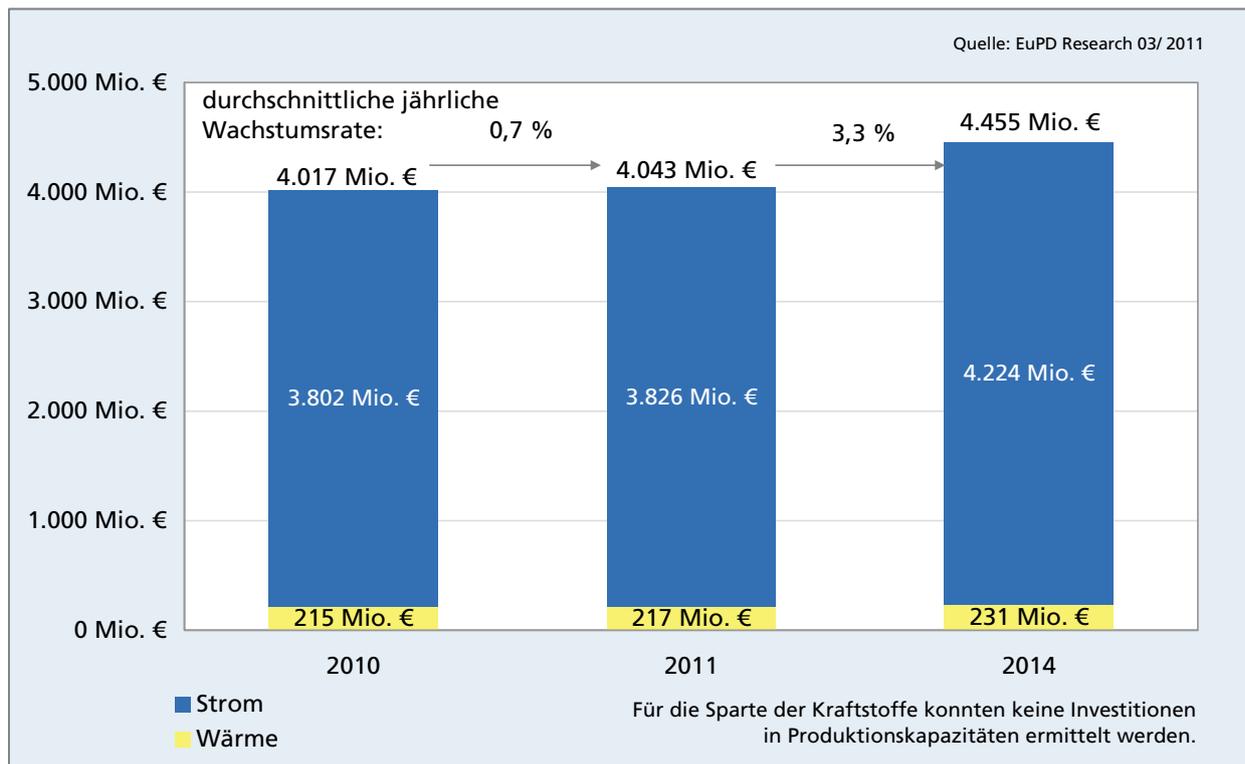
Für das Jahr 2010 konnten auf Basis der Angaben aus der Primärerhebung und der Rücklaufquoten die Investitionen der Branche ermittelt werden. Auf dieser Basis konnten Investitionen in Fertigungskapazitäten in Höhe von 4,0 Mrd. Euro festgestellt werden. Mit 3,8 Mrd. Euro investierten die Unternehmen der Stromsparte den überwiegenden Anteil. Die Unternehmen der Wärmesparte investierten 215 Mio. Euro in

⁵ Anmerkung: Theoretisch sollten Distributoren keine Investitionen in Produktionskapazitäten tätigen. In der Praxis kommt es hier zu Abweichungen, da sich die Unternehmen selbst entsprechend ihrer Haupttätigkeit in die Kategorie Hersteller, Zulieferer oder Distributor eingeordnet haben (s. 2.1.2).

Fertigungskapazitäten. Für den Kraftstoffbereich konnten aufgrund der bestehenden Überkapazitäten keine Investitionen registriert werden.

Bis 2014 wird ein Anstieg der Investitionssumme auf knapp 4,5 Mrd. Euro erwartet, wobei die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate ausgehend von 2011 bis 2014 3,3 Prozent beträgt. Damit steigt sie im Vergleich zu dem Zeitraum 2010 bis 2011 um 2,6 Prozentpunkte.

Abbildung 11: Investitionen in Fertigungskapazitäten der Erneuerbare-Energien-Branche



2.2.2.2 Spartenspezifische Betrachtung der Investitionen in Fertigungskapazitäten

Die Investitionen in der Stromsparte beliefen sich gemäß den Ergebnissen der Primärerhebung 2010 auf 3,8 Mrd. Euro. Davon deckten den Großteil die Windenergie mit 1,8 Mrd. Euro und die Photovoltaik mit knapp 1,8 Mrd. Euro ab. In den Segmenten Biogas⁶ und Geothermie ist in der kurzfristigen Sicht der Investitionsumfang nahezu gleich mit einem jeweiligen Anteil von ca. 2,5 Prozent. Deutlich geringer fallen noch die Investitionen im Bereich der Wasserkraft aus. 2010 wurden demnach in diesem Segment 17 Mio. Euro, was einem Anteil von 0,4 Prozent entspricht, an Investitionen getätigt.

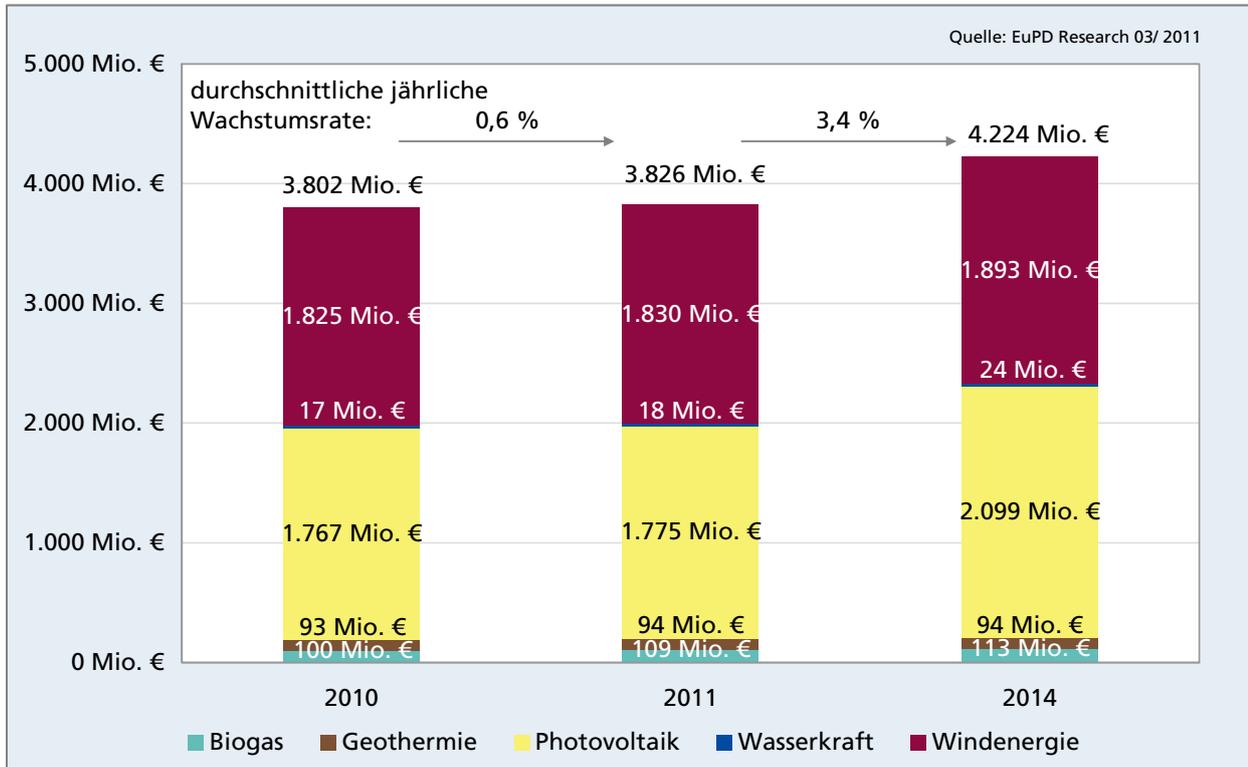
Bis 2011 steigert sich das Investitionsvolumen in der Stromsparte gemäß den Aussagen der Unternehmen mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 0,6 Prozent auf 3,8 Mrd. Euro. Dabei ändern sich die Anteile der einzelnen Segmente nur in geringem Maße.

Mit einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 3,4 Prozent geben die Unternehmen an, bis 2014 eine Investitionssumme von 4,2 Mrd. Euro zu erreichen. Im Rahmen dessen verschieben sich die prozentualen Anteile der einzelnen Segmente geringfügig. In der Photovoltaik werden mittelfristig 2,1 Mrd. Euro investiert, was etwa 50 Prozent der gesamten Investitionssumme entspricht. Die Investitionen in der Windenergie

⁶ Es ist zu beachten, dass in der Stromsparte lediglich Biogas als eine Technologie der Bioenergie betrachtet wird. In die Wärmesparte hingegen fällt Biomasse. Darunter werden sämtliche Technologien der Bioenergie subsumiert, Biogas ausgeschlossen.

hingegen wachsen weniger stark und betragen gemäß den Erwartungen der Unternehmen 2014 1,9 Mrd. Euro (45 Prozent). Während auch in den Bereichen Wasserkraft und Biogas ein Anstieg der Investitionen bis 2014 zu verzeichnen ist, stagnieren diese in der Geothermie laut den Umfrageergebnissen bei 94 Mio. Euro.

Abbildung 12: Investitionen in Fertigungskapazitäten der Stromsparte der Erneuerbaren Energien

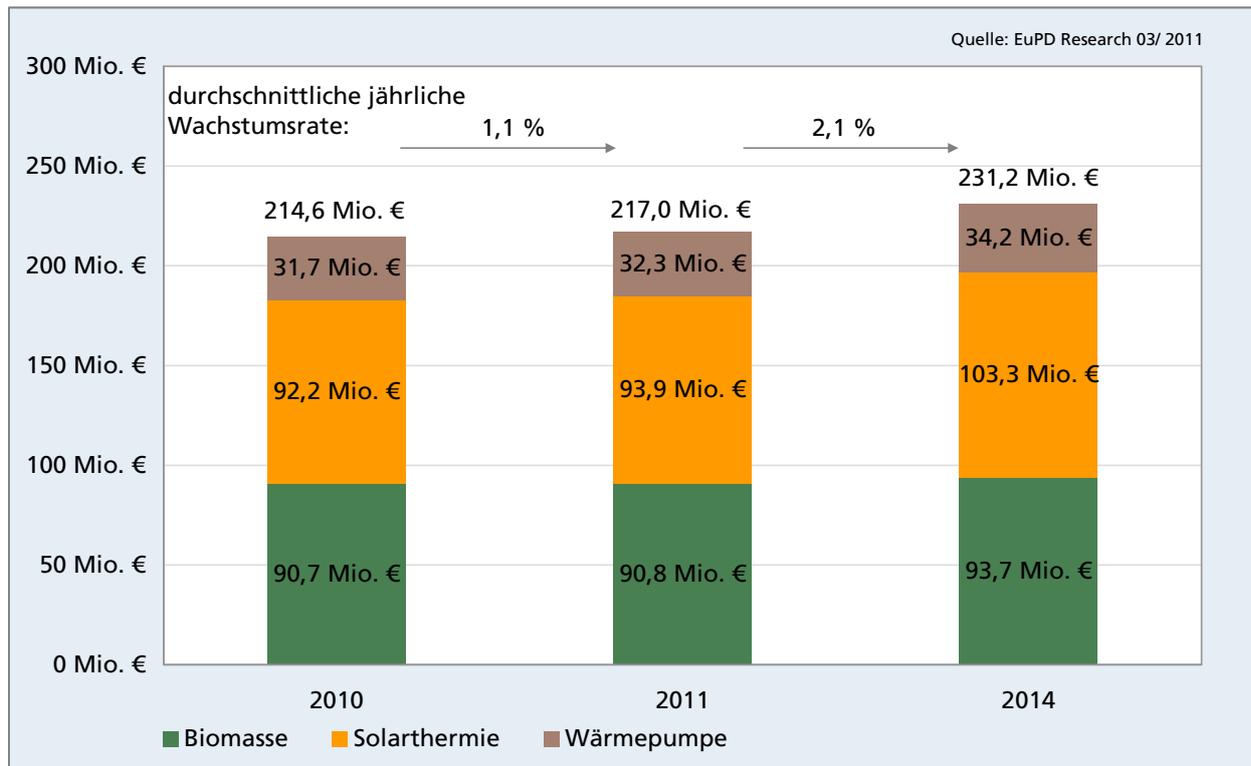


Die Investitionen in der Wärmesparte lagen gemäß den Ergebnissen der Primärerhebung 2010 insgesamt bei 215 Mio. Euro. Davon deckten den Großteil mit nahezu gleichen Anteilen die Solarwärme mit 43 Prozent (92 Mio. Euro) und die Biomasse mit 42 Prozent (91 Mio. Euro) ab. Bei Wärmepumpen wurden lediglich 32 Mio. Euro investiert, was 15 Prozent entspricht.

Bis 2011 erfährt das Investitionsvolumen in der Wärmesparte erwartungsgemäß ein Wachstum von 1,1 Prozent und beträgt 217 Mio. Euro. Die prozentualen Anteile der einzelnen Segmente bleiben im Rahmen der Steigerung konstant.

Bis zum Jahr 2014 wächst die Investitionssumme auf erwartete 231 Mio. Euro, was einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 2,1 Prozent entspricht. In dieser Zeitspanne verschieben sich die Anteile der Segmente jedoch. So steigert sich der Anteil der Solarwärme auf etwa 45 Prozent, d.h. 103 Mio. Euro. Die Investitionen im Bereich der Wärmepumpen steigen auf 34 Mio. Euro, was einem prozentualen Anteil von ca. 15 Prozent gleichkommt. Dementsprechend sinkt der relative Anteil der Biomasse auf etwa 40 Prozent, auch wenn die Investitionen im Vergleich zu 2011 um 2,9 Mio. Euro steigen.

Abbildung 13: Investitionen in Fertigungskapazitäten der Wärmesparte der Erneuerbaren Energien



An dieser Stelle sei nochmal darauf verwiesen, dass aufgrund der schwierigen Marktsituation für Biokraftstoffe in 2010 und der Prognose bis 2014 keine Investitionen ermittelt werden konnten.

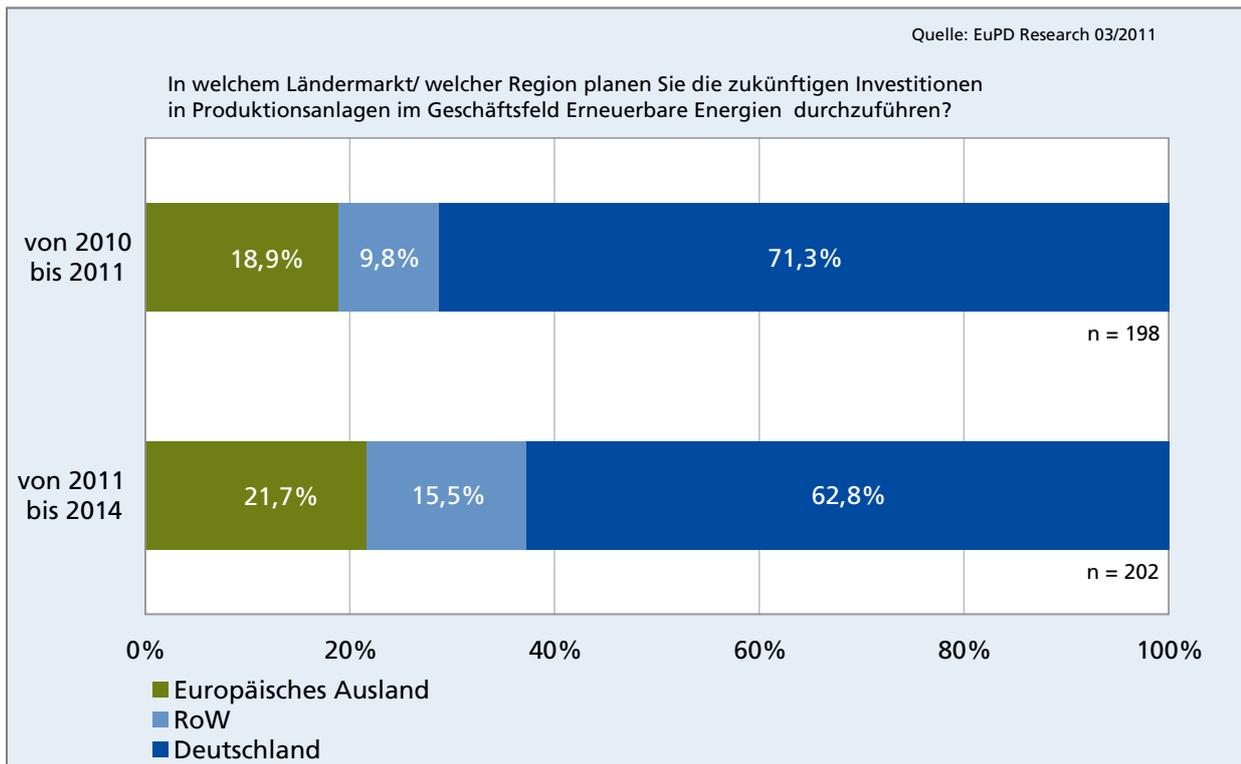
2.2.2.3 Investitionsregion

In Bezug auf die Investitionsregion, in der die ausstehenden Investitionen getätigt werden sollen, spielt Deutschland aktuell und auch noch in der mittelfristigen Sicht eine bedeutende Rolle. Bis 2011 sind gemäß den Unternehmensangaben 71 Prozent der Investitionen in Deutschland geplant. 19 Prozent der Investitionen sind hingegen im europäischen Ausland und 10 Prozent im Rest der Welt beabsichtigt.

Für Investitionen zwischen 2011 und 2014 zeigt sich die Situation jedoch verändert. Lediglich noch knapp 63 Prozent der Unternehmen gaben an, die geplanten Investitionen in Deutschland durchführen zu wollen – der Anteil der beabsichtigten Investitionen im europäischen Ausland erhöht sich damit auf 22 Prozent. Noch ausgeprägter zeigt sich die Verschiebung im Hinblick auf die Unternehmen, die Investitionen im Rest der Welt planen. Dieser Anteil steigt in der mittleren Frist auf 15,5 Prozent.

Damit sinkt die Bedeutung Deutschlands als Investitionsstandort für Fertigungsstätten zunehmend. Dennoch ist zu beachten, dass diese knapp 63 Prozent der geplanten Investitionssumme (4,5 Mrd. Euro) fast 3 Mrd. Euro entsprechen und somit weiterhin auch in der mittleren Frist eine bedeutende Rolle für die deutsche Wirtschaft spielt.

Abbildung 14: Investitionsregion für Fertigungsstätten der Erneuerbare-Energien-Branche



2.2.3 Investitionen in Forschung und Entwicklung

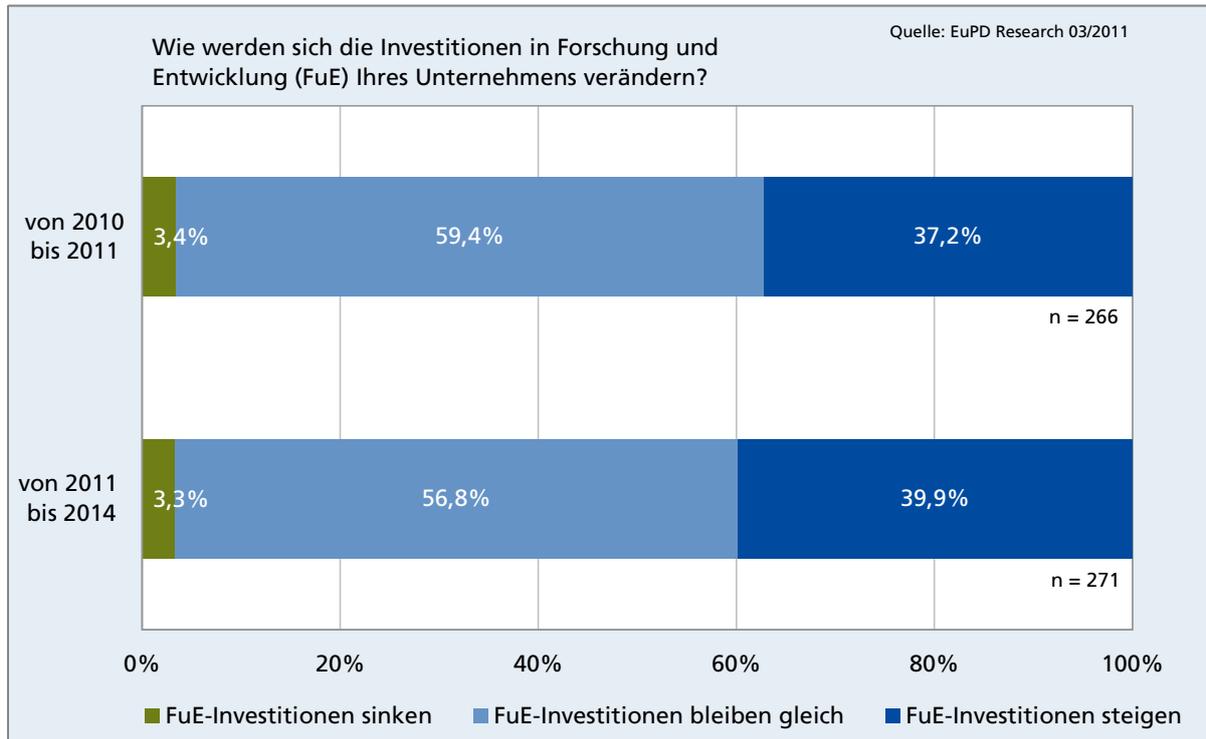
Die Kennziffern, die bzgl. der Investitionen in Forschung und Entwicklung (FuE) abgefragt wurden, liefern kurz- und mittelfristige Einschätzungen im Hinblick auf die Entwicklung von FuE in der Erneuerbare-Energien-Branche. Dabei spielt nicht nur die Höhe der Investition eine bedeutende Rolle, sondern zudem welche Forschungsschwerpunkte gelegt werden.

2.2.3.1 Investitionen in Forschung und Entwicklung allgemein

Für das Jahr 2011 erwartet der überwiegende Anteil der Unternehmen (59 Prozent der Befragten) weiterhin FuE-Investitionen auf dem Niveau von 2010. Mit 37 Prozent geht ein gutes Drittel der befragten Unternehmen sogar von einer Steigerung der FuE-Investitionen aus. Lediglich drei Prozent der Unternehmen erwarten kurzfristig sinkende FuE-Investitionen.

Für die mittlere Frist bis 2014 sind kaum Änderungen in den Angaben der Unternehmen festzustellen. Entsprechend nimmt der Anteil der Unternehmen, die steigende FuE-Investitionen erwarten, geringfügig auf 40 Prozent zu, während die Unternehmen, die keine Änderung erwarten, auf 57 Prozent sinken.

Abbildung 15: Kurz- und mittelfristige Investitionsabsichten der Erneuerbare-Energien-Branche in Forschung und Entwicklung

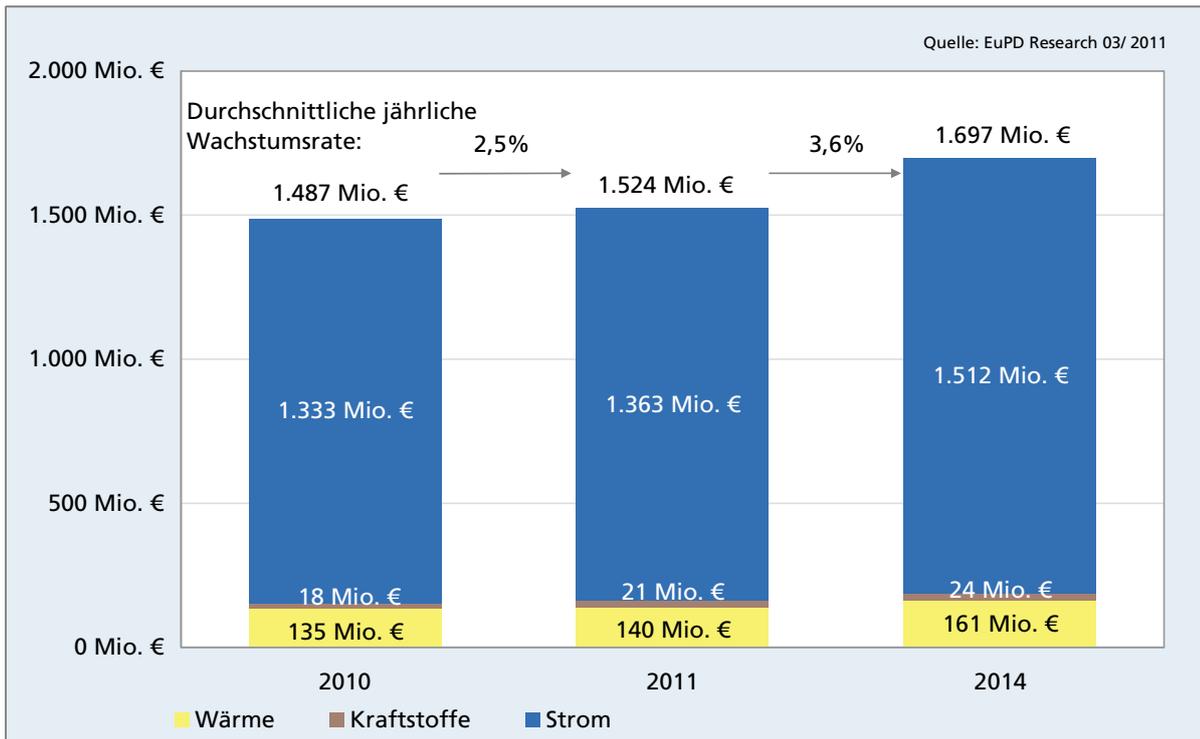


Aus der Befragung konnte für das Jahr 2010 eine Investitionssumme für FuE von rund 1,5 Mrd. Euro für die Unternehmen der Erneuerbare-Energien-Branche abgeleitet werden. Im Rahmen dessen entfällt der Großteil auf die Unternehmen der Stromsparte mit 1,3 Mrd. Euro, was 90 Prozent entspricht. Die Unternehmen der Wärmesparte investieren gemäß den Unternehmensangaben 2010 rund 135 Mio. Euro (9 Prozent), im Bereich der Kraftstoffe hingegen sind es lediglich 18 Mio. Euro. Damit sind auch in FuE die Unternehmen der Stromsparte am investitionsstärksten – dies ist analog zu den Ergebnissen hinsichtlich der Investitionen in Fertigungskapazitäten.

Von 2010 auf 2011 wird ein Wachstum der FuE-Investitionen von 2,5 Prozent erwartet, sodass das gesamte Investitionsvolumen um 37 Mio. Euro ansteigt. Im Rahmen dessen verändern sich die Anteile der einzelnen Sparten nicht. Demnach werden in der Stromsparte 2011 voraussichtlich 1,4 Mrd. Euro, in der Wärmesparte 140 Mio. Euro und in der Kraftstoffsparte 21 Mio. Euro in FuE investiert.

Von 2011 bis 2014 beträgt die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate 3,6 Prozent. Damit steigt das Investitionsvolumen in der mittleren Frist auf 1,7 Mrd. Euro an. Auch dabei sind die Anteile der einzelnen Sparten konstant, sodass von einem gleichmäßig verteilten Wachstum ausgegangen werden kann.

Abbildung 16: Investitionen der Erneuerbare-Energien-Branche in Forschung und Entwicklung



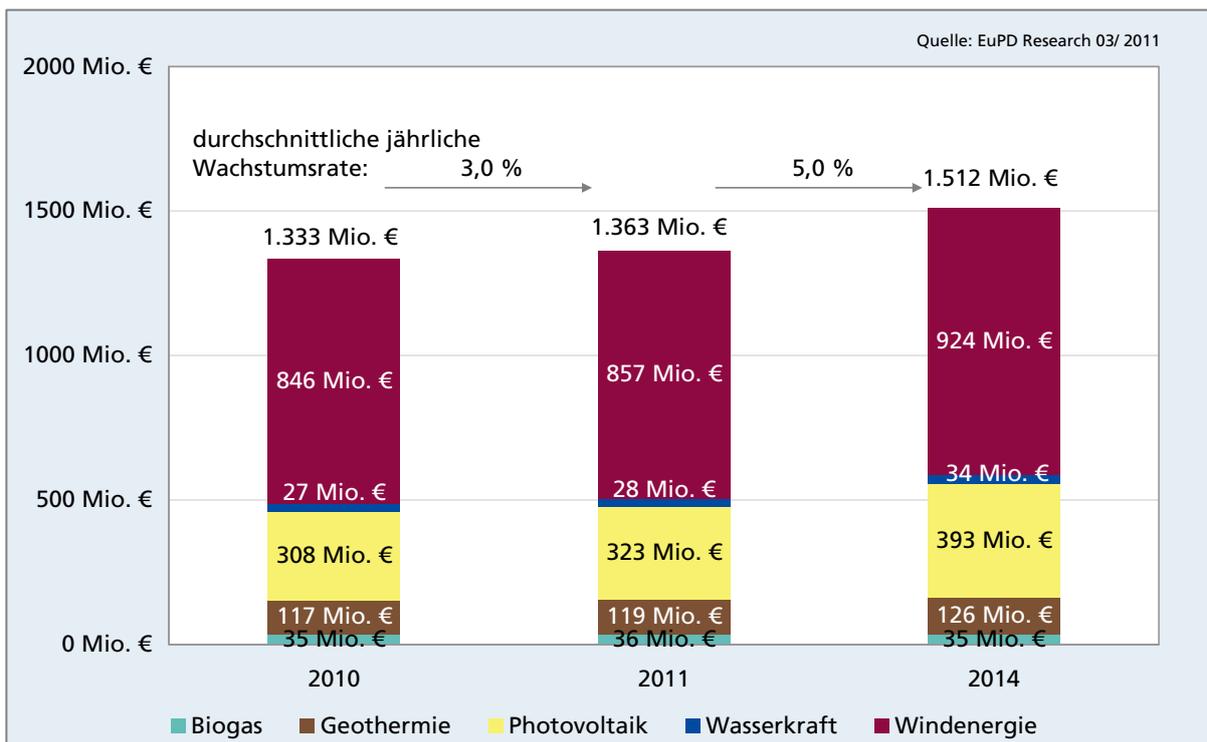
2.2.3.2 Spartenspezifische Betrachtung der Investitionen in Forschung und Entwicklung

Das Volumen der FuE-Investitionen in der Stromsparte betrug 2010 gemäß der Aussagen der Unternehmen 1,33 Mrd. Euro. Im Rahmen dessen entfiel ein Gros auf die Windenergie mit 846 Mio. Euro. Dies entspricht einem Anteil von ca. 63 Prozent. Die Investitionen in FuE im Bereich Photovoltaik machten den zweitgrößten Anteil mit 23 Prozent (308 Mio. Euro) aus. Die übrigen Segmente Wasserkraft (27 Mio. Euro), Geothermie (117 Mio. Euro) und Biogas (35 Mio. Euro) sind im Vergleich dazu relativ gering. Damit stellt sich das Bild ähnlich zu dem der Investitionen in Fertigungskapazitäten dar, wobei die Photovoltaik bei den FuE-Investitionen anteilig deutlich geringer ausfiel.

Mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von drei Prozent steigt das Investitionsvolumen in der Stromsparte erwartungsgemäß bis 2011 auf etwa 1,4 Mrd. Euro an. Das Wachstum wird sich entsprechend der Erwartungen gleichmäßig zwischen den einzelnen Segmenten verteilen, d.h. die Anteile bleiben konstant.

Bis 2014 steigt die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate in der Stromsparte auf fünf Prozent an, sodass in der mittleren Frist Investitionen in FuE in Höhe von 1,5 Mrd. Euro getätigt werden. Dabei sinkt der Anteil der Windenergie geringfügig auf 61 Prozent (924 Mio. Euro), wohingegen der Anteil der Photovoltaik um zwei Prozentpunkte steigt (393 Mio. Euro). Die prozentualen Anteile der übrigen Segmente hingegen bleiben unverändert.

Abbildung 17: Investitionen der Stromsparte der Erneuerbaren Energien in Forschung und Entwicklung

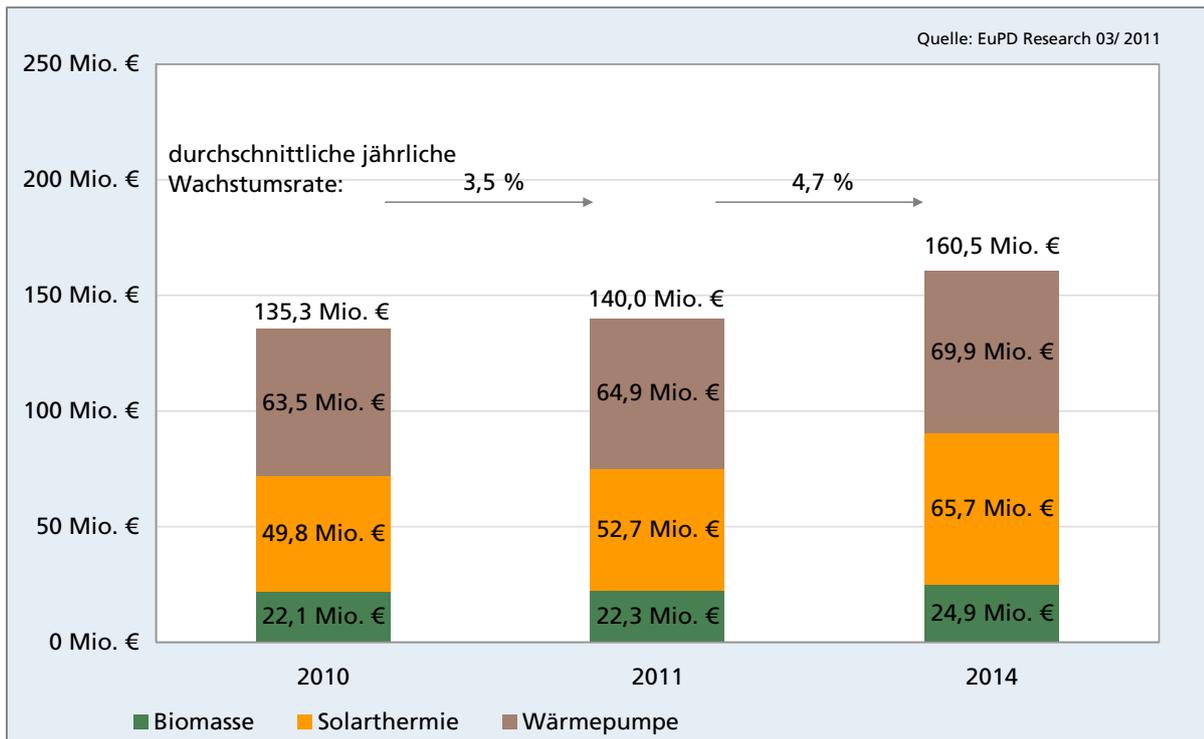


In der Wärmesparte wurden laut Angaben der Unternehmen im Jahr 2010 rund 135 Mio. Euro für FuE investiert. Davon entfielen ca. 64 Mio. Euro (47 Prozent) auf Wärmepumpen, etwa 50 Mio. Euro (37 Prozent) auf Solarwärme und ca. 22 Mio. Euro (16 Prozent) auf Biomasse.

Bis 2011 steigen die FuE-Investitionen in der Wärmesparte auf 140 Mio. Euro an, was einer Wachstumsrate von 3,5 Prozent entspricht. Damit ist das Wachstum – wenn auch nur geringfügig – stärker als in der Stromsparte. Im Rahmen dessen verliert das Segment Wärmepumpen in Relation geringfügig an Bedeutung (46 Prozent), wohingegen die Solarwärme ihren Anteil auf 38 Prozent steigert.

Bis 2014 allerdings fällt die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate in der Wärmesparte geringer als in der Stromsparte aus (4,7 Prozent). Damit liegen die FuE-Investitionen 2014 bei ca. 161 Mio. Euro. Dabei wächst die Solarwärme weiterhin anteilig stärker als die übrigen Segmente: bis 2014 kann sie ihren Anteil auf 41 Prozent steigern, was ca. 66 Mio. Euro entspricht. Im Bereich der Wärmepumpen werden 2014 laut Unternehmensangaben etwa 70 Mio. Euro in FuE investiert, was am Gesamtvolumen 44 Prozent ausmacht. Der Anteil der Biomasse bleibt mit 16 Prozent (2014: ca. 25 Mio. Euro) über den gesamten Betrachtungszeitraum hinweg konstant.

Abbildung 18: Investitionen der Wärmesparte der Erneuerbaren Energien in Forschung und Entwicklung



2.2.3.3 Forschungsschwerpunkte

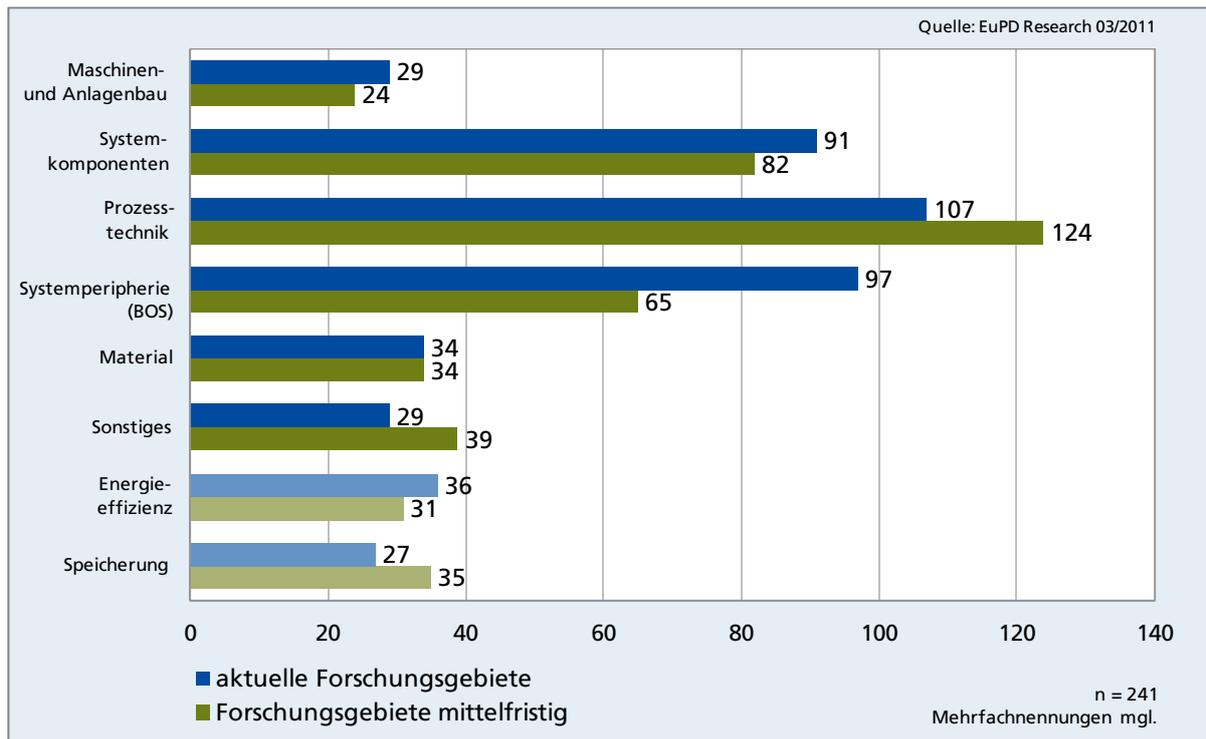
Die Forschungsthemen wurden mittels einer offenen Fragestellung abgefragt, wobei Mehrfachnennungen möglich waren. Zur Auswertung dieser Angaben wurden die Antworten in die in der Abbildung aufgeführten Kategorien zusammengefasst.

Dabei zeigt sich, dass aktuell die wichtigsten Forschungsschwerpunkte Prozesstechnik mit 107 Nennungen, Systemperipherie (Balance-of-System-(BOS-)Komponenten) mit 97 Nennungen und Systemkomponenten mit 91 Nennungen bilden. Auf die Forschungsgebiete Material (34 Nennungen) sowie Maschinen- und Anlagenbau (29 Nennungen) entfiel die geringste Anzahl an Nennungen.

Mittelfristig verschieben sich die Forschungsschwerpunkte dahingehend, dass Prozesstechnik noch weiter an Bedeutung zunimmt (124 Nennungen), Systemperipherie (BOS-Komponenten) und Systemkomponenten jedoch werden als weniger wichtig eingestuft (65 bzw. 82 Nennungen). Auch Maschinen- und Anlagenbau verliert weiter an Bedeutung. Dabei ist zu beachten, dass diese Erkenntnis auf lediglich 24 Nennungen basiert.

Die Themen Energieeffizienz und Speicherung stellen Querschnittsthemen dar, die unter den sechs Hauptkategorien genannt wurden. Im Rahmen derer zeigt sich, dass Energieeffizienz aktuell von großer Bedeutung ist. In der mittleren Frist jedoch wird die Speicherung als wichtigeres Forschungsthema erachtet: die Nennungen erhöhen sich von 27 auf 35 und übertreffen damit in Zukunft Energieeffizienz als Forschungsschwerpunkt (31 Nennungen).

Abbildung 19: Aktuelle und mittelfristige FuE-Themen der Erneuerbare-Energien-Branche



2.3 Zwischenfazit

Die Befragung der Hersteller- und Zuliefererunternehmen der Erneuerbare-Energien-Branche in Deutschland liefert einerseits Einschätzungen des Status Quo sowie kurz- und mittelfristige Prognosen aus Sicht der Unternehmen. Dazu wurden Kennziffern bzgl. der allgemeinen Unternehmensentwicklung, Investitionen in Fertigungskapazitäten zur Herstellung von Erneuerbare-Energien-Anlagen und Investitionen in FuE abgefragt.

Die Analyse der erhobenen Daten zeigt, dass generell in der kurzen sowie mittelfristigen Sicht eine positive Entwicklung der Erneuerbare-Energien-Branche von den Unternehmen erwartet wird. Dabei fällt auf, dass insbesondere für die Kennziffern Umsatz und Investitionen in FuE eine Steigerung antizipiert wird. Zwar wird auch prognostiziert, dass der Auslandsumsatz steigt, jedoch in weniger starkem Ausmaß. Im Hinblick auf die Beschäftigung wird deutlich, dass diese sich zwar auch positiv entwickelt, jedoch zeitversetzt zum Umsatz. Daraus kann geschlossen werden, dass der Beschäftigungsausbau auf einer vorherigen Umsatzsteigerung basiert.

Kennziffer	Kurzfristige Prognose	Mittelfristige Prognose
Umsatz	++	+++
Auslandsumsatz	+	++
Beschäftigung	+	++
Investitionen in Produktionskapazitäten	+	++
Deutschland als Investitionsstandort für Produktionsanlagen	++	+
Investitionen in FuE	++	+++

Tabelle 2: Zusammenfassende Darstellung der Kennziffern der Primärerhebung

Resümierend lässt sich festhalten, dass die Hersteller- und Zuliefererunternehmen der Erneuerbare-Energien-Branche in Deutschland die zukünftige Entwicklung positiv einschätzen. Das Ausland gewinnt für die deutschen Unternehmen zudem an Bedeutung – nicht nur im Hinblick auf die dort generierbaren Umsätze, sondern auch aufgrund der Attraktivität als Investitionsstandort.

3 Modell und Szenarien

Bearbeitet von EuPD Research und dem Deutschen CleanTech Institut

Die vorstehende Primärerhebung in Kapitel 2 lässt kurz- und mittelfristige Prognosen im Hinblick auf branchenspezifische Kennziffern zu. Die in Kapitel 1.2 beschriebenen Untersuchungsschwerpunkte beinhalten jedoch zudem teilweise langfristige Schätzungen bis 2030. Daher erfolgt im nächsten Teil der Studie eine Modellrechnung, anhand derer die Gesamtinvestitionen in Erneuerbare-Energien-Anlagen (EE-Anlagen) und deren Herstellungsstätten sowie Gesamtumsätze und Exporte der deutschen Hersteller und Zulieferer errechnet werden. Die Modellrechnung basiert auf einer Vielzahl von Annahmen und bietet einen theoretischen Gesamtausblick bis 2030. In der Realität kommt es zu Abweichungen von den Modellergebnissen aufgrund von aktuellen Marktereignissen, politischen sowie wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und der wirtschaftlichen Gesamtlage einzelner Länder und Unternehmen. Ausdrücklich sei hier erwähnt, dass es sich bei dem zugrundeliegenden Simulationsmodell um eine Input-Output-Rechnung handelt, die die erwarteten Entscheidungen der Hersteller und Zulieferer in den jeweiligen Zeitpunkten berücksichtigt, d.h. in jedem einzelnen Jahr stehen die Hersteller und Zulieferer vor der Entscheidung, wie sie auf die prognostizierte Marktnachfrage der Folgejahre reagieren. Das Vorgehen unterscheidet sich insofern grundsätzlich von einfachen Wachstumsmodellen. Das Ziel ist ein Szenariovergleich. Daher wird zwischen den Szenarien nur der Zubau an neuen Erneuerbare-Energien-Anlagen variiert (Ceteris-Paribus-Methode). Zusammenfassend lässt sich das Vorgehen nach der Ceteris-Paribus-Methode wie folgt beschreiben:

1. Zielkennziffern:

Die Investitions- und Umsatzentwicklung soll anhand von drei Szenarien berechnet werden.

Die monetären Zielkennziffern werden in Euro₂₀₀₅ angegeben.

Die Szenarien werden in Kapitel 3.2 ausführlich beschrieben.

2. Annahmen/zeitabhängige Konstanten:

Es werden Annahmen zu verschiedenen Kennziffern getroffen. Diese Kennziffern können im Zeitverlauf variieren. Die Variation ist jedoch für alle Szenarien identisch.

Die allgemeinen Annahmen werden in 3.1 beschrieben. Wesentliche technologiespezifische Annahmen werden im jeweiligen Technologiekapitel beschrieben.

3. Variable:

Zwischen den drei Szenarien wird nur die Zubauentwicklung variiert.

4. Variablenstruktur:

Die Zubauentwicklung für alle Technologien ist den drei Szenarien entnommen und wird aus der Entwicklung der installierten Leistungen abgeleitet. Dort, wo in den Ursprungsszenarien Jahreswerte fehlen, werden die Zwischenwerte anhand von Glättungs- und Trendverfahren modelliert. Die Ursprungsszenarien sind zu unterschiedlichen Zeitpunkten und unter unterschiedlichen Annahmen erstellt worden. Alle Szenarien müssen auf dem gleichen Status Quo beruhen, um ihre zukünftige Wirkung messbar vergleichen zu können. Daher werden die Installationszahlen im Ausgangsjahr 2010 auf die tatsächlich realisierte Marktentwicklung angepasst. Daraus folgt, dass die Installationsentwicklung in geringem Umfang von den Ursprungsquellen abweichen kann.

5. Problemlösung:

Aus den Annahmen müssen die Zielkennziffern abgeleitet werden. Abweichungen zwischen den Szenarien entstehen allein aufgrund des Zusammenspiels zwischen den allgemeinen Annahmen und der Szenario-abhängigen Zubauentwicklung. Die Methodik wird in 3.1 ausführlich erklärt.

6. Ergebnis:

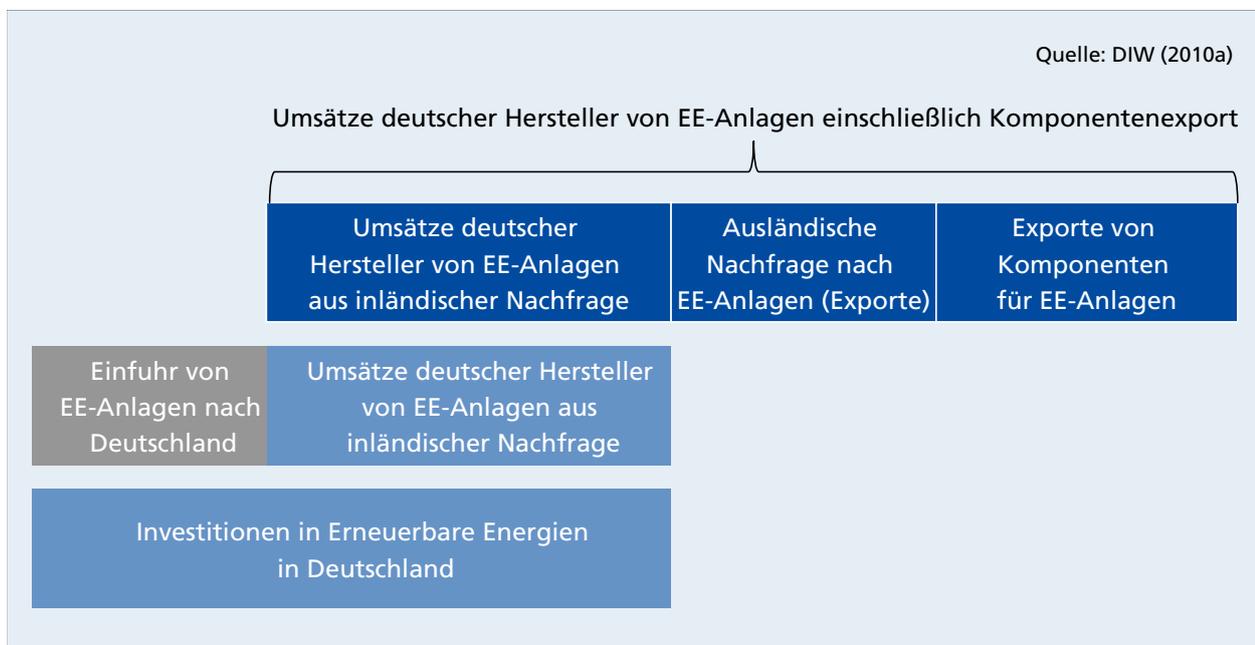
Im Ergebnis werden die Zielkennziffern im Zeitverlauf bis 2030 für den Fall ermittelt, dass die unterschiedlichen Zubauszenarien eintreten.

3.1 Methodik

3.1.1 Modellstruktur

Das Modell hat das Ziel, die Marktentwicklung der Erneuerbaren Energien bis 2030 anhand vorgegebener Szenarien hinsichtlich der daraus abgeleiteten ökonomischen Entwicklung zu untersuchen. Die Auswirkungen des jährlichen Zubaus an neuen Erneuerbare-Energien-Anlagen (EE-Anlagen) auf die Investitionstätigkeit und die Umsatzentwicklung deutscher Hersteller und Zulieferer⁷ werden dargestellt. Die Zielkennziffern sind die Investitionen in Erneuerbare-Energien-Anlagen und deren Fertigungsstätten sowie die Inlands- und Auslandsumsätze deutscher Hersteller und Zulieferer bis 2030. Da die Übergänge zwischen Herstellern und Zulieferern fließend sind und eine Differenzierung für die Gesamtaussagen nicht notwendig ist, wird im Folgenden einheitlich der Begriff „Hersteller“ als Oberbegriff für beide Gruppen verwandt. Die grundlegenden Zusammenhänge zwischen Investitionen, Exporten und Umsatz verdeutlicht die Abbildung 20 in DIW, 2010a.

Abbildung 20: Zusammenhang zwischen Investitionen, Exporten und Inlandsumsatz

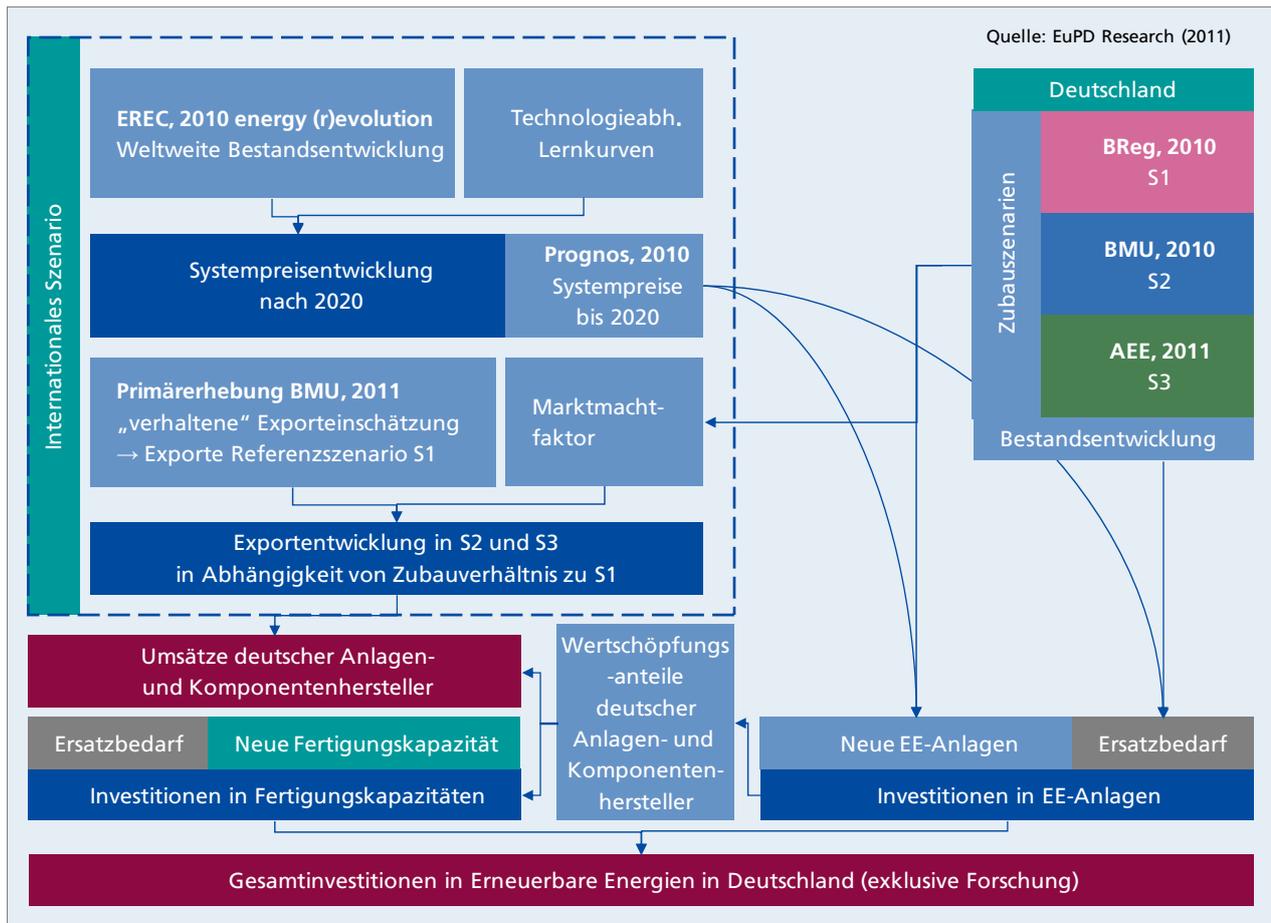


⁷ Die Hersteller sind als EE-Anlagenhersteller und die Zulieferer als Komponentenhersteller definiert. Maschinenbauer als Hersteller von Fertigungsmaschinen für die Fertigungsstätten von EE-Anlagen werden nicht erfasst. Wenn die Maschinenbauer jedoch gleichzeitig als Anlagen- oder Komponentenhersteller fungieren, werden sie mit den entsprechenden Anteilen in der Analyse berücksichtigt.

Vereinfacht leiten sich die „Investitionen in Erneuerbare Energien in Deutschland“ aus den anteiligen Umsätzen deutscher Hersteller von Komponenten und Erneuerbare-Energien-Anlagen aus der inländischen Nachfrage sowie den Umsätzen aus Einfuhrgütern ausländischer Hersteller nach Deutschland ab. Die Umsätze deutscher Hersteller setzen sich wiederum aus den Umsätzen im In- und Ausland zusammen. Die Umsätze beinhalten hierbei die Umsätze aus Materialaufwand, Logistik, Handel, Planung, Projektierung und Installation. Die vorstehende Grafik vernachlässigt jedoch, dass auch Fabriken und Fertigungsstätten aufgebaut werden müssen, um die Nachfrage nach Erneuerbare-Energien-Anlagen und deren Komponenten zu befriedigen. Die Betrachtung dieser Investitionen in die Erweiterung, Neuerrichtung, Entwicklung oder den Erhalt von Fertigungskapazitäten ist jedoch für die ganzheitliche Betrachtung der Investitions- und Umsatzwirkungen aus dem Ausbau der Erneuerbaren Energien unerlässlich. Als letztes Element der Investitionstätigkeit werden Investitionen in Forschung und Entwicklung initiiert, deren Analyse jedoch nur kurzfristig erfolgen kann. Ausschlaggebend für die langfristigen und strategischen Entscheidungen im Bereich der Forschung und Entwicklung sind in erster Linie die Förderstrukturen sowie die Erwartungen über die Entwicklung der politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen. Es kann kein direkter Bezug zu aktuellen Marktentwicklungen hergestellt werden. Die kurzfristige Entwicklung der Investitionen in Forschung und Entwicklung wurde in Kapitel 2 dargestellt. Eine Ausnahme stellen hierbei die unternehmensseitigen Investitionen dar, die direkt in die Weiterentwicklung von Endprodukten oder Fertigungsstätten fließen und bspw. zu Effizienzgewinnen führen. Diese Investitionstätigkeit fällt hier definitionsgemäß in den Bereich der Investitionen in Fertigungsstätten.

In diesem Kapitel wird die mittel- und langfristige Entwicklung der Investitionen in Fertigungsstätten anhand eines quantitativen Modells für verschiedene Ausbauszenarien errechnet. Die Zusammenhänge zwischen den Investitionen in Erneuerbare-Energien-Anlagen und den Investitionen in Fertigungsstätten sind komplex, sodass viele Annahmen getroffen werden müssen, um auf dem aggregierten Level Aussagen treffen zu können. Dies liegt zum einen daran, dass die Investitionen in Fertigungskapazitäten dem Absatz der Produkte (Erneuerbare-Energien-Anlagen, Komponenten, Vor- und Zwischenprodukte) zeitlich vorgelagert sind und sich über mehrere Jahre (Projektierung, Finanzierung, Bau und Instandsetzung etc.) erstrecken. Zum anderen gibt es i.d.R. keine kompletten Fertigungsstraßen von der Förderung und Aufbereitung der Rohstoffe über die Vor- und Zwischenprodukte bis hin zur Endproduktfertigung. Eine Fertigungsstätte setzt sich immer aus vielen Komponenten zusammen, deren Ausgestaltung meist auf die spezifischen Erfordernisse eines individuellen Unternehmens ausgelegt ist. Aufgrund der Individualität der Fertigungsstätten und auch der jeweiligen Standortbedingungen (Besteuerung, Subventionierung, Energie- und Arbeitskosten etc.) existieren auch keine „Durchschnittspreise“ für Fertigungsstätten. Um dennoch anhand des Zubaus an Erneuerbare-Energien-Anlagen Rückschlüsse über die Höhe der Investitionen in Fertigungskapazitäten treffen zu können, muss die Markt- und Preisentwicklung rückwirkend betrachtet werden, d.h. Hersteller werden Investitionen tätigen, wenn sie eine positive Marktnachfrage in den Folgeperioden erwarten. Die Systempreise für Erneuerbare-Energien-Anlagen sind zum einen ein Resultat aus Angebot und Nachfrage (auch bedingt durch die wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen). Andererseits lassen sich aus der Preisentwicklung Rückschlüsse auf Effizienzgewinne im Herstellungsprozess und die Entscheidungen der Hersteller ziehen. Das vorliegende Modell zur Berechnung der Investitionen in Erneuerbare-Energien-Anlagen und deren Fertigungsstätten sowie der Umsätze deutscher Hersteller und Zulieferer berücksichtigt diese Zusammenhänge. Das internationale Szenario (Globalszenario) setzt sich aus zwei Kernen zusammen. Die Systempreisentwicklung entstammt Prognos, 2010, und EREC, 2010. Die Exportumsatzentwicklung (Nachfragewirkung aus dem Ausland) basiert auf der Primärerhebung von BMU, 2011. Die folgende Abbildung bietet einen Überblick über die Modellstruktur und die Zusammenhänge.

Abbildung 21: Investitionsmodell



Aus der Szenario-abhängigen Bestandsentwicklung wird der jeweilige jährliche Zubau abgeleitet. Dieser stellt die Marktnachfrage nach neuen Erneuerbare-Energien-Anlagen dar. Ein Teil der Komponenten der Bestandsanlagen muss jährlich erneuert werden. Demnach besteht jährlich ein Ersatzbedarf für den Austausch von defekten und fehlerhaften Komponenten, der sich aus dem Anlagenbestand des Vorjahres ableitet. Die Investitionen in Erneuerbare-Energien-Anlagen ergeben sich aus der Multiplikation der Neuanlagen und des Ersatzbedarfs eines Jahres mit den Systempreisen desselben Jahres. Unter dem Systempreis versteht man den durchschnittlichen Installationspreis für ein Komplettsystem (Erneuerbare-Energien-Anlage) je Kilowatt installierter Leistung ohne Mehrwertsteuer.

Nach der Lernkurventheorie besteht ein direkter Zusammenhang zwischen der weltweiten Bestandsentwicklung und den Systempreisen. Demnach führt die zunehmende Verbreitung einer Technologie zu Effizienzgewinnen, die in einer Systempreisreduktion resultieren. Die Lernrate einer Technologie gibt die erwartete Preisreduktion für den Fall an, dass sich der Bestand an Erneuerbare-Energien-Anlagen derselben Technologie weltweit verdoppelt. Bis 2020 wird die Systempreisentwicklung nach Prognos, 2010, angenommen. Für die Systempreisentwicklung nach 2020 wird die Bestandsentwicklung nach EREC, 2010, (energy (r)evolution-Szenario) zugrunde gelegt und anhand der technologieabhängigen Lernraten ermittelt.

Die Umsatzentwicklung der deutschen Hersteller und Zulieferer setzt sich aus den Exportumsätzen und den Inlandsumsätzen zusammen. Der Inlandsumsatz leitet sich aus den Wertschöpfungsanteilen deutscher Anlagen- und Komponentenhersteller („Marktanteile deutscher Hersteller“) an den jährlichen Investitionen in Erneuerbare-Energien-Anlagen und den herstellungsrelevanten Anteilen am Systempreis (Herstellkostenanteile inklusive Herstellermarge an den spezifischen Investitionskosten) ab. Unter Wertschöpfungsanteil verstehen wir den Anteil der Wertschöpfung entlang der gesamten Produktwertschöpfungskette inkl. Vor- und

Zwischenprodukten (Vorleistungen) der aus deutscher Fertigung stammt. Dieser ist nicht notwendigerweise gleichzusetzen mit dem Anteil, den deutsche Marken-Unternehmen am Markt haben, denn ein Teil der Fertigungsstätten befindet sich im Ausland und Vorleistungen werden teils aus dem Ausland bezogen. Gleichzeitig produzieren ausländische Marken-Unternehmen an deutschen Standorten. Volkswirtschaftlich relevant sind alle Herstellungsaktivitäten am Industriestandort Deutschland. Daher subsumieren wir unter dem Begriff „deutsche Hersteller“ sowohl die inländischen als auch die ausländischen Marken-Unternehmen entsprechend mit dem Anteil der Fertigung, der tatsächlich in Deutschland stattfindet. Die folgende Tabelle zeigt die verwendeten Vorleistungs-, Wertschöpfungs- und Importanteile aus BMU, 2011, die auf Basis der Primärerhebung von 2007 errechnet wurden.

Technologie	(1) Anteil inländischer Vorleistungen in %	(2) Anteil importierter Vorleistungen in %	(3) Brancheninterne Wertschöpfung in Deutschland in %	(4) Bruttoproduktions- wert in %	(5) Anlagenimporte* bezogen auf die inländischen Investitionen abzüglich der Dienstleistungen (Planung, Installation) in %
Wind onshore	45,9%	24,0%	30,1%	100,0%	6,1%
Wind offshore	45,6%	14,0%	34,4%	100,0%	0,0%
Photovoltaik	50,8%	14,9%	34,3%	100,0%	58,9%
Solarthermie	70,8%	11,6%	17,6%	100,0%	42,9%
Wasserkraft	39,7%	23,0%	37,3%	100,0%	0,0%
Biomasse Heiz-/Kraftwerke	53,2%	8,0%	38,8%	100,0%	43,3%
Biomassekleinanlagen	40,7%	10,3%	49,0%	100,0%	37,0%
Biogas (stationär)	60,6%	8,7%	30,7%	100,0%	0,2%
Biomasse flüssig	43,1%	10,3%	46,6%	100,0%	0,0%
Tiefe Geothermie	55,4%	12,6%	32,0%	100,0%	0,0%
Wärmepumpen	36,3%	9,8%	53,9%	100,0%	30,4%
EE im Durchschnitt	48,8%	16,6%	34,6%	100,0%	-
Quelle: Tabelle 2-2 und 2-11 in BMU (2011)					
* Bereinigt um deutsche Vorleistungs-Exporte					

Tabelle 3: Anteile von inländischen und importierten Vorleistungen am Bruttoproduktionswert und Importe direkt für den Markt in %

Die brancheninterne Wertschöpfung in Deutschland (3) bezeichnet die Wertschöpfung der Hersteller von Erneuerbare-Energien-Anlagen am Standort Deutschland (inkl. ausländischer Marken-Hersteller). Zusammen mit den Vorleistungen und Zwischenprodukten aus deutscher Fertigung (1) ergibt sich die um ausländische Vorleistungen bereinigte brancheninterne Wertschöpfung in Deutschland (6). Die auf diese Weise hergestellten Erneuerbare-Energien-Anlagen werden in drei Teile aufgeteilt. Ein Teil wird als Endprodukte in Form von Exporten ins Ausland verkauft. Ein weiterer Teil wird in Deutschland installiert. Der übrige Teil der Herstellung verbleibt in der Realität als Lagerbestand und wird in zukünftigen Perioden entweder exportiert oder im Inland verbaut. Da Lagerbestände im Wesentlichen das Resultat eines vorübergehenden Missverhältnisses zwischen Angebot und Nachfrage darstellen, welches kurz- bis mittelfristig über die Marktpreise ausgeglichen wird, geht das hier konstruierte Modell von einer Markträumung aus. D.h., die angenommenen durchschnittlichen Systempreise haben eine markträumende Wirkung, so dass die Lager innerhalb eines Jahres wieder abgebaut werden und somit keine Überproduktion entsteht. Im Umkehrschluss bedeutet das, dass die Hersteller in jeder Periode nur so viele Erneuerbare-Energien-Anlagen und Komponenten produzieren, die auch vom Markt nachgefragt werden und somit ein vollkommener Markt besteht. Die im Inland installierten Anlagen aus deutscher Herstellung stellen jedoch nur einen Teil der insgesamt verbauten Leistung dar. Der andere Teil kommt in Form von Anlagenimporten (5) aus dem Ausland. Die Anlagenimporte sind um deutsche Vorleistungen bereinigt. Daher muss (6) noch mit (7) multipliziert werden, um den Wertschöpfungsanteil deutscher Anlagen- und Komponentenhersteller am deutschen Markt (8) zu bestimmen. Die nachstehende Tabelle 4 verdeutlicht die auf diese Weise ermittelten Ergebnisse (auf Basis von Tabelle 3).

Technologie	(6) = (1) + (3) Um Vorleistungsimporte bereinigte brancheninterne Wertschöpfung in Deutschland in %	(7) = 100% - (5) EE-Anlagen aus deutscher Herstellung auf dem deutschen Markt in %	(8) = (6) x (7) Wertschöpfungsanteil deutscher Anlagen- und Komponentenhersteller am deutschen Markt in %
Wind onshore	76,0%	93,9%	71,4%
Wind offshore	80,0%	100,0%	80,0%
Photovoltaik	85,1%	41,1%	35,0%
Solarthermie	88,4%	57,1%	50,5%
Wasserkraft	77,0%	100,0%	77,0%
Biomasse Heiz-/Kraftwerke	92,0%	56,7%	52,2%
Biomassekleinanlagen	89,7%	63,0%	56,5%
Biogas (stationär)	91,3%	99,8%	91,1%
Biomasse flüssig	89,7%	100,0%	89,7%
Tiefe Geothermie	87,0%	100,0%	87,0%
Wärmepumpen	90,2%	69,6%	62,8%

Quelle: EuPD Research (2011) auf Basis von Tabellen 2-2 und 2-11 in BMU (2011)

Tabelle 4: Wertschöpfungsanteil deutscher Anlagen- und Komponentenhersteller am deutschen Markt in %

Die Inlandsumsätze werden mit Hilfe des ermittelten jeweiligen Wertschöpfungs- und Herstellkostenanteils bezogen auf die Systempreise ermittelt. Die Systempreise setzen sich zusammen aus den Herstellungskosten, den Materialkosten und den nachgelagerten Kosten für Logistik, Handel, Planung, Projektierung und Installation. Für die Bemessung der Umsätze der Hersteller ist der Herstellkostenanteil relevant. Die Umsätze aus Vorleistungen und Zwischenprodukten müssen zusätzlich berücksichtigt werden, da die Unternehmen auf nachgelagerten Stufen die Kosten aus deren Ankauf in ihren Preisen mitberücksichtigen müssen. Dies trifft insbesondere auf die Photovoltaik zu, bei der die einzelnen Komponenten in der Wertschöpfungsstufe Modul in mehreren aufeinander aufbauenden Herstellungsschritten (Siliziumaufbereitung, Ingot, Wafer, Zelle) teils bei verschiedenen Firmen zu einem fertigen Modul verarbeitet werden. Die Herstellkostenanteile wurden auf Basis von IÖW, 2010 ermittelt und finden sich in der folgenden Tabelle. Für die Tiefe Geothermie musste der Herstellkostenanteil geschätzt werden.

Technologie	Herstellkostenanteil am Systempreis in %
Wind onshore	71,5%
Photovoltaik klein	56,8%
Photovoltaik groß	55,6%
Solarthermie	63,5%
Wasserkraft	70,6%
Biomasse Heiz-/Kraftwerke	86,1%
Biomassekleinanlagen	69,2%
Biogas (stationär) groß	69,9%
Biogas (stationär) klein	71,1%
Tiefe Geothermie*	60,0%
Wärmepumpen	73,6%

Quelle: EuPD Research (2011) auf Basis von IÖW (2010)
*Eigene Schätzung

Tabelle 5: Herstellkostenanteile an den Systempreisen in %

Die Exportumsätze beruhen auf der Primärerhebung von 2007 aus BMU, 2011. Die befragten Unternehmen wurden nach ihren damaligen Exportumsätzen und einer „verhaltenen“ Einschätzung für die Jahre 2020 und 2030 befragt. Die erhobenen Exporteinschätzungen je Technologie wurden für das Referenzszenario S1 übernommen und für die Zwischenwerte ein linearer Verlauf unterstellt. Die Exportumsätze für die anderen beiden Szenarien werden anhand eines „Marktmachtfaktors“ ermittelt. Dieser Marktmachtfaktor erfüllt die Ceteris-Paribus-Bedingung und ist insofern modellimmanent, dass er allein in Abhängigkeit von der Zubauentwicklung der Szenarien S2 und S3 zum Referenzszenario variiert. Auf diese Weise wird die unterschiedliche Heimatmarktentwicklung bei den erwarteten Exportwirkungen berücksichtigt.

Die neu installierten Erneuerbare-Energien-Anlagen, der Ersatzbedarf und die ausländische Marktnachfrage (in Form der Exportumsätze) generieren eine jährliche Marktnachfrage nach Komponenten und Anlagen aus deutscher Fertigung. Unter Berücksichtigung der Wertschöpfungsanteile deutscher Hersteller, der

durchschnittlichen Produktionsauslastung und des Bestands an Herstellungskapazitäten leiten sich die Investitionen in Fertigungskapazitäten ab, die in den Vorperioden getätigt werden müssen, um die Nachfrage nach Erneuerbare-Energien-Anlagen und Komponenten zu erfüllen. Dabei wird auch der Ersatzbedarf für den Erhalt und die Instandhaltung der Fertigungskapazitäten berücksichtigt. Die Investitionen in Fertigungskapazitäten werden mit Hilfe eines eigenen Preismodells auf Basis der Systempreise hergeleitet. Aus den Investitionen in Fertigungskapazitäten und den Investitionen in Erneuerbare-Energien-Anlagen ergeben sich die Gesamtinvestitionen in Erneuerbare Energien in Deutschland (exklusive Forschungsinvestitionen). Die detaillierte Erklärung der weiteren Modellkomponenten folgt in den folgenden Unterkapiteln.

3.1.2 Investitionsmodell

Die vorangehenden allgemeinen Erläuterungen zum Modellzusammenhang werden in diesem Abschnitt spezifiziert. Im Rahmen des Investitionsmodells ist, wie oben bereits erläutert, zunächst zu berücksichtigen, dass bei der Betrachtung zukünftiger Märkte und der erwarteten Investitionen nicht nur der prognostizierte Zubau an Neuanlagen betrachtet werden darf. Mit wachsendem Anlagenbestand nimmt die Bedeutung des Ersatzbedarfs zum Erhalt bestehender Erneuerbare-Energien-Anlagen zu. Im Falle von Defekten müssen einzelne Komponenten einer Erneuerbare-Energien-Anlage (z.B. die Wechselrichter oder einzelne Module in der Photovoltaik) ausgetauscht werden. Unabhängig davon, ob eine Garantie besteht oder der Eigentümer die Kosten selber tragen muss, besteht also eine kontinuierliche Nachfrage nach Ersatzkomponenten. Die notwendigen jährlichen Ersatzinvestitionen generieren also eine zusätzliche Marktnachfrage und werden anhand der technologieabhängigen Nutzungsdauer nach BReg, 2010, bzw. sofern explizit vorhanden nach der amtlichen AfA-Tabelle Nr. 0 (BMF, 2009a) über die steuerliche Abschreibung von Anlagegütern, bemessen. Bspw. sieht BMF, 2009a für eine Windkraft-Anlage eine Nutzungsdauer von 16 Jahren vor. Nach 16 Jahren ist die Windkraft-Anlage demnach komplett abgeschrieben. Um das Niveau an voll funktionstüchtigen Windkraft-Anlagen und damit einhergehend der kumulierten installierten Leistung in Deutschland zu erhalten, müsste daher theoretisch pro Jahr ein Sechzehntel des Anlagenbestands ersetzt werden. Eine realistischere Interpretation der durchschnittlichen Nutzungsdauer berücksichtigt, dass die Anlagen nicht über den gesamten Zeitraum unter Volllast laufen, gleichzeitig allerdings Wartungs- und Instandhaltungskosten anfallen, um einen reibungslosen Betrieb zu ermöglichen. Ein Teil der Wartungs- und Instandhaltungskosten entfällt auf die Arbeitskosten bei der Wartung, Reparatur, Reinigung und Inspektion der Anlagen und ihrer Komponenten. Ein weiterer Teil beinhaltet die Kosten für den Austausch von fehlerhaften und defekten Komponenten (Ersatzbedarf). Im Modell wird für jede Technologie angenommen, dass die Hälfte der Wartungs- und Instandhaltungskosten auf den Ersatzbedarf entfällt. Dabei ist der Ausschuss von fehlerhaften Bauteilen aus Herstellung, Transport und Installation bereits mitberücksichtigt. Diesen Ersatzbedarf, bezogen auf den Bestand des Vorjahres, bezeichnen wir als Ersatzinvestitionen. Im Falle der Windkraft wird daher angenommen, dass jährlich Ersatzteile im Umfang von 3,125 Prozent des Anlagenbestands beschafft werden müssen. Die Abschreibungszeiträume variieren zwischen den Technologien und werden in den einzelnen Kapiteln zu den Technologien angegeben.

Der Markt für Erneuerbare-Energien-Anlagen in Deutschland errechnet sich demnach aus dem Zubau an Erneuerbare-Energien-Anlagen und dem Ersatzbedarf zum Erhalt bestehender Erneuerbare-Energien-Anlagen. Die Investitionen in Erneuerbare-Energien-Anlagen werden anhand der Systempreisentwicklung für Erneuerbare-Energien-Anlagen nach Prognos, 2010, bewertet. Hierbei handelt es sich um die durchschnittlichen Installationskosten für Komplettanlagen je Kilowatt installierter Leistung (ohne Mehrwertsteuer). Je nach Standort, Systemdimensionierung, Anlagenart und Anlagenauslegung weichen die tatsächlichen Systemkosten teils deutlich von den Durchschnittspreisen ab. Für die Preisentwicklung nach 2020 dienen technologiebedingte Lernkurven als Basis, die zur angenommenen weltweiten Bestandsentwicklung an Erneuerbare-Energien-Anlagen (in Anlehnung an das energy (r)evolution-Szenario, EREC, 2010) in Relation

gesetzt werden. Die Lernrate gibt an, um wie viel Prozent sich der Systempreis voraussichtlich reduzieren wird, wenn sich der weltweite Bestand an Anlagen einer Erneuerbare-Energien-Technologie verdoppelt. Diese Effizienzgewinne basieren auf Skaleneffekten und lassen sich zum größten Teil auf Effizienzgewinne im Herstellungsprozess zurückführen, die dadurch entstehen, dass große Mengen an Komponenten und Anlagen nachgefragt werden. Ein Produkt durchläuft einen gewissen Reife- und Lernprozess, der durch den Absatz von großen Mengen beschleunigt wird. Bei der so genannten Lernrate wird die weltweite Bestandsentwicklung als Maß für die Marktreife einer Technologie verwendet. Bei Verdopplung der weltweit insgesamt installierten Anlagenzahl erwartet die Lernkurventheorie einen Preisverfall entsprechend der Lernrate. Am Beispiel der Windindustrie bedeutet das, dass bei einer angenommenen Lernrate von neun Prozent (Wiser & Bolinger, 2010) die Preise für Windenergieanlagen im Durchschnitt um neun Prozent fallen, wenn sich der weltweite Bestand an installierten Windkraft-Anlagen verdoppelt. Die Lernkurveneffekte werden kontinuierlich angenommen, d.h. bei einer Steigerung von 50 Prozent des Weltanlagenbestands fällt eine Systempreisreduktion von viereinhalb Prozent an.

Die Wertschöpfungsanteile deutscher Hersteller und Zulieferer am Heimatmarkt sind annahmegemäß im Zeitverlauf konstant und messen die inländische Wertschöpfung durch den Markt für Erneuerbare-Energien-Anlagen entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Sie bestimmen auch den inländischen Anteil an den Ersatzinvestitionen in Erneuerbare-Energien-Anlagen sowie auch (ergänzt um die Nachfragewirkungen aus dem Export) die notwendigen Investitionen in neue Fertigungsstätten und den Erhalt bestehender Herstellungskapazitäten unter Berücksichtigung der Produktionsauslastung und des Bestands an Fertigungsstätten.

Wie bereits im vorherigen Kapitel erwähnt, dienen die Befragungsergebnisse aus der Primärerhebung von BMU, 2011, für die Zeitpunkte 2007, 2020 und 2030 als Basis für die Ermittlung der Exporte. Die zukünftige Entwicklung der Exporte im Referenzszenario S1 orientiert sich linear an den erwarteten Exporten bei „verhaltener“ Entwicklung der Exportstärke deutscher Unternehmen im Ausland. Wenn auch auf wissenschaftlichem Wege bisher kein direkter Zusammenhang zwischen einem starken Heimatmarkt und Erfolgen auf ausländischen Märkten festgestellt werden konnte, so sind dennoch in der Praxis oft Exporterfolge in den Branchen zu beobachten, in denen auch ein starker Heimatmarkt besteht (z.B. Maschinenbau, Automobilindustrie). Da die Transaktionskosten für Auslandstätigkeiten (z.B. im Hinblick auf Rechtswesen, Sprache, Kultur, Zertifizierungsverfahren) im Allgemeinen sehr hoch sind, stellt der Heimatmarkt insbesondere für kleine, mittelständische sowie junge Unternehmen eine wichtige Entwicklungsbasis dar. Daher sollen hier annahmegemäß positive Multiplikatoreffekte für die Exportstärke der heimischen Industrie entstehen, wenn der inländische Markt sich gegenüber dem Referenzszenario stärker entwickelt. Hierzu wird jeweils das Verhältnis des Zubaus zwischen dem Szenario S2 bzw. S3 zum Zubau im Referenzszenario S1 betrachtet. Anhand des jeweiligen Verhältnisses wird mit Hilfe einer logarithmischen Funktion für jedes Jahr ein „Marktmachtfaktor“ für S2 und S3 ermittelt. Dieser Marktmachtfaktor wird mit den Exporten im Referenzszenario multipliziert. Die Logarithmusfunktion stellt sicher, dass die Multiplikatoreffekte (Marktmachtfaktoren) eines starken heimischen Marktes immer kleiner sind als der eigentliche direkte Effekt auf dem Heimatmarkt. Ist der Heimatmarkt bspw. sehr stark, wird der Einfluss nicht in gleichem Maße auf den Export übertragen, sondern gedämpft. Zudem lässt die Multiplikatorwirkung des Marktmachtfaktors aufgrund seiner logarithmierten Form mit steigender Höhe nach. Ähnliche Effekte können in realen Märkten beobachtbar werden. Daher wird im Modell ein moderater Einfluss der Heimatmarktstärke auf das Exportpotential unterstellt.⁸

⁸ Anmerkung: In der Praxis ist der Zusammenhang zwischen Heimatmarkt- und Exportentwicklung nicht eindeutig. Die hier modellierten Marktmachtfaktoren müssen nicht automatisch in jedem Jahr greifen. Ein starker Heimatmarkt kann mit einem schwachen oder gar rückläufigen Export einher gehen. Aus Gründen der

Die Umsätze deutscher Hersteller und Zulieferer errechnen sich demnach aus den im Inland und auf dem Weltmarkt insgesamt nachgefragten Komponenten und Erneuerbare-Energien-Anlagen aus deutscher Fertigung. Dabei werden die Wertschöpfungsanteile aus deutscher Industrieproduktion berücksichtigt. Die Exportentwicklung orientiert sich für das Referenzszenario S1 an den Ergebnissen aus BMU, 2011, und wird für die beiden anderen Szenarien S2 und S3 entsprechend des jeweiligen Zubaus angepasst (siehe Abschnitt zu Marktmachtfaktor und Exportermittlung).

3.1.3 Modell zur Ermittlung der Investitionen pro MW Fertigungskapazität

Gemäß dem Investitionsmodell setzt sich die Marktnachfrage nach deutschen Produkten aus der inländischen und der ausländischen Marktnachfrage zusammen. Um die voraussichtliche Marktnachfrage in zukünftigen Perioden nach einzelnen Komponenten und Komplettanlagen gemäß ihrem prognostizierten Wertschöpfungsanteil („Marktanteil deutscher Hersteller“) befriedigen zu können, müssen die Hersteller und Zulieferer in den Vorperioden Entscheidungen über ihre Fertigungskapazitäten im Hinblick auf Erhalt und Ausbau treffen. In dem Modell werden lediglich so viele Hilfsstoffe, Bauteile, Vor- und Endprodukte produziert, wie der Markt nach Erzeugnissen aus deutscher Herkunft in einem Jahr nachfragt. Aus diesem Grunde entsteht im Modell keine Überproduktion, die zu Lagerbildung oder Preisnachteilen führen könnte.

Wenn die Marktnachfrage nach deutschen Produkten die Herstellungskapazitäten übersteigt, werden die Produzenten ihre Fertigungskapazitäten ausbauen, denn der deutsche Wertschöpfungsanteil am Heimatmarkt ist vorgegeben. Die Erweiterung bestehender bzw. der Aufbau neuer Fertigungsstätten („Ramp-up“) für einzelne Komponenten, Vor-, Zwischen- und Endprodukte benötigt von der Planungsphase über die Grundsteinlegung und Testphasen bis zur ersten Lieferung des fertigen Produktes teilweise zwei bis drei Jahre. So benötigt bspw. in der Photovoltaik die Erweiterung bestehender Fertigungskapazitäten zur Aufbereitung von Silizium derzeit etwa eineinhalb bis zwei Jahre (Wacker Chemie AG, 2009). Der Aufbau einer neuen Fertigungsstätte, insbesondere bei neuen Markteinsteigern, dauert aufgrund fehlender Erfahrung oftmals deutlich länger. Aus diesem Grunde wird die Vorlaufzeit für den Ausbau von Herstellungskapazitäten im Modell für alle Technologien auf zwei Jahre festgesetzt. Explizit verteilen sich die Investitionswirkungen aus der nachgefragten Produktion eines Jahres gleichmäßig auf die beiden Vorjahre.

Neben dem Ausbau bestehender Fertigungskapazitäten müssen die Hersteller kontinuierlich Investitionen in den Erhalt der Fertigungsstätten tätigen, um am Markt wettbewerbsfähig zu bleiben. Dabei werden Neuerungen im Fertigungsprozess eingeführt, die zu einer erhöhten Effizienz der Herstellungsprozesse und der gefertigten Produkte führen. Als Orientierung für den Zeitraum bis zur jeweiligen Erneuerung einzelner Maschinen im Fertigungsprozess dient die gesetzlich vorgeschriebene Abschreibungsdauer für „Flexible Fertigungssysteme“ und „Sonstige Verarbeitungsmaschinen“ von acht Jahren gemäß AfA-Tabelle für den Maschinenbau (Nr. 101) (BMF, 2009b). Neben den Ersatzinvestitionen in Spezialmaschinen besteht zusätzlich Ersatzbedarf für einfache Maschinen, Werkzeug und Gebäude, die jedoch seltener ersetzt oder erneuert werden müssen. Daher wird hier vereinfacht die doppelte AfA-Nutzungsdauer (16 Jahre) als Abschreibungszeitraum für eine Investition in Fertigungskapazitäten angesetzt. Aufgrund der nach AfA (BMF, 2009b) vorgeschriebenen linearen Abschreibung müssen demnach jährlich 6,25 Prozent des Bestandes an Fertigungskapazitäten erneuert werden.

Die Entscheidung der Hersteller über den Ausbau von Fertigungskapazitäten orientiert sich an den durchschnittlichen Produktionsauslastungsgraden in der verarbeitenden Industrie. Diese liegen für Deutschland bei 84 Prozent und für das europäische Ausland (Europäische Wirtschaftsunion - EWU 16) bei 82 Prozent (Bundesbank, 2011; Europäische Kommission, 2011). Die Produzenten bauen ihre Kapazitäten aus, wenn der Produktionsauslastungsgrad im Modell den durchschnittlichen Auslastungsgrad in Deutschland (bzw. in Europa für europäische Produzenten) übersteigt und es sich absehbar nicht um eine einmalige Nachfragesteigerung handelt.

Die jährlichen Ersatzinvestitionen in Höhe von 6,25 Prozent auf den Bestand der Herstellungskapazitäten werden nur getätigt, wenn der Auslastungsgrad mindestens 70 Prozent beträgt. Wenn der Auslastungsgrad nur kurzfristig darunter liegt, ist der Wettbewerbsdruck zu gering und es wird auf Modernisierungsmaßnahmen verzichtet. Liegt der Auslastungsgrad über einen längeren Zeitraum unter 70 Prozent, so bauen die Hersteller und Zulieferer Fertigungskapazitäten ab, indem sie die bestehenden Kapazitäten nicht erneuern und daher keine Ersatzinvestitionen tätigen.

Der Bedarf an Fertigungskapazitäten in Deutschland bemisst sich demnach an der inländischen und ausländischen Marktnachfrage nach Komponenten und Erneuerbare-Energien-Anlagen, die für die Folgejahre erwartet wird.

Um die Investitionen in Fertigungskapazitäten für Komponenten und Komplettanlagen auf monetärer Basis ermitteln zu können, muss ein Preismaß für den errechneten Bedarf angesetzt werden. Grundlage dafür ist die Ermittlung der Fertigungskosten auf Basis der Entwicklung der spezifischen Erneuerbare-Energien-Anlagenkosten pro kW installierter Leistung (Systemkosten) aus Prognos, 2010. Unter vollständigem Wettbewerb stellt die Systempreisentwicklung überwiegend das Ergebnis der Kosteneffizienzentwicklung im Herstellungsprozess dar. Daher wird hier von den Systempreisen der Erneuerbare-Energien-Anlagen rückwirkend auf die Herstellungskosten geschlossen.

Zunächst müssen auf Basis der Systemkosten die eigentlichen Herstellungskosten ermittelt werden. Hierzu werden zunächst die nach der Produktion entstehenden Kosten von den Systempreisen abgezogen. Die Kostenanteile aus Handel, Logistik, Installation, Material, Planung und Projektierung von Erneuerbare-Energien-Anlagen für die jeweiligen Technologien entstammen IÖW, 2010. Mit Ausnahme der Materialkosten sollten diese Kosten unter vollständigem Wettbewerb nur zu einem geringen Anteil die Veränderung der Systempreise beeinflussen. Aus diesem Grund werden die Kostenanteile aus Handel, Logistik, Installation, Planung und Projektierung über den Zeitverlauf als konstant angenommen. Materialkosten hingegen können variieren. Hier wird jedoch davon ausgegangen, dass eventuell steigende Materialkosten durch Effizienzgewinne im Produktionsprozess (d.h. geringerer Materialeinsatz oder höhere Wiederverwertbarkeit vom Ausschuss) ausgeglichen werden können. Daher bleibt der Kostenanteil an den Systemkosten gleich. Am Beispiel der Photovoltaik bedeutet das, dass die Kosten für Handel, Logistik, Installation, Planung und Projektierung sowie für Material immer etwa 44 Prozent des Systempreises ausmachen (IÖW, 2010). Die auf diese Weise ermittelten Herstellungskostenanteile für die einzelnen Technologien wurden bereits in Kapitel 3.1.1. in Tabelle 5 eingeführt.

Die Systempreise abzüglich der Materialkosten und der Kosten aus Handel, Logistik, Installation, Planung und Projektierung ergeben demnach die reinen Herstellkosten. Die Herstellkosten beinhalten wiederum die Energie- und Arbeitskosten, die bei der Herstellung anfallen, sowie einen geringen Anteil an einkalkulierter Marge pro produziertem kW. Die Kreditfinanzierungskosten für eine Fertigungsstätte gehen indirekt in die Kostenrechnung mit ein.

Die Arbeitskosten müssen ebenfalls von den Systemkosten abgezogen werden. Diese stellen den prozentualen Anteil der Bruttogehälter an den Produktionskosten dar. Dabei werden vorgelagerte Wertschöpfungsstufen mit berücksichtigt. Sofern nicht in den Technologie-Kapiteln anders ausgewiesen, wird der Arbeitskostenanteil an den gesamten Herstellungskosten mit 20 Prozent angenommen.

Im nächsten Schritt werden die Energiekosten zur Herstellung der Komponenten berechnet und von den Herstellkosten abgezogen. Die Energiekosten setzen sich zusammen aus dem durchschnittlichen Energiepreis sowie dem Energieaufwand, der für die Herstellung einer kompletten Erneuerbare-Energien-Anlage mit einem kW installierter Leistung benötigt wird. Der Herstellungsenergieaufwand ist technologiespezifisch. Als Orientierung dienen Erntefaktoren, der kumulierte Primärenergieverbrauch (KEA, Kaltschmitt, Schröder, & Rogge, 2002) bzw. die jeweilige energetische Amortisationszeit multipliziert mit den mittleren Jahreserträgen in Deutschland auf Basis der angenommenen Entwicklung der Volllaststunden nach AEE, 2011. Die Entwicklung der Energiepreise folgt den erwarteten Steigerungsraten der Strompreisentwicklung nach BMU, 2008 (Preispfad A „deutlich“ mit CO₂-Kosten). Als Basis wurde ein durchschnittlicher Industriestrompreis von 11,6 Ct/kWh (AEE, 2011a) angenommen. Der Herstellungsenergieaufwand ergibt zusammen mit dem jeweiligen Industriestrompreis die angenommenen Energiekosten für die Herstellung einer 1-kW-Anlage im jeweiligen Jahr.

Entsprechend der in Prognos, 2010, angenommenen Systempreisentwicklung realisieren die Hersteller und Zulieferer Effizienzgewinne, d.h. die Systempreise reduzieren sich hauptsächlich, weil die Hersteller bspw. mit weniger Material oder geringerem Energieaufwand denselben Output erzielen. Die produktionsseitigen Effizienzgewinne werden jedoch zum Teil von den steigenden Energiekosten gemindert.

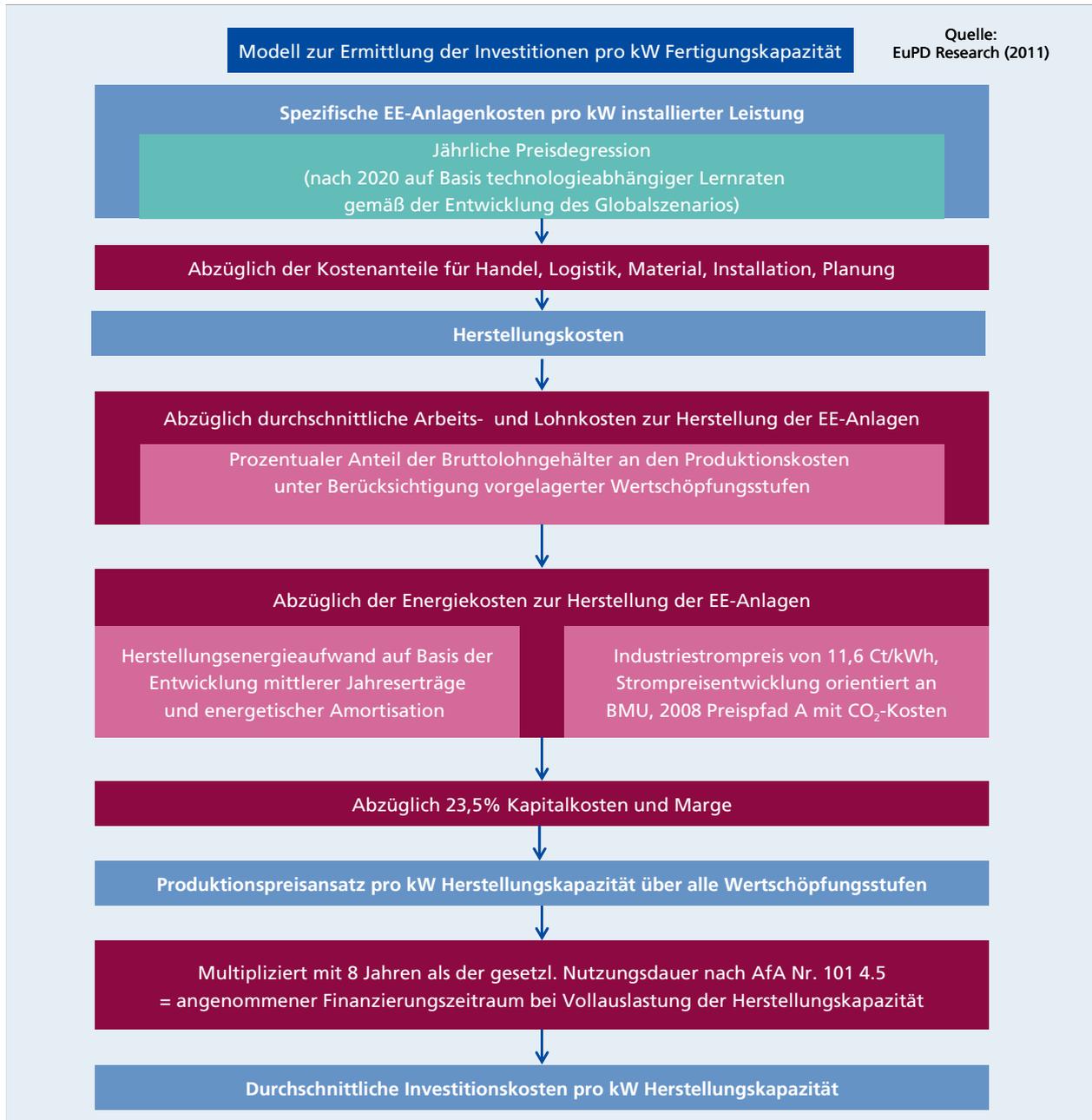
In einem nächsten Schritt werden 23,5 Prozent des Systempreises an Kapitalkosten und Marge abgezogen. Diese setzen sich zusammen aus vier Prozent Nachsteuer-Umsatzrendite, entsprechend dem Durchschnitt im deutschen Maschinenbau zwischen 2000 und 2007 (Bundesbank, 2009). In die Kapitalkosten fließen die Kosten für Wertabschreibungen und ein angenommener Finanzierungssatz von 7 Prozent ein. Die Abschreibungshöhe ergibt sich aus der gesetzlichen Abschreibungspflicht. Annahmegemäß muss sich eine Fertigungsstätte nach acht Jahren gemäß der gesetzlich angesetzten Abschreibungs- bzw. Nutzungsdauer (nach AfA 1.10 und 4.5 Tabelle Nr.101) rentieren. Der Zeithorizont orientiert sich zudem an typischen Finanzierungszeiträumen der Bankenwelt. Allgemein muss je nach Konditionen der Bank nach fünf bis spätestens acht Jahren eine Refinanzierung für einen Investitionskredit initiiert werden. Da eine Refinanzierung eines bestehenden Kredits i.d.R. sehr teuer ist, soll hier eine Fertigungsstätte ab dem neunten Jahr einen Gewinn abwerfen. Somit gehen die Kreditfinanzierungskosten für eine Fertigungsstätte indirekt in die Kalkulation mit ein.

Zusammengefasst ergeben die Systempreise abzüglich der Kosten aus Handel, Logistik, Installation, Planung und Projektierung sowie der Material-, Energie- und produktionsseitigen Arbeitskosten und des Stückgewinns den Preisansatz für eine Fertigungsstätte inklusive aller vor gelagerten Wertschöpfungsstufen im Betrachtungsjahr. Die jährliche Abschreibung beträgt demnach 12,5 Prozent des investierten Kapitals.

Der durchschnittliche erwartete Preis für eine komplette Fertigungsstätte inklusive aller Vorprodukte ergibt sich demnach aus dem Preisansatz für eine Fertigungsstätte und dem angenommenen Rentabilitätszeitraum (Nutzungsdauer nach BMF, 2009b). Die Investitionen in Fertigungskapazitäten in Deutschland ergeben sich folglich aus dem erwarteten Preis für eine Fertigungseinheit im Betrachtungsjahr und dem oben erwähnte Bedarf an Fertigungskapazitäten im entsprechenden Jahr.

Das vorher beschriebene, deduktive Verfahren zur Ermittlung der Investitionskosten wird in der nachfolgenden Abbildung in seinem logischen Ablauf dargestellt.

Abbildung 22: Modell zur Ermittlung der Investitionen pro kW Fertigungskapazität



3.2 Beschreibung und Vergleich der nationalen Szenarien

Zur Einordnung der drei betrachteten Szenarien S1, S2 und S3 werden diese im Folgenden hinsichtlich ihrer prognostizierten Entwicklung anhand von Bestands- und Energiemengendaten in den Sparten Strom und Wärme näher beschrieben und verglichen. Die Prognosedaten liegen nicht für alle Zeitpunkte im Untersuchungszeitraum 2010 bis 2030 vor. Die Zwischenwerte werden mit Hilfe von Trendverfahren und Medienglättungsverfahren ermittelt. Um die aktuelle Entwicklung seit Erarbeitung der Szenarien abzubilden

und gleichzeitig eine Vergleichbarkeit der Szenarien zu ermöglichen, muss der Status Quo angepasst werden und für alle Szenarien gleich sein. Als Status Quo wurde die Statistik der AGEE-Stat, 2010, für das Jahr 2010 verwendet. Verfahrensbedingt kommt es notwendigerweise zu Abweichungen zwischen den Daten der Ursprungsszenarien und der ermittelten Szenariowerte. Diese Abweichungen fallen i.d.R. gering aus. Energiemengenangaben und Bestandsdaten müssen auf ein vergleichbares Maß gebracht werden. Der Umrechnungsfaktor für die Transformation der Energiemengen von PJ nach TWh basiert auf der Identität von Joule und Wattsekunde und entspricht demgemäß 3,6. Die Umrechnung von der Energiemenge auf die installierte Leistung erfolgt anhand von technologieabhängigen Volllaststunden. Die Kapazitätsentwicklung wird unter Berücksichtigung der Produktionsauslastung modelliert. In diesem Abschnitt werden die Annahmen der Ursprungsquellen miteinander verglichen. Eine detaillierte Darstellung des jeweiligen Vorgehens erfolgt in den Technologiekapiteln. Die wesentlichen verwendeten Daten befinden sich im Anhang.

Das Referenzszenario S1 aus dem Jahr 2010 wurde in Zusammenarbeit von Prognos, EWI und GWS ausgearbeitet (BReg, 2010). Das Energiekonzept der Bundesregierung beschreibt den Weg zur Mindest Erfüllung der von der Bundesrepublik im Rahmen der EU-Ziele übernommenen Ausbauziele Erneuerbarer Energien im Strom-, Wärme- und Kraftstoffbereich. Dieses Szenario stellt als Referenzszenario die „untere“ Grenze in dem hier angewandten Modell dar und dient als Vergleichsbasis für die beiden weiteren Szenarien S2 und S3. Die Quelle für S1 bietet eine Vielzahl von Szenarien, von denen das Szenario II A (Laufzeitverlängerung für Atomkraftwerke: 12 Jahre) ausgewählt wurde.

Als zweites Szenario S2 wird auf das aktualisierte Leitszenario des Bundesumweltministeriums zurückgegriffen (BMU, 2010). Aufgrund seiner moderaten Annahmen und Prognosen bildet das Leitszenario die „optimistischere“ Einschätzung im Vergleich zu S1 ab. Dem Leitszenario zufolge ist eine leichte Übererfüllung der Ausbauziele der Bundesregierung zu erwarten.

Das dritte Szenario S3, das im Rahmen dieser Studie herangezogen wird, baut auf der aktualisierten und bis 2030 fortgeschriebenen Branchenprognose 2020 von AEE und BEE auf (AEE, 2011). Das Ziel dieser Prognose besteht darin, die tatsächlichen Wachstumspotentiale der Erneuerbaren Energien herauszuarbeiten und – im Gegensatz zu den anderen beiden Szenarien – nicht lediglich die Mindestanforderungen an den Ausbau Erneuerbarer Energien zu erfüllen. Aufgrund dieser Zielsetzung fällt die Beurteilung der Potentiale i.d.R. optimistischer als in den beiden anderen Szenarien aus. Zudem beruht die Datenbasis auf den Einschätzungen der Branchenvertreter und limitiert die Ausbaupfade nicht durch antizipierte Wachstumspfade. Aus diesen Gründen stellt das Szenario die „obere Grenze“ für die vorliegende Untersuchung dar.

Die folgende Tabelle gibt die Einteilung der Technologien in die Sparten bzw. die Benennungen in den drei Szenarien wieder. Diese Tabelle stellt die ursprüngliche Einordnung der Technologien gemäß den drei Szenarien dar. So werden in S1 bspw. „Andere erneuerbare Brennstoffe“ explizit ausgewiesen, jedoch auch der Strom- und der Wärmesparte zugeordnet. Dies ist ein grundlegendes Problem, sodass eine übergeordnete Zuordnung zum Vergleich der einzelnen Technologien vorgenommen werden muss (siehe Spalte „Modell“). Diese Problematik taucht allerdings nicht nur im Hinblick auf die nationalen Szenarien auf, sondern zudem insbesondere auf Ebene des internationalen Szenarios.

Sparte	Segmente	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Modell
Strom	Photovoltaik	x	x	x	Photovoltaik
	Wind	x	x	x	Wind
	Feste Biomasse	x	x	x	Biomasse Strom
	Biogas und flüssige Brennstoffe	x		x	
	Andere erneuerbare Brennstoffe (biogener Abfall, Klär- und Deponiegas)	x			
	Biogas (inkl. Deponie- & Klärgas, Biogase, flüssige Brennstoffe)		x	x	
	Wasserkraft	x	x	x	Wasserkraft
	Geothermie	x	x	x	Geothermie
Wärme	Biomasse	x	x	x	Biomasse Wärme
	Wärmepumpen	x	x	x	Wärmepumpen
	Solarthermie	x	x	x	Solarthermie
Biokraftstoffe	Biokraftstoffe	x	x	x	Biokraftstoffe

Tabelle 6: Einordnung und Benennung der untersuchten Technologien in den drei nationalen Szenarien

3.2.1 Annahmen der drei Szenarien in der Stromsparte

Die Betrachtung der installierten Kapazität in der Stromsparte in Deutschland gemäß der Schätzung von S1 verdeutlicht, dass insgesamt die Kapazitäten bis 2030 um 89 Prozent auf 100 GW steigen werden. Windkraft (on- und offshore) hat dabei den größten Anteil. Zwar ist dieser im Zeitverlauf in geringem Maße sinkend, jedoch fällt er nur geringfügig unter 50 Prozent (2030: 49,8 Prozent). Windkraft erfährt im Rahmen des Ausbaus der Erneuerbaren Energien in Deutschland einen Zuwachs von 2010 bis 2030 um 85 Prozent – obwohl der Zubau im Bereich Onshore-Windkraft annahmegemäß limitiert ist. Dies deutet auf ein großes Potential der Offshore-Windkraft hin. Der stärkste Ausbau erfolgt in der Photovoltaik. Im Vergleich zwischen Status Quo und dem Jahr 2030 kann offen gelegt werden, dass die installierte Kapazität im Bereich Photovoltaik um 124 Prozent wächst. Der Ausbau der Wasserkraft hingegen stagniert bei 5,6 GW und erfährt somit anteilig im Vergleich zu den übrigen Sparten einen Rückgang. Dies ist allerdings auf die begrenzten Möglichkeiten zum Ausbau der Wasserkraft in Deutschland zurückzuführen, was auch explizit in diesem Szenario berücksichtigt wird. So wird ebenfalls angenommen, dass der Zubau im Bereich der Biomasse limitiert ist. Aus diesem Grund steigt die installierte Kapazität in Deutschland lediglich von 4 GW im Jahr 2010 auf 6 GW 2030, wobei diese auch bereits in 2020 erreicht ist.

Das Szenario S2 sieht hingegen bis 2030 mit 144 GW eine insgesamt deutlich höhere installierte Leistung von Erneuerbare-Energien-Anlagen vor. Windkraft (on- und offshore) stellt allerdings – im Gegensatz zu den Ergebnissen von S1 – ab 2020 nicht mehr das Gros der Kapazitäten. Der Anteil fällt bis 2030 auf 45 Prozent. Insgesamt wachsen die installierten Kapazitäten von 2010 bis 2030 um 141 Prozent. Der stärkste Ausbau findet gleichwohl in diesem Szenario in dem Segment der Photovoltaik statt. Im Vergleich von Status Quo und dem Jahr 2030 kann herausgestellt werden, dass die installierte Kapazität im Bereich Photovoltaik von 17 GW auf 63 GW wächst. Damit liegt der Anteil der Photovoltaik 2030 bei 44 Prozent - knapp hinter der Windkraft. Der Ausbau der Wasserkraft hingegen stagniert auf 5 GW, was jedoch aus der Annahme resultiert, dass der Zubau in der Wasserkraft limitiert ist. Somit sinkt der Anteil der Wasserkraft im Vergleich zu den übrigen Sparten auf 3,5 Prozent. Die Entwicklung der installierten Kapazitäten in der Technologie Biomasse ist im Gegensatz zu der Annahme von S1 nicht begrenzt. Aufgrund dessen steigen die installierten Kapazitäten bis 2030 auf 10 GW, was in diesem Jahr einem Anteil von etwa 7 Prozent entspricht.

Insgesamt wird in S3 für die Stromversorgung prognostiziert, dass die installierten Kapazitäten der Erneuerbaren Energien 2020 bei 122 GW, im Jahr 2030 bereits bei 185 GW liegen. Dies ist im Vergleich zum Status Quo eine Steigerung um 251 Prozent. Windkraft stellt dabei bis einschließlich 2020 das stärkste Segment dar. Dieses wird allerdings 2030 von der Photovoltaik überholt: Während der Anteil der Photovoltaik in diesem Jahr gemäß dem Szenario bei 44 Prozent liegt, stellt die Windkraft fast 43 Prozent der Erneuerbaren Energien in der Stromsparte. Im Gegensatz zu den anderen Szenarien steigt die installierte Kapazität im Bereich Wasserkraft kontinuierlich von 6,2 GW in 2020 auf 6,7 GW in 2030. Zwar ist der Ausbau mit 0,5 GW nicht sehr hoch, dennoch zeigt es, dass in diesem Szenario das Potential der Wasserkraft als nicht ausgeschöpft eingeschätzt wird. Auch der Ausbau der Geothermie wird hier optimistischer als in den anderen Szenarien eingestuft. Die Prognose zeigt, dass 2030 bereits 1,8 GW dieser Technologie installiert sind. Des Weiteren wird der Zubau im Bereich Biomasse relativ optimistisch eingeschätzt. So wird angenommen, dass 2030 16,3 GW installiert sind.

3.2.2 Annahmen der drei Szenarien in der Wärmesparte

Im Bereich der Wärmeerzeugung werden Biomasse, Wärmepumpen und Solarthermie betrachtet. Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) werden hier nicht betrachtet, da sie für die wirtschaftliche Entwicklung bereits im Strombereich berücksichtigt wurden. Sofern in den Technologiekapiteln nicht anders angegeben, wird der Status quo an installierter Leistung für 2010 aus dem aktualisierten Leitszenario (BMU, 2010) übernommen. Da in BReg, 2010 (S1) nur Wärmemengen ausgegeben werden, wird S1 im Verhältnis zu S2 modelliert. D.h., dass die nach S1 erwarteten Wärmemengen (ohne KWK) aus den einzelnen Technologien mit den Wärmemengen (ohne KWK) aus S2 verglichen werden und unter Annahme derselben Auslastung, Wirkungsgrade sowie Untertechnologieverteilung der Zubau in installierter Leistung berechnet wird.⁹ In S1 stellt sich an dieser Stelle problematisch dar, dass lediglich Werte für die Jahre 2008, 2020 und 2030 ausgewiesen werden, weshalb das Szenario für spätere Berechnungen anhand von Trend- und Glättungsverfahren ohnehin stark modelliert werden muss. S1 prognostiziert für das Jahr 2020 eine erzeugte Erneuerbare Wärmeenergie ohne Kraft-Wärme-Kopplung von insgesamt 170 TWh/a. Allein 140 TWh/a sollen auf die Wärmegewinnung aus Biomasseanlagen (ohne KWK) entfallen. Wärmepumpen erreichen prognosegemäß mit knapp 12 TWh/a den geringsten Anteil im Wärmebereich. Bis zum Jahr 2030 wächst die Energiebereitstellung im Wärmebereich gemäß S1 auf etwa 230 TWh/a an, wobei dabei weiterhin die Biomasse mit mehr als 168 TWh/a den Großteil der Energie stellen soll. 38 TWh/a und knapp 24 TWh/a sollen jeweils jährlich aus solarthermischen Anlagen und Wärmepumpen kommen.

⁹ Hierbei kann es zu moderaten Abweichungen von der Ursprungsquelle BReg, 2010 kommen, die allerdings vor dem langfristigen Hintergrund und im Sinne des allgemeinen Vergleichs zu vertreten sind.

In der Wärmesparte wird in S2 davon ausgegangen, dass die Nachfrage nach Wärmeenergie bis 2020 moderat zurückgeht. Etwa 145 TWh/a sollen dabei aus Biomasse, 18 TWh/a aus Wärmepumpen und knapp 20 TWh/a aus Solarthermie-Anlagen gewonnen werden. Bis 2030 steigt die erneuerbare Wärme (ohne KWK) auf 255 TWh/a, wobei die Biomasse nur noch leicht zulegt und der Großteil des Wachstums auf Solarthermie und Wärmepumpen entfallen soll.

Gemäß S3 werden insgesamt über die drei relevanten Segmente 2020 rund 173 TWh Wärme (ohne KWK) erzeugt. Dies entspricht einem Anteil an der gesamten Wärmebereitstellung von 15 Prozent. Davon entfällt der Großteil auf die Biomasse. Bis 2030 steigt die Wärmeerzeugung auf 284 TWh, wobei der Anteil der Solarwärme mit 57 TWh stark gestiegen ist. Der Anteil Erneuerbarer Energien an der gesamten Wärmeerzeugung (ohne KWK) liegt gemäß S3 im Jahr 2030 bereits bei 27 Prozent.

3.3 Internationales Szenario

Das internationale Szenario setzt sich, wie bereits in Kapitel 3.1 beschrieben, aus drei Kernbestandteilen zusammen. Das energy (r)evolution-Szenario nach EREC, 2010, bietet den internationalen Rahmen. Bis 2020 wird die Systempreisentwicklung nach Prognos, 2010, angenommen. Die Systempreisentwicklung für den Zeitraum nach 2020 wird unter Berücksichtigung technologiespezifischer Lernkurven anhand der prognostizierten Bestandsdaten nach EREC, 2010, ermittelt. Der deutsche Markt wird aller Voraussicht nach langfristig nur einen geringen Anteil an der gesamten Weltmarktentwicklung einnehmen. Daher wird hier unterstellt, dass die Entwicklung des deutschen Marktes keinen Einfluss auf die internationale Marktentwicklung ausübt. Im Gegensatz dazu hat die ausländische Nachfrage nach Produkten aus deutscher Herstellung jedoch einen bedeutenden Einfluss auf die Entwicklung der deutschen Hersteller und Zulieferer. Da EREC, 2010, keine Einschätzung über die regionale Verteilung der Wertschöpfung im Sinne der Produktherkunft trifft, muss das internationale Szenario um die erwarteten Exporte für deutsche Hersteller und Zulieferer ergänzt werden. Die internationalen Nachfragewirkungen nach Komponenten und Erneuerbare-Energien-Anlagen aus deutscher Herstellung (Exportumsätze der deutschen Hersteller und Zulieferer) basieren daher ausschließlich auf der Primärerhebung in BMU, 2011.

Die Ergebnisse des BMU resultieren aus einer Primärerhebung, die 2007 durchgeführt wurde. Insgesamt wurde in dieser Befragung eine Marktabdeckung von 67 Prozent erreicht (berechnet auf Basis des Gesamtumsatzes der Erneuerbare-Energien-Branche). Als Ergebnis der Unternehmensbefragung ergeben sich die Exportumsätze für deutsche Hersteller und Zulieferer im Jahr 2007, wie in der unten stehenden Tabelle dargestellt.

Des Weiteren wird in dem internationalen Kontext das Szenario von EREC, 2010, herangezogen. Jedoch hat dieses lediglich im Hinblick auf die Systempreisentwicklung der Erneuerbare-Energien-Anlagen Einfluss auf den deutschen Markt. Bis 2020 werden Systempreise basierend auf Prognos, 2010, angenommen. Ab 2021 werden diese jedoch auf Basis der Zubaudaten von EREC, 2010, modelliert.

Sparte	Technologie	Exporte 2007 in Mrd. Euro[2005]	Weltmarktanteile
Strom	Wasserkraft	0,33	0,6%
	Windenergie	4,50	19,5%
	Photovoltaik	1,40	11,8%
	Geothermie	0,05	3,0%
	Biomasse Strom	0,19	1,1%
	Solartherm. KW	0,12	28,7%
Wärme	Kollektoren (Solarwärme)	0,13	2,2%
	Erdwärme (Wärmepumpen)	0,18	3,5%
	Biomasse Wärme	0,21	1,9%
	Summe Strom	6,59	6,0%
	Summe Wärme	0,52	2,4%
	Summe 2007	7,11	5,4%

Tabelle 7: Deutsche Exporte nach der Unternehmensbefragung 2007 aus BMU, 2011

Demnach generiert die Windenergieindustrie mit viereinhalb Milliarden Euro fast zwei Drittel des Exportumsatzes der gesamten Erneuerbare-Energien-Branche. Knapp ein Fünftel der Exportumsätze entfällt auf die Photovoltaikindustrie. Lediglich eine halbe Milliarde Euro Exportumsatz wurde in der Wärme-Branche generiert. Die befragten Unternehmen wurden weiterhin zu ihren zukünftigen Exporteinschätzungen befragt. Die Exportumsätze bei „verhaltener“ Exporteinschätzung für die Jahre 2020 und 2030 werden unten dargestellt.¹⁰

Sparte	Technologie	Exporte 2020 in Mrd. Euro[2005]	Exporte 2030 in Mrd. Euro[2005]
Strom	Wasserkraft	0,37	0,32
	Windenergie	8,15	9,14
	Photovoltaik	4,44	10,06
	Geothermie	0,11	0,26
	Biomasse Strom	0,41	0,29
	Solartherm. KW	4,56	9,80
Wärme	Kollektoren (Solarwärme)	1,06	1,95
	Erdwärme (Wärmepumpen)	0,48	0,60
	Biomasse Wärme	0,31	0,29
	Summe Strom	18,04	29,87
	Summe Wärme	1,85	2,84
	Summe "verhalten"	19,88	32,71

Tabelle 8: Erwartete deutsche Exporte nach der Unternehmensbefragung 2007 aus BMU, 2011

Die abgebildeten Exportumsätze für die Jahre 2007, 2020 und 2030 stellen die Basis für das Referenzszenario S1 dar. Zwischen diesen Datenerfassungspunkten wird ein linearer Verlauf angenommen. Die Exporte in S2 und S3 werden – wie bereits in Kapitel 3.1 beschrieben – berechnet. Die Heimatmarktentwicklung in S2 und S3 wird zum Referenzszenario ins Verhältnis gesetzt. Mittels einer Logarithmusfunktion wird auf dieser Basis ein Faktor gebildet („Marktmachtfaktor“) der mit den Exporten im Referenzszenario multipliziert wird. Demnach korreliert die Exportentwicklung positiv mit der heimischen Marktentwicklung. Wie in Kapitel 3.1 beschrieben, stellen die Exportumsätze nicht nur einen bedeutenden Anteil an den Umsätzen der deutschen Hersteller und Zulieferer dar, sondern wirken sich auch auf deren Investitionsentscheidungen über den Ausbau oder Erhalt von Fertigungskapazitäten aus.

Wenn auch die gesamte internationale Nachfragewirkung aus BMU, 2011, entwickelt wird, so wird ein internationaler Rahmen benötigt, um die internationale Marktentwicklung u.a. im Hinblick auf die Systempreisentwicklung und die Verbreitung der Technologien abschätzen zu können. Diesen internationalen Rahmen bietet das energy (r)evolution-Szenario in EREC, 2010, wobei nur Datenmaterial für die Zeitpunkte 2007, 2015, 2020, 2030 und 2040 vorliegt. Da jedoch eine jährliche Entwicklung für die Modellanalyse notwendig ist, werden die Zwischenwerte mit Hilfe von Trend- und Medienglättungsverfahren modelliert.

¹⁰ Bei den Exportumsätzen für 2020 und 2030 handelt es sich um eine Detailauswertung der Ergebnisse aus Abbildung 4-16, BMU, 2011, die exklusiv für diese Studie zur Verfügung gestellt wurde.

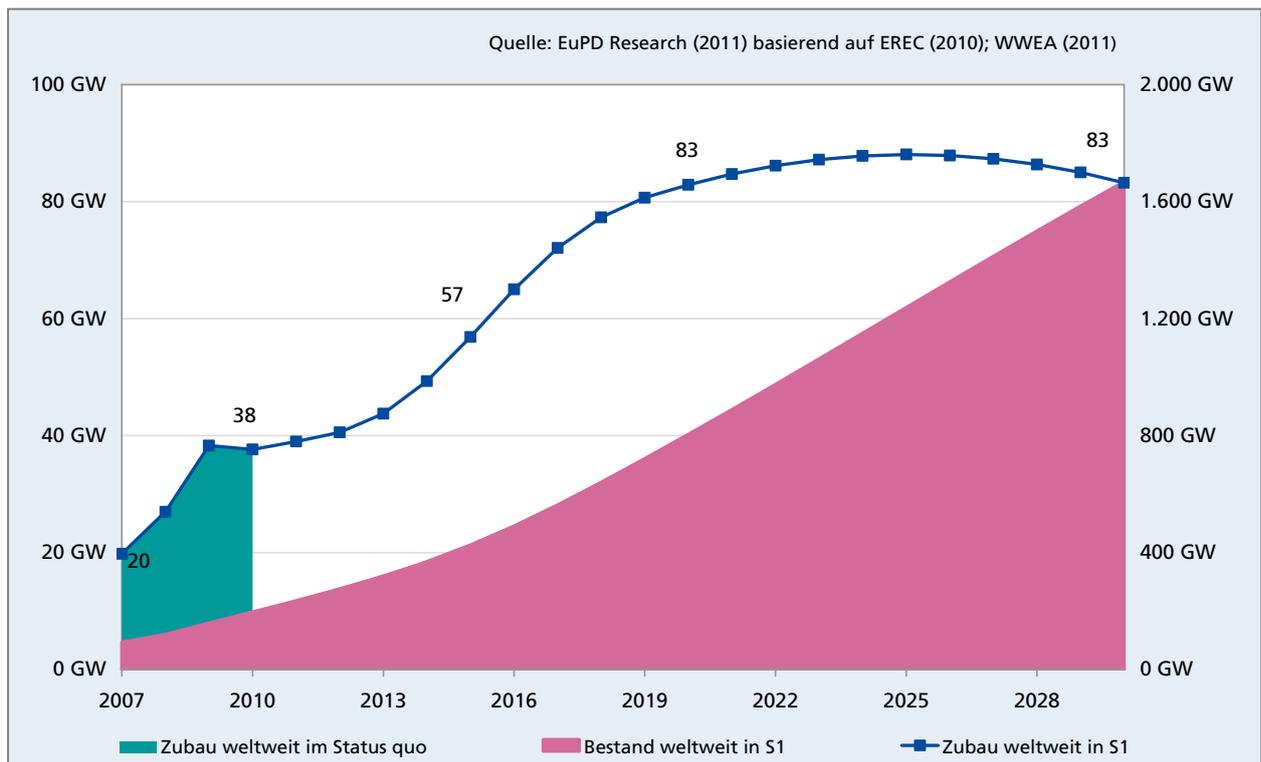
Auch EREC, 2010, wird im Status Quo 2010 durch aktuelle Marktdaten ergänzt, sodass bei der Modellrechnung moderate Abweichungen zu den Ursprungsdaten bestehen können. Das energy (r)evolution-Szenario aus EREC, 2010, wird hier kurz dargestellt.

Das internationale Szenario nach EREC, 2010, wurde ausgewählt, weil es für die gesuchten Haupttechnologien einen umfassenden, weltweiten Ausblick darstellt. Das internationale Szenario soll als „practical blueprint“ laut EREC die Dringlichkeit von CO₂-Einsparungszielen sowie notwendige Maßnahmen zur Sicherung eines erschwinglichen Energieangebots darstellen. Somit zeigt das Szenario auf, welche Maßnahmen global ergriffen werden müssen, um die umweltpolitischen Ziele zu erreichen bzw. um den Wandel zu einer nachhaltigen Energieversorgung umzusetzen. Es ist zu beachten, dass möglichst Daten aus der aktualisierten Version aus dem Jahr 2010 herangezogen werden, teilweise jedoch die des Szenarios aus dem Jahr 2008 verwendet werden müssen, da in dem Bereich Wärme keine Aktualisierung auf globaler Ebene vorgenommen wurde (EREC, 2010; EREC, 2008).

Basis des Szenarios ist die Annahme, dass eine Reihe umweltpolitischer Ziele bis 2050 erreicht werden sollen. So stellt das Hauptziel dar, die CO₂-Emissionen bis 2050 auf 10 Gigatonnen pro Jahr zu senken, um so die globale Erwärmung unter 2°C zu halten. Des Weiteren wird antizipiert, dass ein globaler Ausstieg aus der Kernenergie angestrebt wird. Gleichzeitig wird angenommen, dass alle kostengünstigen erneuerbare Energiequellen für Wärme- und Stromerzeugung verwendet werden. Um die langfristigen Kosten der Technologien Erneuerbarer Energien abschätzen zu können, werden zudem Lernkurven integriert, die den Zusammenhang zwischen der kumulierten Produktionsmenge einer bestimmten Technologie und der Kostenreduktion darstellen.

In der Sparte Strom bilden die Daten des aktualisierten Szenarios aus dem Jahr 2010 die Grundlage. Da die Investitionstätigkeiten in dem Modell aus der installierten Kapazität bzw. dem Zubau abgeleitet werden, stehen diese im Fokus und werden aus den Ergebnissen des energy [r]evolution-Szenarios herausgegriffen. Die Betrachtung der global installierten Kapazität in der Sparte Strom zeigt, dass die kumulierten durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten zwischen fünf Prozent und gut neun Prozent liegen. Dabei ist zu beachten, dass in dem Zeitraum zwischen 2020 und 2030 die Zeitspanne größer ist, weshalb die kumulierte durchschnittliche jährliche Wachstumsrate geringer im Vergleich zum Zeitraum 2015 bis 2020 ausfällt, obwohl der jährliche Zubau höher ist. Insgesamt ist ersichtlich, dass die installierte Kapazität von 1.061 GW auf etwa 4.222 GW steigen wird. Dabei ändert sich die Verteilung der einzelnen Technologien im Hinblick auf ihren jeweiligen prozentualen Anteil. Bis 2020 hat Wasserkraft den größten Anteil (2007: 87 Prozent) an der global installierten Kapazität, danach jedoch Windkraft (2030: 41 Prozent). Insgesamt wird deutlich, dass die Dominanz der Wasserkraft abnimmt und die Anteile der einzelnen Technologien zukünftig gleichmäßiger verteilt sind. Neben der Wasserkraft ist auch die Biomasse in ihrem Wachstum beschränkt. Deren Anteil sinkt von 2,6 Prozent in 2007 auf 1,8 Prozent im Jahr 2030. Im Bereich der Photovoltaik hingegen ist ein starkes Wachstum dahingehend zu verzeichnen, dass jene 2007 lediglich 10 GW global installierte Kapazität stellt, 2030 sind es bereits 1.036 GW. Damit wächst der prozentuale Anteil von 0,6 Prozent (2007) auf 24,5 Prozent (2030). 2007 ist die Photovoltaik noch die kleinste Sparte, 2030 schon die drittgrößte. Abbildung 23 stellt exemplarisch die modellierten Zubau- und Bestandsdaten für die Windkraft dar. Die Status Quo-Daten beruhen auf WWEA, 2011. Demnach wurden 2010 weltweit etwa 38 GW an Windenergieleistung neu installiert.

Abbildung 23: Weltweiter Bestand und Zubau an Windkraft-Anlagen (inkl. Deutschland) im Referenzszenario



In der Wärmesparte erfolgt ein Großteil der Erzeugung über Biomasse. Im Jahr 2010 werden gemäß EREC, 2010 insgesamt etwa 10.555 TWh pro Jahr weltweit erzeugt. Davon entfallen 10.019 TWh/a auf Biomasse, 258 TWh/a auf Solarwärme und 278 TWh/a auf Wärmepumpen. Bis 2020 soll die Wärmeerzeugung aus den drei Technologien auf 14.886 TWh/a steigen. Dabei sinkt der Anteil der Biomasse an der Wärmeerzeugung aus Erneuerbaren Energien auf etwa 79 Prozent. Entsprechend steigen die Anteile der Solarthermie (1.839 TWh/a) und der Wärmepumpen (1.237 TWh/a) voraussichtlich. Im Jahr 2030 erzeugen die drei Technologien Wärme in Höhe von 20.293 TWh/a. Damit erfährt dieser Bereich eine Steigerung von 36 Prozent im Vergleich zu 2020. Dabei soll der Anteil der Biomasse auf 63 Prozent sinken. Solarwärme würde nahezu ein Viertel der Wärmeerzeugung stellen. Der Anteil der Wärmepumpen wächst auf etwa 13 Prozent.

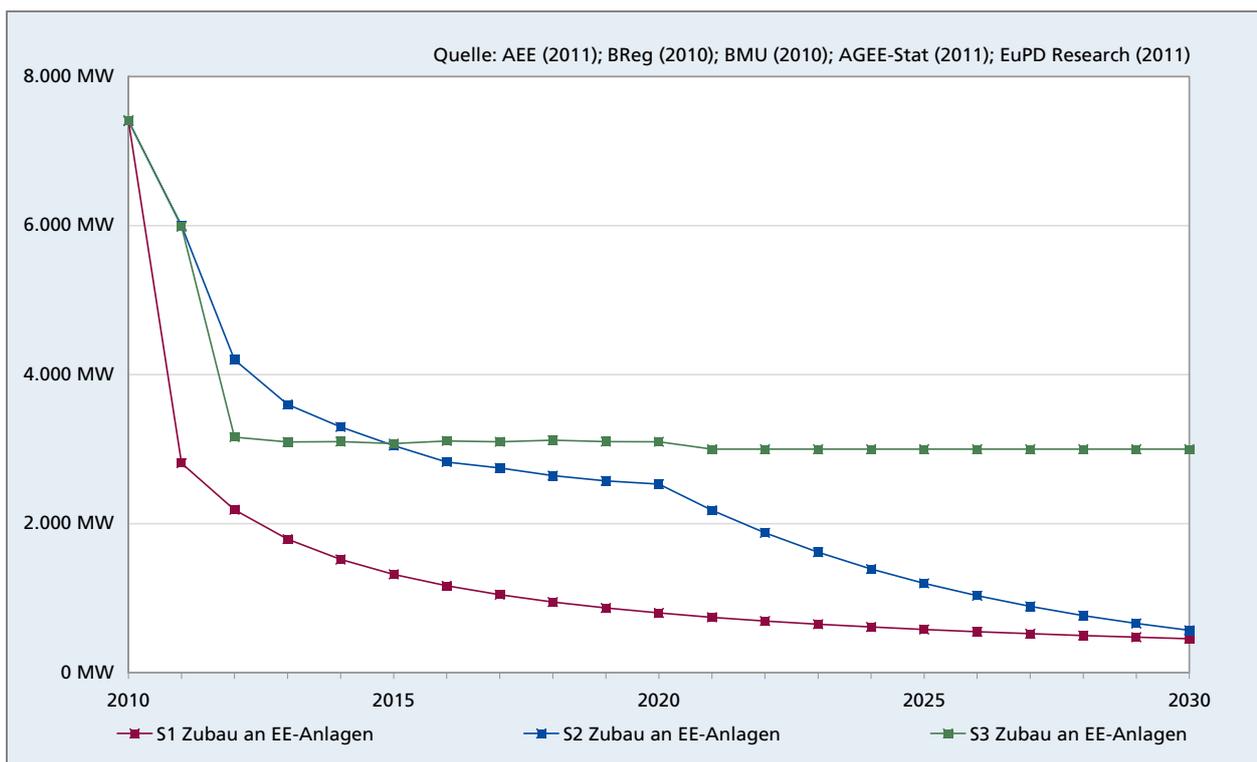
3.4 Photovoltaik

3.4.1 Markt

Die Struktur zur Ermittlung von Bestand und Zubau in der Photovoltaik (PV) erfolgt analog dem in Kapitel 3.1 beschriebenen methodischen Vorgehen.

Der Status Quo-Bestand an PV-Anlagen in Deutschland entspricht den Angaben in AGEE-Stat, 2011 (vgl. Bundesnetzagentur, 2011a; Bundesnetzagentur, 2011b). Die Prognosen bis 2030 werden den jeweiligen Szenarien entnommen. Dabei ist zu beachten, dass die Daten im Referenzszenario S1 nur für 2008, 2020 und 2030 dargestellt sind. Aus diesem Grund wird ihr Verlauf mittels einer Trendfunktion und einem Medienglättungsverfahren modelliert. In der nachfolgenden Abbildung wird der Zubau in Deutschland gemäß den drei Szenarien dargestellt. Der Wertschöpfungsanteil deutscher Hersteller und Zulieferer am Heimatmarkt liegt nach BMU, 2011 bei 35 Prozent und wird wie bei allen Technologien bis 2030 konstant gehalten (vgl. Kapitel 3.1.1.). Der Wertschöpfungsanteil bezieht sich auf die gesamte Wertschöpfungskette und ist um ausländische Vorleistungen bereinigt worden. Darüber hinaus werden alle deutschen Herstellungsstandorte berücksichtigt, unabhängig davon, ob sie einem ausländischen oder inländischen Marken-Hersteller zugerechnet werden.

Abbildung 24: Zubau an PV-Anlagen in Deutschland in den drei Szenarien



3.4.2 Umsatz- und Exportentwicklung

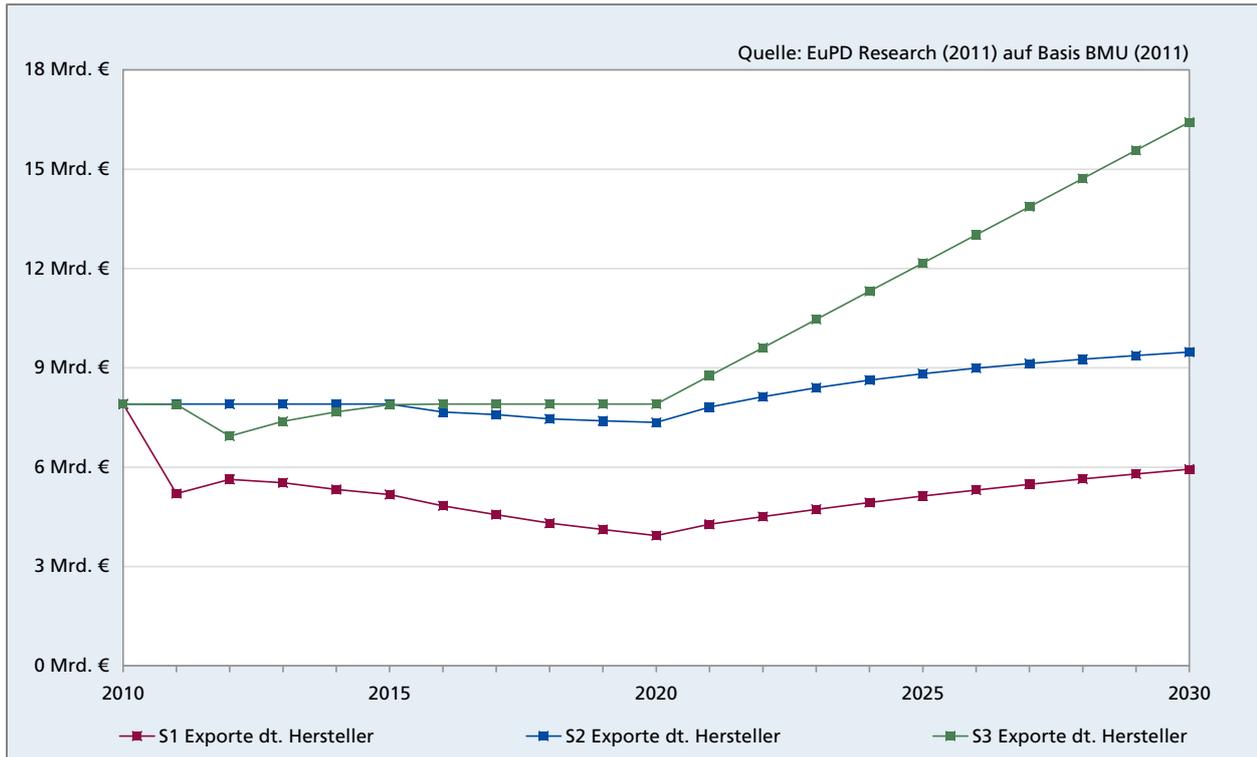
Wie in Kapitel 3.1.1. ausführlich hergeleitet setzt sich der Gesamtumsatz deutscher Hersteller aus dem Auslandsumsatz (Exportumsätze nach BMU, 2011) und dem Inlandsumsatz zusammen. Der Inlandsumsatz entspricht der mit den durchschnittlichen Systempreisen bewerteten inländischen Marktnachfrage unter Berücksichtigung des Wertschöpfungsanteils deutscher Hersteller und des Herstellungskostenanteils. Der Wertschöpfungsanteil bezeichnet den Anteil der auf dem Markt abgesetzten Vor-, Zwischen- und Endprodukte entlang der Wertschöpfungskette einer PV-Anlage, die aus deutscher Produktion

(Wertschöpfung) stammen. Der Herstellkostenanteil, also der Anteil der Systemkosten, der direkt auf den Herstellungsprozess zurückzuführen ist, liegt nach IÖW, 2010 bei etwa 56 bis 57 Prozent. Da in der Photovoltaik speziell die Wertschöpfungsstufen Silizium, Ingot, Wafer, Zelle und Modul aufeinander aufbauen und die Fertigung der Zwischenprodukte oftmals in getrennten Unternehmen stattfindet, summieren sich die Umsätze in diesem Bereich auf. Die inländische Marktnachfrage setzt sich aus der neu installierten Leistung (Zubau) und dem Ersatzbedarf an defekten oder fehlerhaften Komponenten und Bauteilen auf Basis des Vorjahresbestands (Ersatzinvestitionen) zusammen.

Das Investitionsmodell leitet, wie bereits in Kapitel 3.1.2 beschrieben, die Investitionen in PV-Anlagen aus dem Zubau ab. Dabei ist zu beachten, dass sich die Nachfrage nicht nur aus den neu installierten PV-Anlagen ergibt, sondern auch aus dem Ersatzbedarf an Komponenten (Ersatzinvestitionen) für den bestehenden PV-Anlagenbestand. Der Ersatzbedarf leitet sich aus der durchschnittlichen Nutzungsdauer ab. Für PV-Anlagen wird eine Nutzungsdauer von 20 Jahren angenommen, die sich an der AfA-Tabelle für allgemein verwendbare Anlagegüter orientiert (BMF, 2009a). Neben den Instandhaltungs- und Wartungskosten zur Gewährleistung des einwandfreien Betriebs (Wartung, Reparatur, Reinigung und Inspektion) wird Ersatzbedarf in Form des Austauschs von defekten Bauteilen fällig. Vereinfachend wird angenommen, dass jedes Jahr 2,5 Prozent des PV-Anlagenbestandes (bzw. der Komponenten einer PV-Anlage) des Vorjahres ersetzt werden. Dabei ist der Ausschuss von fehlerhaften Bauteilen aus Herstellung, Transport und Installation bereits mitberücksichtigt.

Die gesamte Marktnachfrage und die daraus resultierenden Investitionen in PV-Anlagen (vgl. 3.1.1, Abb. 21) ergeben sich demnach aus dem Zubau an neuen PV-Anlagen und den Ersatzinvestitionen auf den Bestand des Vorjahres. Dieser Zubau bedarf zur Abschätzung der Investitionen einer monetären Bewertung, die sich aus der Preisentwicklung bestehender PV-Systeme ableiten lässt. Da die Systempreise in der Photovoltaik zuletzt enorm gefallen sind, wird die Preisentwicklung bis 2015 anhand von BSW-Solar 2011 modelliert. Bis 2015 schwenkt die Systempreisentwicklung wieder auf den Preisfad von Prognos, 2010 ein. Nach BSW-Solar, 2011 lag der durchschnittliche Systempreis 2010 bei etwa 2.833 Euro je kWp und liegt im Jahresdurchschnitt 2011 (inkl. 3. Quartal) bisher bei 2.389 Euro je kWp. Nach Prognos, 2010 sollte der Systempreis bis 2020 auf 1.500 Euro (ohne MwSt.) fallen. Ab 2020 wird die Preisentwicklung auf Basis einer Lernrate von 21 Prozent nach van Sark et al., 2007, und Nemet, 2009, modelliert. Die Lernrate gibt an, um wie viel Prozent sich der PV-Systempreis voraussichtlich reduzieren wird, wenn sich der weltweite Bestand an PV-Anlagen verdoppelt. Bei einer weltweiten Verdopplung der installierten Leistung an PV-Anlagen sinken die Preise um 21 Prozent aufgrund von Effizienzgewinnen (z.B. durch Skaleneffekte). Die Reduktion der PV-Systempreise nach 2020 entwickelt sich kontinuierlich und anteilig nach dem erwarteten weltweiten Bestand an installierter Leistung nach EREC, 2010. Da das Weltszenario nach EREC, 2010, lediglich Bestandsdaten von wenigen Zeitpunkten enthält, werden die Zwischenwerte anhand einer Trendfunktion gepaart mit einem Medianglättungsverfahren zur Glättung von Ausreißern ermittelt. Die sinkenden Systempreise können einerseits mit erwarteten Effizienzgewinnen im Herstellungsprozess, andererseits mit steigendem Wettbewerbsdruck innerhalb der Branche begründet werden.

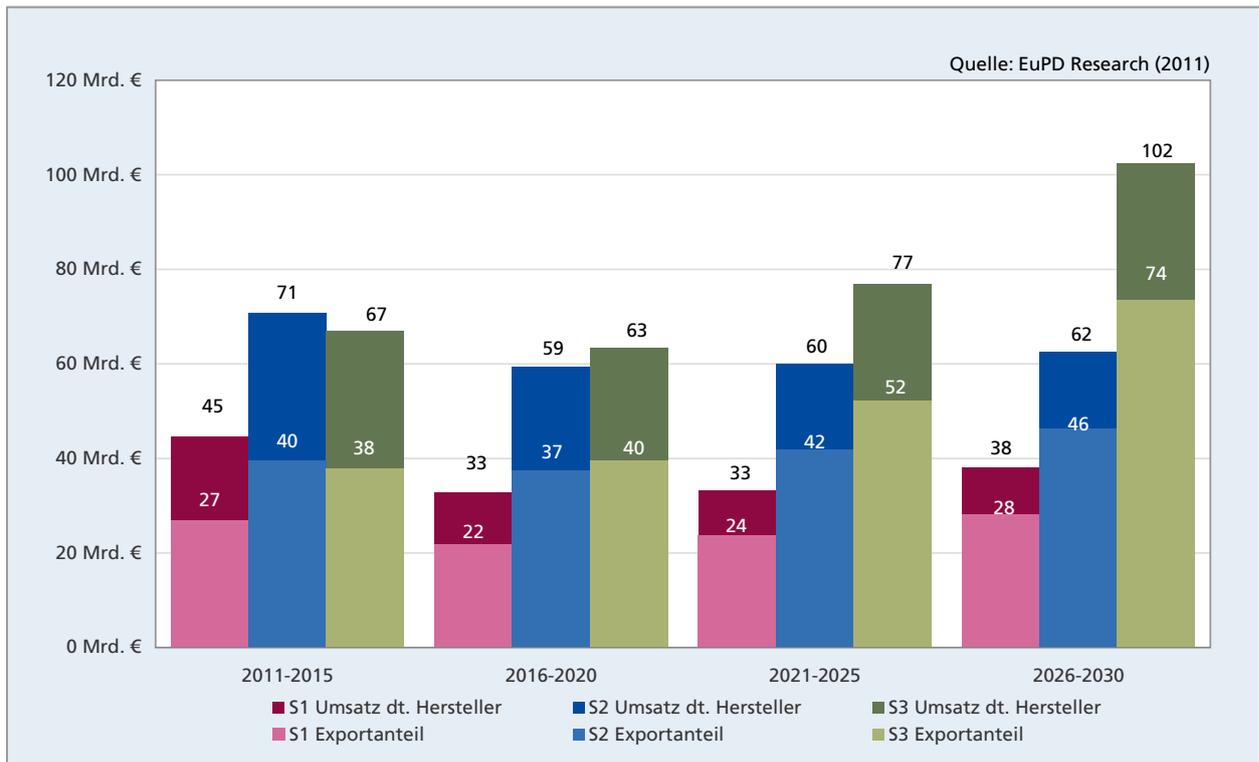
Abbildung 25: Exporte deutscher PV-Anlagen-Hersteller basierend auf BMU, 2011 (Modellergebnisse)



Die Primärerhebung in BMU, 2011 dient als Basis für die Exportentwicklung. Da sich jedoch seitdem insbesondere der Photovoltaikmarkt sehr positiv und deutlich stärker als erwartet entwickelt hat, muss hier eine Anpassung stattfinden. Nach BSW-Solar, 2010 verzeichnete die gesamte deutsche Photovoltaik-Industrie in 2010 Exportumsätze von 10 Milliarden Euro. Hierin sind die Exporterlöse des Maschinenbaus enthalten, der in diesem Zusammenhang jedoch nicht untersucht wird. Abzüglich des Maschinenbaus werden die Exporterlöse in 2010 auf knapp 8 Milliarden Euro geschätzt. Da der deutsche Markt in 2010 einen Boom erlebt und das bisherige Allzeithoch erreicht hat sowie alle Szenarien einen rückläufigen Heimatmarkt prognostizieren, sollten die Exporte nach der in Kapitel 3.3. beschriebenen Methodik tendenziell eher zurück gehen. Die verhaltene Erwartung für 2020 aus BMU, 2011 wird bei linearem Verlauf als Referenzentwicklung angesetzt, die jeweils bei dem Szenario eintritt, welches in einem Jahr den stärksten Zubau verzeichnet. In den anderen beiden Szenarien, die in dem gleichen Jahr eine schwächere Heimatmarktentwicklung verzeichnen, wirkt die in 3.3. erläuterte Logarithmusfunktion zur Modellierung der Exportwirkungen umgekehrt proportional. Explizit bedeutet das, dass die Exportchancen und damit einhergehend die Exportumsätze der heimischen Industrie bis 2015 in S2 stärker wirken als in S3. Ab 2016 ist der Heimatmarkt in S3 mit den prognostizierten jährlichen drei GWp Zubau am stärksten, sodass die stärkste Exportentwicklung ab 2016 in S3 ermittelt wird. Zwischen 2020 und 2030 folgt die Berechnungsmethodik für die Exportumsätze wie in Kapitel 3.3. beschrieben. Demnach orientiert sich die Exportentwicklung im Referenzszenario S1 linear an den erwarteten Exporten bei „verhaltener“ Exporteinschätzung deutscher Unternehmen nach BMU, 2011. Die Exporte in S2 und S3 werden daraufhin mittels der Logarithmusfunktion („Marktmachtfaktoren“) und des Zubaus in den jeweiligen Szenarien berechnet. Explizit sind die positiven Multiplikatoreffekte für S2 und S3 zu berücksichtigen, die die Exportchancen der heimischen Industrie begünstigen, wenn der inländische Markt sich gegenüber dem Referenzszenario S1 stärker entwickelt. Es ist zu beachten, dass bei den Daten für S1 lediglich für die Jahre 2007, 2020 und 2030 Werte ausgewiesen werden, weshalb in den Zwischenzeiträumen ein linearer Verlauf antizipiert wird. Bis 2030 sollten die Exportumsätze je nach Szenario zwischen sechs Mrd. Euro und etwa 16 Mrd. Euro liegen.

Die nachstehende Abbildung zeigt die Umsätze deutscher Hersteller aus inländischer sowie ausländischer Nachfrage für Fünf-Jahres-Zeiträume. Hierbei wird deutlich, dass in S1 und S2 die Umsätze langfristig konstant verlaufen oder moderat steigen. In S3 steigen die Umsätze langfristig deutlich. Explizit sei an dieser Stelle noch auf die anwachsende Prägnanz der Exportanteile in allen drei Szenarien hingewiesen. Im Zeitraum 2011-2015 stellen die Exportumsätze in allen Szenarien weniger als zwei Drittel der Gesamtumsätze dar. Im Zeitraum 2026-2030 beträgt der Exportanteil teilweise – je nach Szenario – sogar knapp 80 Prozent.

Abbildung 26: Umsätze deutscher Hersteller in der PV-Branche (inkl. Exporte) in Mrd. Euro (Modellergebnisse)



3.4.3 Investitionen

Die Gesamtinvestitionen sind die Summe aus den Investitionen in PV-Anlagen und den Investitionen in Fertigungskapazitäten. Die Investitionen in PV-Anlagen entsprechen der mit den durchschnittlichen Systempreisen bewerteten inländischen Marktnachfrage (Zubau an neu installierter Leistung und Ersatzinvestitionen bemessen am Vorjahresbestand).

Demnach ergeben sich aus dem jährlichen Zubau und Ersatzbedarf die Investitionen in PV-Anlagen. Diese werden mit den Systempreisen bewertet. Die Investitionen in Herstellungskapazitäten leiten sich aus der Nachfrage ab. Von den Systemkosten wird die Höhe der Investitionskosten je kW Fertigungskapazität abgeleitet. Der entsprechende Modellansatz wird in Kapitel 3.1.3 dargestellt.

Das Herstellungspreismodell zur Schätzung der Investitionen in die Herstellungskapazitäten in der PV-Branche sieht vor, zunächst die zur Deckung der Nachfrage notwendigen Kapazitäten zu ermitteln und diese darauf folgend monetär zu bewerten. Hierbei müssen auch die Ersatzinvestitionen als Teil der Wartungs- und Instandhaltungskosten berücksichtigt werden. Der Bedarf an Fertigungskapazitäten in Deutschland folgt demnach aus der inländischen und ausländischen Marktnachfrage nach Vorprodukten, Komponenten und PV-Anlagen, die für die Folgejahre erwartet wird.

Die Kosten für die Kapazitätserweiterung von Fertigungsstätten basieren zunächst auf den PV-Systempreisen nach Prognos, 2010. Von diesen werden in einem nächsten Schritt die Herstellkosten abgezogen. Diese werden für PV-Anlagen auf Basis der Kostenstruktur für PV-Klein- und PV-Großanlagen (Aufdach und Freifläche) nach IÖW, 2010, ermittelt. In die Herstellkosten fallen die Kostenanteile für Wechselrichter, Module, Zellen/Absorbermaterial, Wafer (inkl. Ingots) sowie für die Rohstoffaufbereitung.¹¹ Da die Siliziumaufbereitung den mit Abstand größten Anteil sowohl an der gesamten Rohstoffaufbereitung wie auch an den Rohstoffkosten hat und Silizium in der Herstellung relativ günstig ist, werden die Rohstoffkosten in Höhe von zehn Prozent komplett den Herstellkosten hinzugerechnet. Dafür ist die Produktion des Installationsmaterials vernachlässigt worden. Insgesamt ergeben sich geringe Abweichungen in der Kostenstruktur für große und kleine Systeme. Vereinfacht wurde der Mittelwert gewählt, wonach die Herstellkosten 56 Prozent der Systemkosten umfassen.

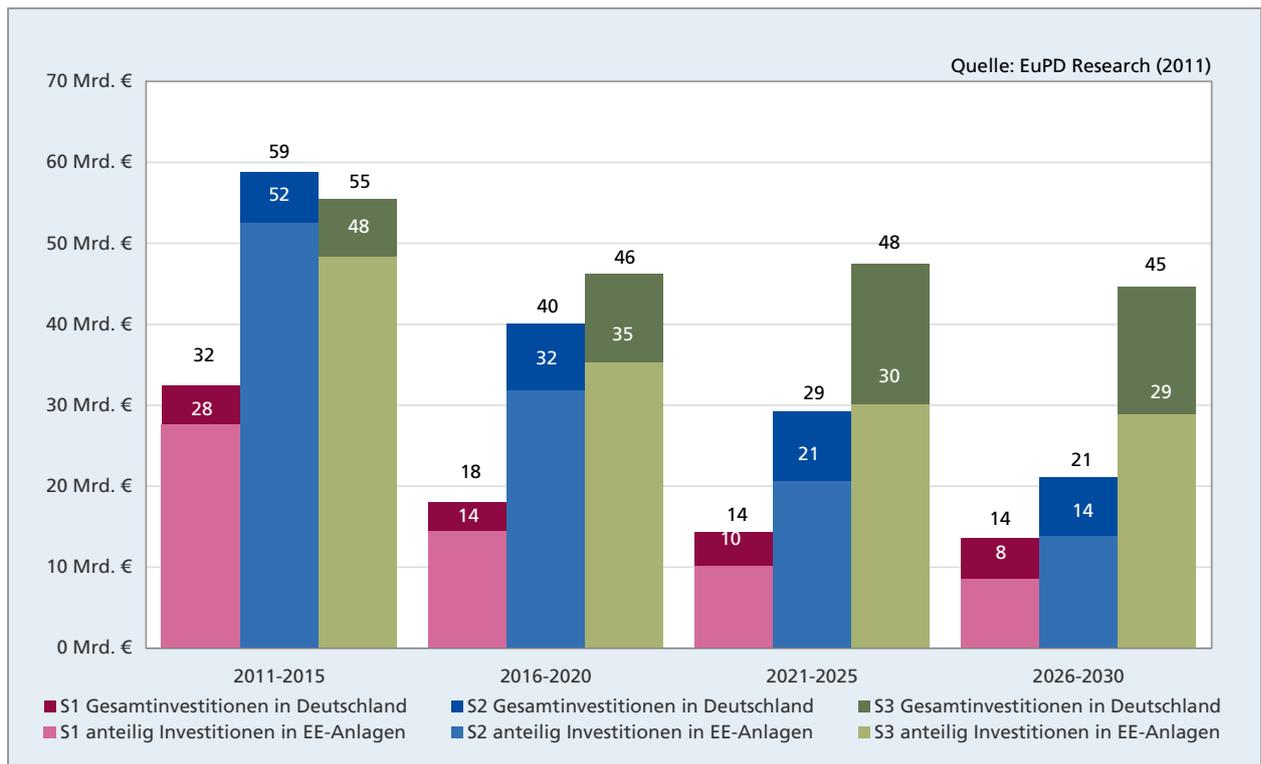
Die Struktur der Arbeitskosten beruht auf Centrotherm, 2009. Die Wertschöpfungsstufen „Ingot“ und „Wafer“ wurden hier auf Basis eigener Daten zusammengeführt. Insgesamt haben die Arbeitskosten demnach einen Anteil von 17 Prozent an den Gesamtkosten im Herstellprozess. Der Anteil der Energiekosten an den Herstellkosten liegt derzeit ebenfalls bei 17 Prozent und wird über den Zeitverlauf entsprechend der Entwicklung des Herstellungsaufwands und der Strompreisentwicklung variiert.

Der Herstellungsenergieaufwand beruht im Status Quo auf einer mittleren energetischen Amortisationszeit von 35 Monaten für PV-Anlagen in Deutschland. Dies ist der Mittelwert aus den beiden bedeutendsten Modultechnologien Mono- und Polykristallin (vgl. Quaschnig, 2011). Der Herstellungsenergieaufwand wird auf Basis der Amortisationszeit, des durchschnittlichen Jahresertrags in sowie des durchschnittlichen Industriestrompreises von 11,6 Cent pro kWh ermittelt. Für 2011 ergibt sich nach AEE, 2011 ein durchschnittlicher Jahresertrag von 847 kWh pro kWp. Es werden Effizienzgewinne im Herstellungsprozess unterstellt, die sich an der Entwicklung steigender mittlerer Jahreserträge für PV-Anlagen in Deutschland nach AEE, 2011, orientieren. Die Industriestrompreissteigerung nach BMU, 2008, reduziert diese Effizienzgewinne jedoch merklich. Dennoch sinkt im Ergebnis die durchschnittliche Amortisationszeit für Deutschland in 2020 auf 30 Monate. Alle weiteren Kostenfaktoren weichen nicht von den Annahmen in Kapitel 3.1.3 ab.

Letztlich lassen sich die Gesamtinvestitionen als Summe aus den Investitionen in PV-Anlagen sowie den Investitionen in Fertigungskapazitäten jeweils inklusive der Ersatzinvestitionen bestimmen. Abbildung 27 zeigt die Gesamtinvestitionen in der PV-Branche in allen drei Szenarien kumuliert über fünf Jahre. Die dunklen Bereiche der Säulen stellen dabei die in diesem Kapitel erläuterten Investitionen in Herstellungskapazitäten dar. Die hellen Teile hingegen sind die Investitionen in PV-Anlagen. Es wird deutlich, dass in allen drei Szenarien bis 2015 die Investitionen in PV-Anlagen zumeist einen größeren Anteil an den Gesamtinvestitionen ausmachen. Ab 2020 sinkt der Anteil und die Investitionen in Herstellungskapazitäten werden gewichtiger. Zudem fällt auf, dass in S1 und S2 die Gesamtinvestitionen über die Zeit sinken. Lediglich in S3 unterliegen diese zwar geringen Schwankungen, sind aber dennoch über den Betrachtungszeitraum auf hohem Niveau relativ stabil.

¹¹ Für eine ausführlichere Darstellung der PV-Wertschöpfungskette siehe u.a. EuPD Research, 2009.

Abbildung 27: Gesamtinvestitionen der PV-Branche in Deutschland in Mrd. Euro (Modellergebnisse)



Resümierend lässt sich für die PV-Branche in Deutschland feststellen, dass sich die langfristige Entwicklung aus Sicht der Unternehmensumsätze, aber auch aus Sicht der Investitionen sehr positiv darstellt. An den langfristig steigenden Umsätzen nimmt der Anteil der Exporte zu, was darauf hindeutet, dass das in Deutschland gewonnene Know-How bzw. die Produkte im Ausland nachgefragt werden. Zwar sinken im Gegensatz dazu die Gesamtinvestitionen langfristig in geringem Maße, jedoch ist dies darauf zurückzuführen, dass die Branche bereits sehr weit fortgeschritten ist und so kurzfristig ein starker Zubau stattfindet. Infolge der großen ausländischen Nachfrage steigt langfristig auch der Anteil der Investitionen in Fertigungskapazitäten an den Gesamtinvestitionen.

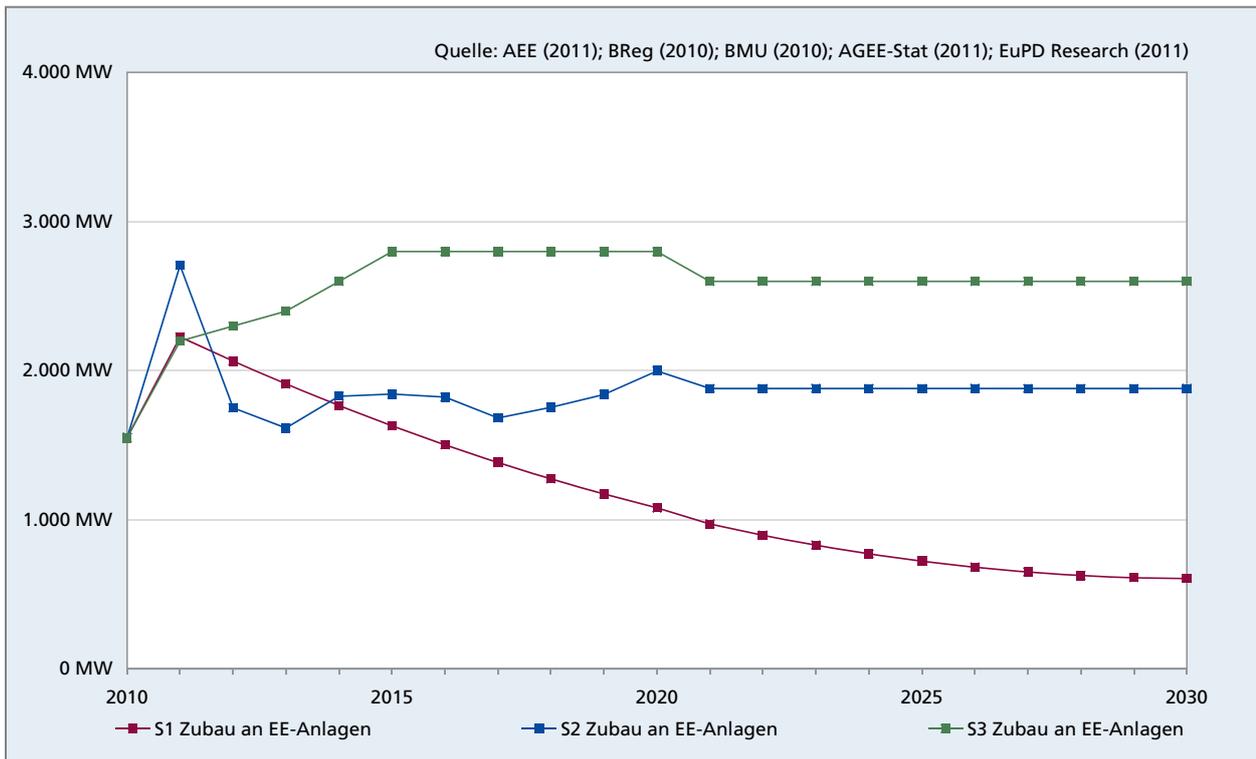
3.5 Wind

3.5.1 Markt

Zur Berechnung des Windmarktes wird auf nationaler sowie internationaler Ebene das in Kapitel 3.1 beschriebene Modell angewandt. Demnach wird die Exportentwicklung in den drei Szenarien S1, S2 und S3 auf Basis von BMU, 2011, modelliert.

Abbildung 28 zeigt den Zubau in Deutschland. Der Status Quo-Bestand an Windkraft-Anlagen in Deutschland basiert auf AGEE-Stat, 2011 (vgl. DEWI, 2011, Bundesnetzagentur, 2011a). Auch im Bereich der Windenergie werden die Daten im Referenzszenario S1 aufgrund der ausgewiesenen Zeitpunkte 2008, 2020 und 2030 mittels einer Trendfunktion sowie einer Medienglättung ermittelt. Demnach ergibt sich für das Referenzszenario S1 eine Degression des Zubaus von 2010 bis 2030. Der Zubau an Windkraft-Anlagen in Deutschland ist in S2 und S3 relativ konstant über den Betrachtungszeitraum.

Abbildung 28: Zubau an Windkraft-Anlagen in Deutschland in den drei Szenarien

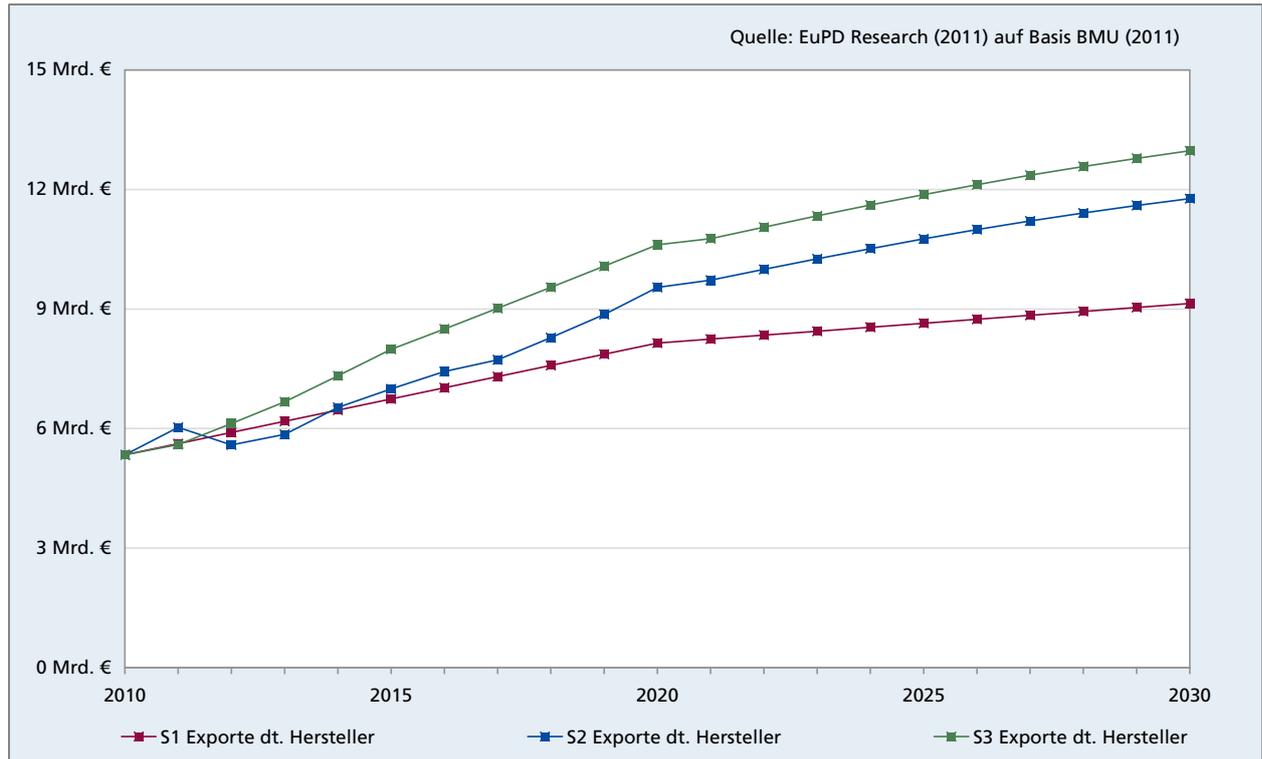


3.5.2 Umsatz- und Exportentwicklung

Der Gesamtumsatz deutscher Hersteller setzt sich aus dem Auslandsumsatz (Exportumsätze nach BMU, 2011) und dem Inlandsumsatz zusammen. Der Inlandsumsatz wird aus der mit den durchschnittlichen Systempreisen bewerteten inländischen Marktnachfrage unter Berücksichtigung des Wertschöpfungs- und Herstellungskostenanteils ermittelt. Der Wertschöpfungsanteil bezeichnet den Anteil der auf dem Markt abgesetzten Vor-, Zwischen- und Endprodukte entlang der Wertschöpfungskette einer Windkraft-Anlage, die aus deutscher Produktion (Wertschöpfung) stammen. Der Herstellungskostenanteil stellt den Anteil der Systemkosten dar, der direkt auf die Herstellungsprozesse zurück zu führen ist. Die inländische Marktnachfrage setzt sich aus der neu installierten Leistung (Zubau) und dem Ersatzbedarf an defekten oder fehlerhaften Komponenten und Bauteilen auf Basis des Vorjahresbestands (Ersatzinvestitionen) zusammen.

Die Exporte werden in Bezug auf S1 gemäß der Stärke des Heimatmarktes errechnet (siehe Kapitel 3.1). Auch hierbei sind die positiven Multiplikatoreffekte zu beachten, die sich für den heimischen Markt ergeben, wenn der inländische Markt sich gegenüber S1 stärker entwickelt. Die nachstehende Abbildung zeigt die Exportentwicklung bis 2030. Dabei wird deutlich, dass die Exporte deutscher Hersteller in allen drei Szenarien langfristig steigen, wobei S3 das exportstärkste Szenario darstellt. Liegen die Exporte in den drei Szenarien bis 2013 noch relativ nah beieinander, vergrößert sich der Abstand zunehmend bis 2030. Im letzten Jahr des Betrachtungszeitraums zeigen die Exporte eine Schwankungsbreite zwischen 9 Mrd. Euro in S1 und über 12 Mrd. Euro in S3 auf.

Abbildung 29: Exporte deutscher Windkraft-Anlagen-Hersteller basierend auf BMU, 2011 (Modellergebnisse)



Nach BMU, 2011 liegt der Wertschöpfungsanteil deutscher Hersteller am heimischen Markt für Wind-Onshore bei etwa 71 Prozent und für Wind-Offshore bei 80 Prozent. Der Herstellkostenanteil liegt nach IÖW, 2010 bei mehr als 71 Prozent. Die Zwischenprodukte der einzelnen Bauteile werden zumeist im selben Unternehmen gefertigt, so dass hier keine zusätzlichen Umsätze entstehen. Die inländischen Umsätze errechnen sich demnach aus Investitionen in Windkraft-Anlagen inklusive notwendiger Ersatzinvestitionen unter Berücksichtigung der Wertschöpfungs- und Herstellkostenanteile deutscher Hersteller.

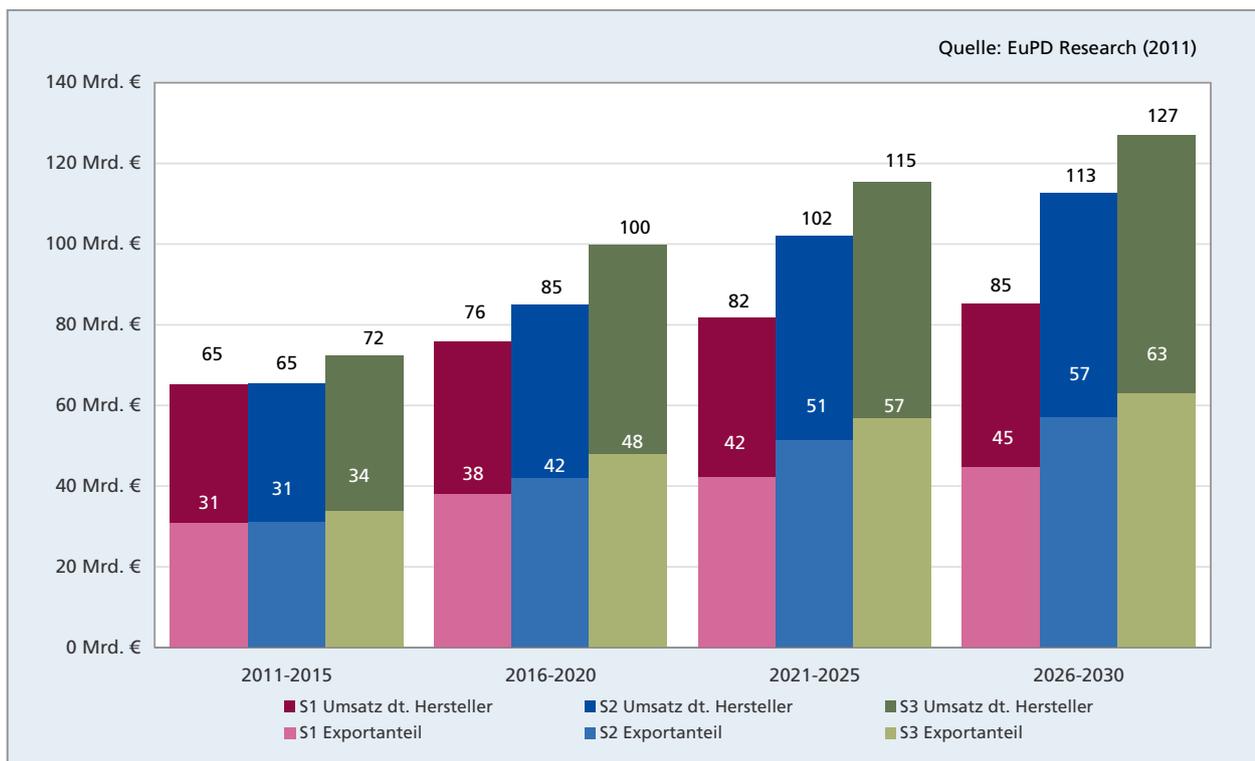
Die jährlichen Instandhaltungs- und Wartungskosten bemessen sich nach dem Anlagenbestand des Vorjahres und leiten sich aus der gesetzlichen Abschreibungspflicht ab, die 16 Jahre beträgt (BMF, 2009a). Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Hälfte der Kosten für Instandhaltung und Wartung auf die Wartung, Reparatur, Reinigung und Inspektion aufgewendet wird. Die andere Hälfte entfällt auf den Ersatzbedarf an Komponenten und Einzelteilen für eine Windkraft-Anlage. Daraus folgt, dass jedes Jahr Ersatzinvestitionen in Höhe von 3,125 Prozent des Vorjahresbestands getätigt werden. Infolge des hohen Anlagenbestandes nehmen die Ersatzinvestitionen in Windkraft-Anlagen einen erheblichen und zukünftig steigenden Teil der Nachfrage ein.

Der Markt für Windkraft-Anlagen in Deutschland besteht aus neuen Anlagen und Ersatzinvestitionen in bestehende Anlagen. Um diese Investitionen monetär zu bewerten, wird die Systempreisentwicklung bis 2020 nach Prognos, 2010, angenommen. Die Systempreise setzen sich zusammen aus angenommener Bestandsverteilung zwischen Onshore- und Offshore-Windkraft-Anlagen nach AEE, 2011. Da in 2010 der Anteil von Wind offshore am Bestand nur knapp vier Prozent der insgesamt in Deutschland installierten Leistung ausmacht, ist der Einfluss auf den Durchschnittspreis in 2010 gering. Es ergibt sich ein Systempreis von 1.200 Euro (ohne MwSt.). Aufgrund des steigenden Anteils von Offshore-Windkraft-Anlagen bis auf 36 Prozent (AEE, 2011) steigt der Durchschnittspreis auf knapp über 1.500 Euro, obwohl die Systempreise für beide Technologien einzeln betrachtet fallen (Prognos, 2010). Ab 2020 wird die Preisentwicklung auf Basis

einer Lernrate von neun Prozent nach Wiser & Bolinger, 2010, und den internationalen Daten mit Status Quo nach WWEA, 2011 und Entwicklung nach EREC, 2010, modelliert.¹²

Die Umsätze deutscher Hersteller aus dem inländischen sowie ausländischen Markt werden in Abbildung 30 dargestellt. Insgesamt steigen die Umsätze kontinuierlich in allen drei Szenarien. Somit ergeben sich letztlich Umsätze aus deutscher und ausländischer Nachfrage wie folgt. In S1 fällt der Anstieg der Gesamtumsätze relativ gering aus, wobei der Anteil der Exporte langfristig steigend ist. In S2 und S3 hingegen steigen die Gesamtumsätze kontinuierlich über den Zeitverlauf. Hierbei bleiben die Exportanteile relativ konstant.

Abbildung 30: Umsätze deutscher Hersteller in der Windkraft-Branche (inkl. Exporte) in Mrd. Euro (Modellergebnisse)



3.5.3 Investitionen

Die Gesamtinvestitionen sind die Summe aus den Investitionen in Windkraft-Anlagen und den Investitionen in Fertigungskapazitäten. Die Investitionen in Windkraft-Anlagen entsprechen der mit den durchschnittlichen Systempreisen bewerteten inländischen Marktnachfrage (Zubau an neu installierter Leistung und Ersatzinvestitionen bemessen am Vorjahresbestand).

Um die Gesamtinvestitionen in der Windenergie-Branche abschätzen zu können, bedarf es zunächst einer Bepreisung der Herstellungskapazitäten. Basis dessen sind die Systempreise nach Prognos, 2010. Da die hohen Systempreise für Offshore-Anlagen hauptsächlich aus den hohen Installationskosten auf See resultieren, werden zur Ermittlung der Herstellungskosten nur die Systempreise für Onshore-Anlagen berücksichtigt.

¹² Isles, 2006 errechnet auf Basis von Angaben zu Windparkpreisen zwischen 1991 und 2006 aus acht EU-Staaten eine Lernrate von 3 Prozent für die Offshore-Windenergie. Vor dem Hintergrund der bis dato geringen Marktreife der Offshore-Technologie sind in Zukunft deutlichere Effizienzgewinne zu erwarten, sodass hier vereinfachend für die Offshore-Windenergie dieselbe Lernrate angesetzt wurde wie für Onshore-Windenergieanlagen in Wiser & Bolinger, 2010.

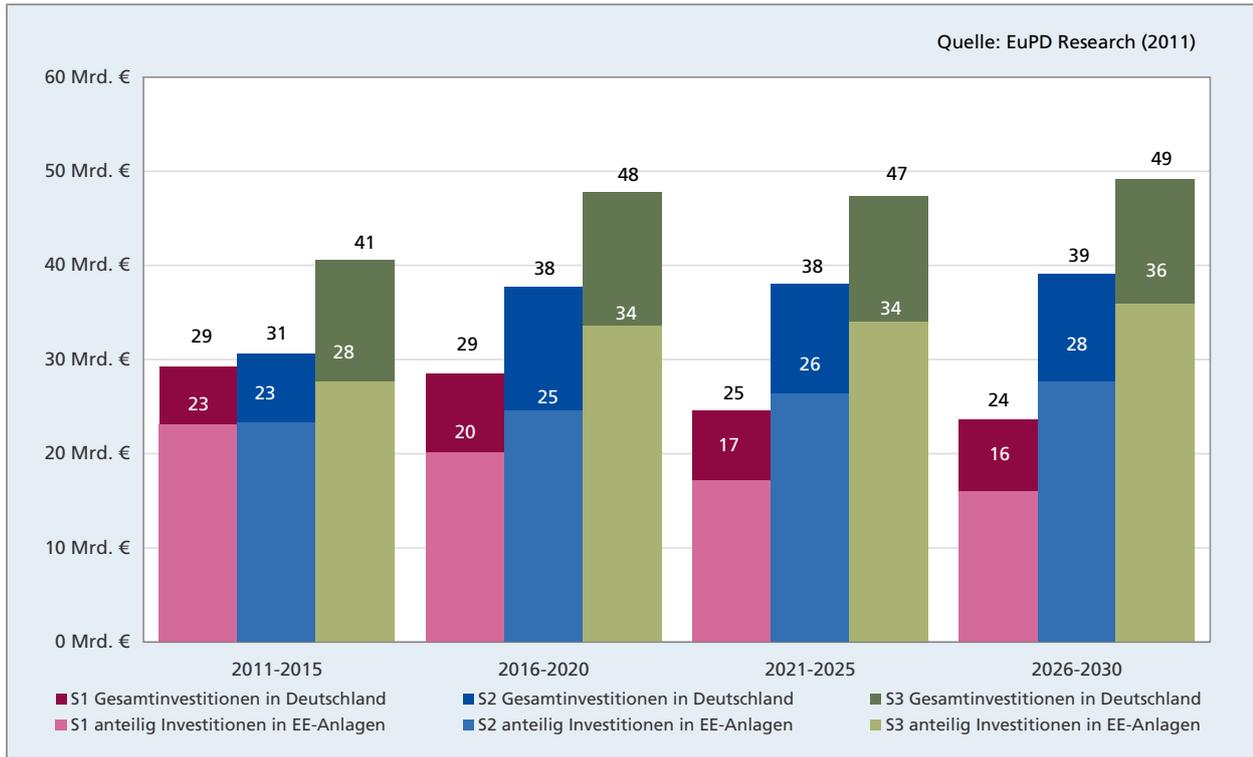
Von diesen Systempreisen muss im nächsten Schritt der Anteil der Herstellkosten abgezogen werden. Die Ermittlung des Herstellkostenanteils für Windkraft-Anlagen erfolgt auf Basis der Kostenstruktur für Onshore-Anlagen. Die Kostenstruktur für Repowering-Anlagen (IÖW, 2010, Tab. 3.8) ist im Hinblick auf die Herstellkosten identisch zu IÖW, 2010, Tab. 3.1 für Wind-Onshore. Demnach entfallen abzüglich von Montage- und Logistikkosten etwa 72 Prozent der Gesamtkosten auf die Herstellkosten. Bei Aufschlüsselung der Wertschöpfungskette nach IÖW, 2010, wird deutlich, dass die Kosten für Turm, Rotorblätter und Getriebe mit etwa 68 Prozent den Hauptanteil an den Herstellkosten ausmachen.

Die Arbeitskostenstruktur beruht auf IÖW, 2010b, und der WZ 2008-Klassifikation nach Destatis, 2011. Unter Berücksichtigung der Kostenstruktur nach IÖW, 2010, werden die Arbeitskosten entsprechend der WZ-Klassifikation anteilig berücksichtigt. Als Summe ergibt sich ein durchschnittlicher Arbeitskostenanteil von etwa 22 Prozent. Der Anteil der Energiekosten an den Herstellkosten liegt derzeit bei etwa neun Prozent. Er wird über den Betrachtungszeitraum gemäß entsprechend der Entwicklung des Herstellungsaufwands und der Strompreisentwicklung variiert.

Nach Quaschnig, 2011, beträgt die mittlere Amortisationsaufwand im Status Quo fünf Monate. Darauf basiert der Herstellungsenergieaufwand für Windkraft-Anlagen in Deutschland. Zudem werden Effizienzgewinne im Herstellungsprozess unterstellt, die sich an der Entwicklung steigender mittlerer Jahreserträge für Windkraft-Anlagen in Deutschland nach AEE, 2011, orientieren (in 2010: durchschnittlicher Jahresertrag von 1.400 kWh pro installiertem kW). Derzeit müssen Windkraft-Anlagen bei hohen Windgeschwindigkeiten oftmals vom Stromnetz genommen werden, um eine Überlastung des Stromnetzes zu Windpeak-Zeiten zu vermeiden (Abschaltzeiten). Im Zuge des angestrebten starken Ausbaus der Hoch- und Höchstspannungsnetze in Deutschland werden die Windkraft-Anlagen bei hohen Windstärken in Zukunft seltener abgeschaltet. Der angenommene Anstieg der Volllaststunden wird jedoch nur zum Teil durch abnehmende Abregelungen erreicht. Der weitaus bedeutendere Teil ist auf den zunehmenden Anteil von Anlagen zurückzuführen, die mit nur leicht steigender Leistung einen überproportional gesteigerten Stromertrag erbringen - dank größerer Rotorfläche und Nabenhöhe. Außerdem steigt die durchschnittliche Volllaststundenzahl durch den höheren Anteil der Offshore-Anlagen und durch das Repowering relativ ineffizienter alter Onshore-Anlagen. Für die Zukunft wird ein Anstieg des durchschnittlichen jährlichen Stromertrags auf 2.400 kWh pro kW (AEE, 2011) angenommen. Als Ergebnis sinkt die durchschnittliche Amortisationszeit für Deutschland in 2020 auf etwa drei Monate. Alle weiteren Kostenfaktoren weichen nicht von den Annahmen in Kapitel 3.1.3 ab.

Letztlich ergeben sich aus der Nachfrage und den daraus resultierend benötigten Investitionen in Herstellungskapazitäten die Gesamtinvestitionen in der Windenergie-Branche. In der folgenden Abbildung sind die Investitionen in Fertigungskapazitäten als dunkle Balken und die Investitionen in Windkraft-Anlagen als helle Balken dargestellt. Im Referenzszenario S1 sinken die Gesamtinvestitionen über den Zeitverlauf, wobei der Anteil der Investitionen in Windkraft-Anlagen relativ konstant bleibt. In den anderen beiden Szenarien hingegen steigen die Gesamtinvestitionen. S2 weist für den Zeitraum 2011 bis 2015 ein Investitionsvolumen von ca. 31 Mrd. Euro an, im Zeitraum 2026 bis 2030 liegt dieses bereits bei knapp 39 Mrd. Euro. In S3 steigt das Volumen ebenfalls an. Zu beachten ist dabei, dass sich der Anteil der Investitionen in Windkraft-Anlagen erhöht, was auf den starken prognostizierten Ausbau der Offshore-Windenergie zurückgeführt werden kann.

Abbildung 31: Gesamtinvestitionen der Windkraft-Branche in Deutschland in Mrd. Euro (Modellergebnisse)



Zusammenfassend ist die zukünftige Entwicklung der Windenergie-Branche sehr positiv zu bewerten. Im Rahmen der abgebildeten Szenarien wird ein Anstieg der Umsätze mit einer hohen Exportquote deutscher Hersteller antizipiert. Die Betrachtung der Gesamtinvestitionen verdeutlicht, dass diese in den Szenarien sehr unterschiedlich ausfallen. Dabei ist der Anteil der Investitionen in Fertigungskapazitäten relativ konstant. Die unterschiedliche Entwicklung zwischen den Szenarien ist u.a. auf die verschiedenen Annahmen der Szenarien im Hinblick auf das Potential der Offshore-Windenergie zurückzuführen.

3.6 Geothermie

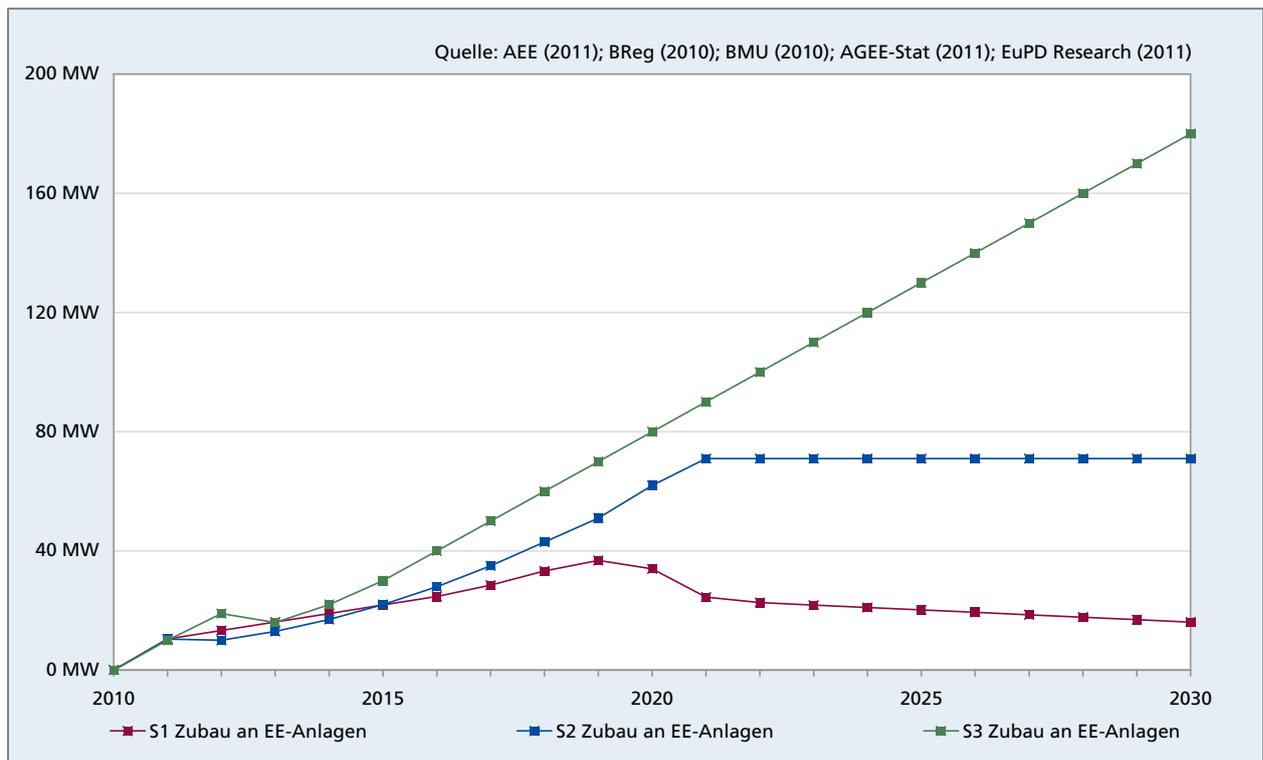
3.6.1 Markt

In diesem Kapitel wird nur die geothermische Stromerzeugung (Tiefengeothermie) behandelt. Das Potential für die tiefengeothermische Kraft-Wärme-Kopplung kann in diesem Rahmen nur ansatzweise berücksichtigt werden. Die geothermische Stromerzeugung wird im Folgenden auch unter dem Oberbegriff „Geothermie“ behandelt. Das methodische Vorgehen wird in Kapitel 3.1 beschrieben.

Die geothermische Stromerzeugung steht in Deutschland noch am Anfang ihrer kommerziellen Nutzung. Nach AGEE-Stat, 2011, waren in 2010 deutschlandweit insgesamt 6,6 MW an elektrischer Leistung installiert. Gemäß einer Studie des Büros für Technikfolgenabschätzung des deutschen Bundestages liegt das Potential der geothermischen Stromerzeugung bei ca. 60 Prozent des Stromverbrauchs in Deutschland (vgl. Wirtschaftsforum Geothermie e.V., 2011). Darüber hinaus wird in Zukunft angesichts steigender Anteile fluktuierender erneuerbarer Einspeisung die Bereitstellung von Ausgleichs- und Regenergie immer wichtiger. Da die Geothermie diese Funktion übernehmen kann, ist der geothermisch erzeugte Strom fester Bestandteil langfristiger Energieszenarien. Demgemäß sehen alle Szenarien einen deutlichen Ausbau der Geothermie vor. Es bestehen jedoch deutliche Unterschiede zwischen den Szenarien, wie Abbildung 32 zum erwarteten jährlichen Zubau an elektrischer Leistung verdeutlicht. Im Referenzszenario S1 muss – wie bei den anderen Technologien – der Zubau modelliert werden, da nur die Zeitpunkte 2008, 2020 und 2030 explizit

ausgewiesen werden. Der Bestand in Deutschland basiert bzgl. des Status Quo auf AEE, 2011, wobei diese Angaben denen in BMU, 2010, entsprechen. Dabei wird deutlich, dass sich die Prognosen bis 2020 noch relativ ähnlich sind. Im weiteren Verlauf unterscheiden sich die erwarteten Zubauzahlen jedoch zunehmend. Während in S3 die jährlich neu installierte Leistung bis 2030 linear ansteigt, sehen S1 und S2 Obergrenzen vor. Nach 2020 sinkt (S1) bzw. flacht (S2) der Markt an Neuinstallationen ab.

Abbildung 32: Zubau an Geothermie-Anlagen in Deutschland in den drei Szenarien



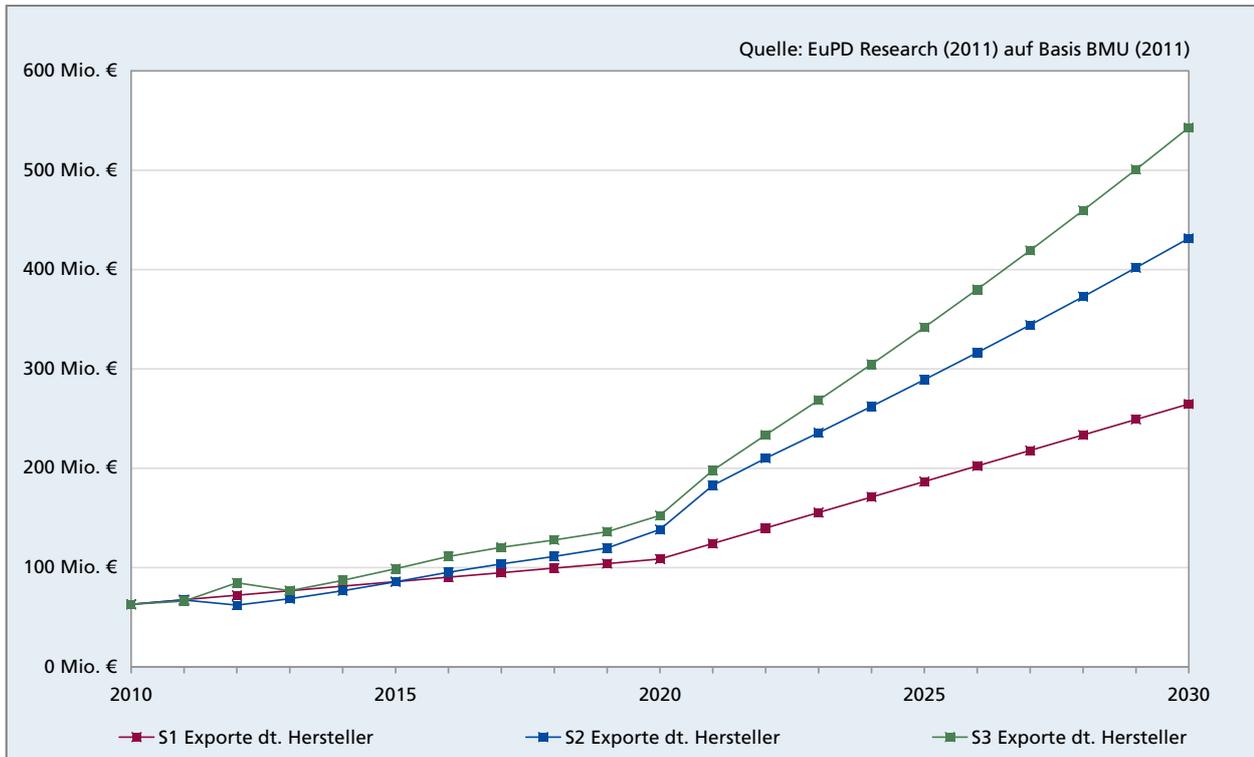
Auch weltweit nimmt die Bedeutung der Geothermie zu. Aktuell beträgt die weltweit installierte elektrische Leistung in 24 Ländern über 10 GW. Zudem sind derzeit weltweit Projekte (oberflächennahe und tiefe Geothermie) mit mehr als 9 GW in Planung bzw. im Bau. Insgesamt wird bereits in 24 Ländern Geothermie zur Stromerzeugung genutzt, wobei Länder wie Costa Rica, El Salvador, Island, Kenia und die Philippinen bereits zwischen 15 und 22 Prozent des Landesbedarfs an Strom aus der Geothermie gewinnen (Wirtschaftsforum Geothermie e.V., 2011; Bruhn, 2011).

3.6.2 Umsatz- und Exportentwicklung

Der Gesamtumsatz deutscher Hersteller setzt sich aus dem Auslandsumsatz (Exportumsätze auf Basis von BMU, 2011) und dem Inlandsumsatz zusammen. Der Inlandsumsatz entspricht der mit den durchschnittlichen Systempreisen bewerteten inländischen Marktnachfrage unter Berücksichtigung der Wertschöpfungs- und Herstellkostenanteile deutscher Hersteller. Der Wertschöpfungsanteil bezeichnet den Anteil der auf dem Markt abgesetzten Vor-, Zwischen- und Endprodukte entlang der Wertschöpfungskette einer Geothermie-Anlage, die aus deutscher Produktion (Wertschöpfung) stammen. Der Herstellkostenanteil ist als der Anteil der Systemkosten definiert, der direkt auf die Herstellungsprozesse zurück zu führen ist. Die inländische Marktnachfrage setzt sich aus der neu installierten Leistung (Zubau) und dem Ersatzbedarf (Ersatzinvestitionen) an defekten oder fehlerhaften Komponenten und Bauteilen auf Basis des Vorjahresbestands zusammen.

Die Exporte werden in Bezug auf S1 in Abhängigkeit von der Heimatmarktentwicklung errechnet (vgl. Kapitel 3.1). Die nachfolgende Abbildung stellt die Exportentwicklung in den verschiedenen Szenarien dar. Hierbei ist ersichtlich, dass die Exporte bis 2020 moderat steigen und danach in Abhängigkeit des Szenario zum Teil deutlich anwachsen. Liegen die Exporte 2015 noch unter 100 Mio. Euro, steigen diese bis 2030 stark an – teilweise um das Fünffache (S3).

Abbildung 33: Exporte deutscher Geothermie-Anlagen-Hersteller basierend auf BMU, 2011 (Modellergebnisse)



Die inländische Umsatzentwicklung ermittelt sich aus der inländischen Marktnachfrage nach Komponenten und Anlagen (Zubau und Ersatzbedarf) aus deutscher Fertigung. Hier muss der Wertschöpfungsanteil deutscher Hersteller und Zulieferer im Sinne des Anteils an allen Vor-, Zwischen- und Endprodukten entlang des Wertschöpfungsprozesses berücksichtigt werden. Der Wertschöpfungsanteil beläuft sich nach BMU, 2011 auf 87 Prozent (vgl. Kapitel 3.1.1.). Der Herstellkostenanteil liegt nach eigener Einschätzung auf Basis von Expertenaussagen bei etwa 60 Prozent. Die Umsätze von Zwischenprodukten für Bauteile sind vernachlässigbar.

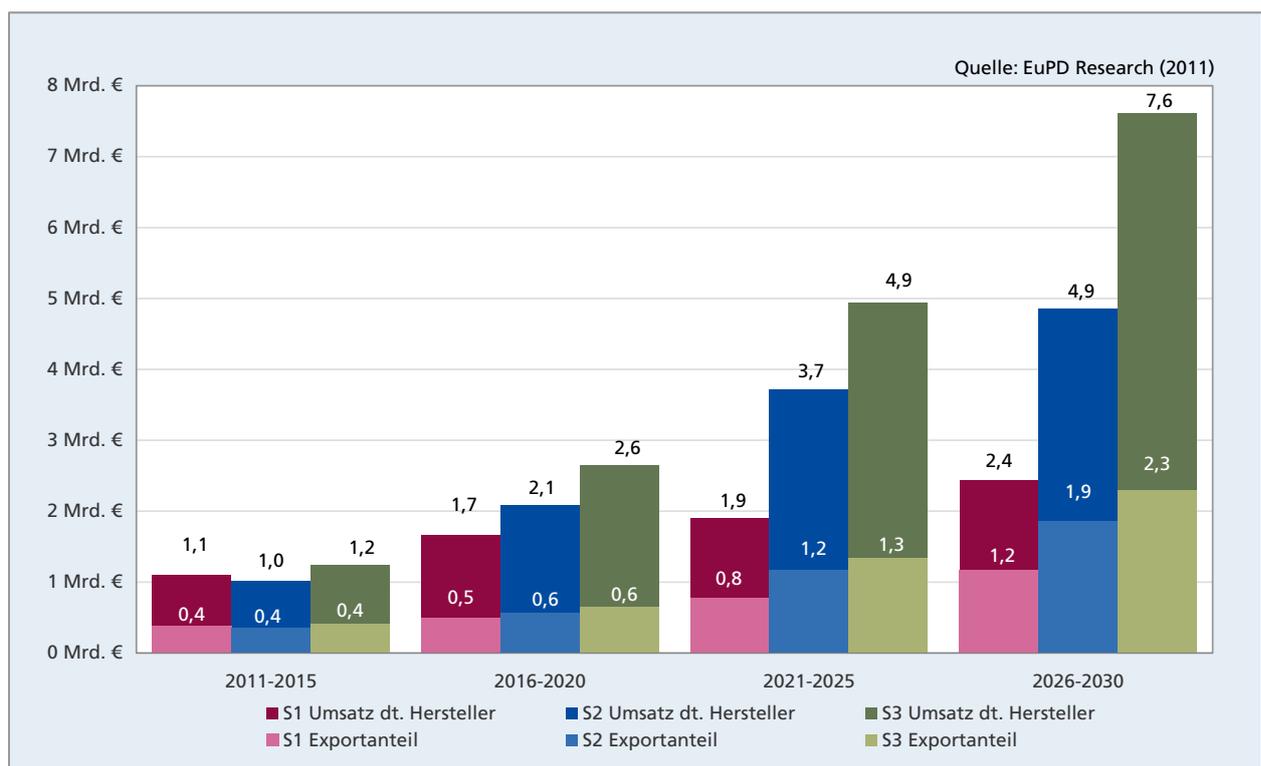
Die inländische Marktnachfrage setzt sich aus den Investitionen in neue Geothermiekraftwerke und den Ersatzinvestitionen (als Teil der Wartungs- und Instandhaltungskosten) zusammen, die getätigt werden, um den Bestand zu erhalten. Wie in Kapitel 3.1 beschrieben, werden die jährlichen Wartungs- und Instandhaltungskosten anhand der Nutzungsdauer bemessen. Nach BReg, 2010, haben Geothermiekraftwerke eine Nutzungsdauer von 20 Jahren. Demzufolge müssen jährlich fünf Prozent aller Komponenten und Bauteile der bestehenden Geothermiekraftwerke gewartet oder instand gesetzt werden. Annahmegemäß entsteht die Hälfte dieser Kosten aus dem Austausch von ineffizienten, mangelhaften oder defekten Komponenten, die ersetzt werden müssen und als Ersatzinvestitionen (Ersatzbedarf) im Markt wahrgenommen werden.

Die inländische Marktnachfrage aus Zubau und Ersatzbedarf muss mit den jeweiligen durchschnittlichen Investitionskosten eines Jahres bewertet werden, um die Umsätze und Investitionen zu ermitteln. Die

durchschnittlichen Systempreise pro kW installierter Leistung von Prognos, 2010, sind im Vergleich zu anderen Studien sehr hoch (vgl. Preisvergleich aus verschiedenen Studien in BMU, 2011, Tabelle 3-9, S.146). Daher wird hier abweichend die prognostizierte Preisentwicklung nach EREC, 2010, angenommen. Bei Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung liegt der Systempreis 2010 bei 10.490 Euro und ist damit deutlich geringer als bei Anlagen, die allein für die Stromerzeugung genutzt werden (2010: 12.090 Euro). Demnach können Wärmegewinne durch die Abwärme, die bei den hohen Temperaturen im Stromerzeugungsprozess entstehen, durch den Betreiber genutzt oder in das Nahwärmenetz abgeführt werden. Die Kraft-Wärme-Kopplung ist derzeit jedoch kaum verbreitet. Bei der Durchschnittspreisbildung sei daher angenommen, dass 10 Prozent der Anlagen als Kraftwärmekopplungsanlagen (KWK-Anlagen) ausgelegt werden. Dadurch ergibt sich ein durchschnittlicher Systempreis von 11.930 Euro pro installiertem kW. Zukünftig erhöht sich der Anteil der KWK-Anlagen annahmegemäß bis auf 30 Prozent in 2030, sodass sich der Systempreis durch die bessere Nutzung der produzierten Energie deutlich reduzieren wird.

Die Darstellung der Umsätze bzw. Exporte deutscher Hersteller in der Geothermie in der nachstehenden Abbildung verdeutlicht, dass die Exportanteile an den Gesamtumsätzen Zukunft relativ hoch sind. In allen drei Szenarien S1, S2 und S3 bleibt das Verhältnis von Inlands- und Auslandsumsatz über den gesamten Zeitverlauf tendenziell konstant.

Abbildung 34: Umsätze deutscher Hersteller in der Geothermie-Branche (inkl. Exporte) in Mrd. Euro (Modelleraebnisse)



3.6.3 Investitionen

Die Gesamtinvestitionen sind die Summe aus den Investitionen in Geothermie-Anlagen und den Investitionen in Fertigungskapazitäten. Die Investitionen in Geothermie-Anlagen entsprechen der mit den durchschnittlichen Systempreisen bewerteten inländischen Marktnachfrage (Zubau an neu installierter Leistung und Ersatzinvestitionen bemessen am Vorjahresbestand). Zur Berechnung der Gesamtinvestitionen in der Geothermie-Branche werden die oben beschriebenen Systempreise nach EREC, 2010, herangezogen.

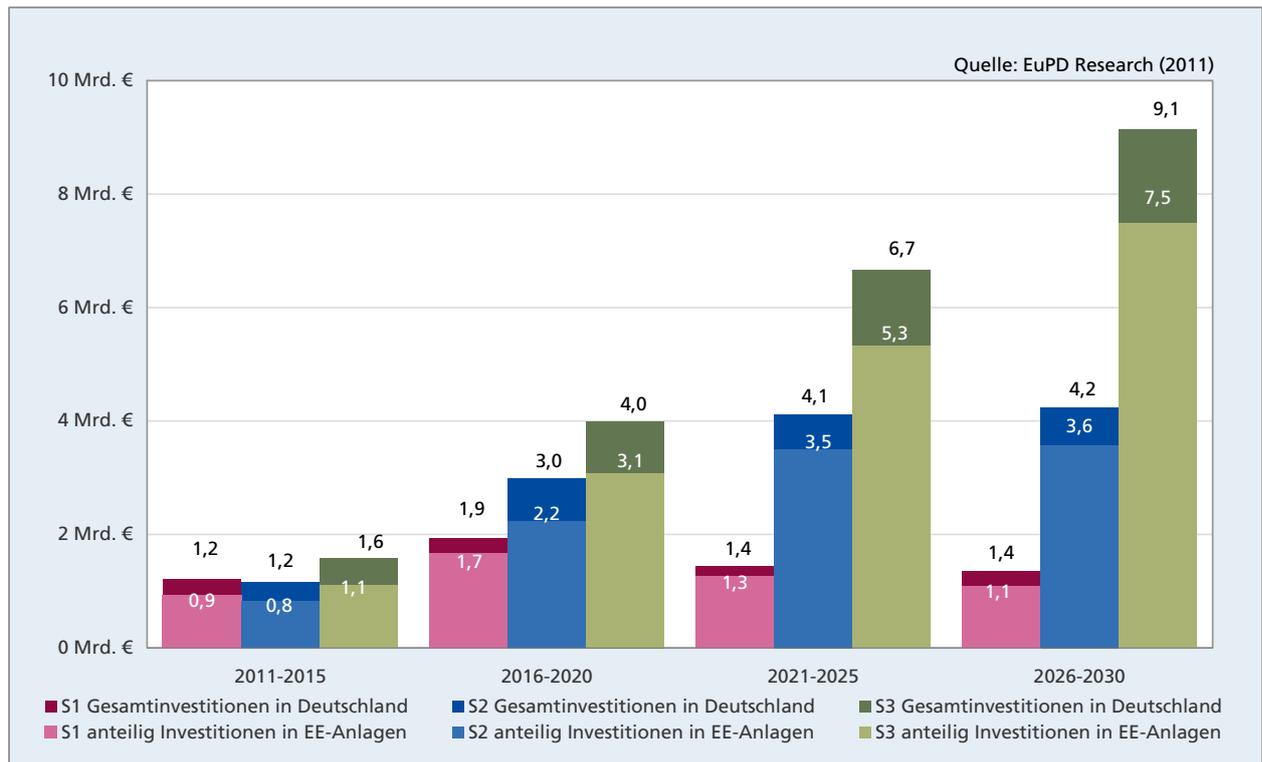
Zudem muss eine weitere Quelle zur Interpretation der Geothermie herangezogen werden, da die Kostenstruktur der Geothermie-Stromerzeugung in IÖW, 2010, nicht analysiert wurde. Es entstehen hohe Kosten für die Tiefenbohrung, Simulationsverfahren und die wesentlichen Komponenten wie Turbinen, MSR-Technik, ORC-/Kalina-Anlage, Generatoren, Rohrsysteme sowie Spannungs- und Netztechnik. Gemäß dem Leipziger Institut für Energie, 2011, betragen allein die Kosten für Tiefenbohrungen von 3.500 bis 4.000 Metern ca. drei Mio. Euro. Davon entfallen allein 40 Prozent auf die Bohrkosten selbst. Weitere bedeutende Kostenanteile entfallen mit 13 Prozent auf den Ausbau (Rohre, Zubehör, Zementation, Bohrkopf) sowie auf die Spülung (10 Prozent, inkl. Material, Service und Behandlung). Die realen Kosten der Geothermie sind nach heutigem Stand noch schwer abschätzbar. Vereinfachend wird hier angenommen, dass etwa 40 Prozent der Systemkosten für Bohrkosten, Standortsimulation, Planung, Projektierung und Material anfallen.

Der Arbeitskostenanteil an den Herstellungskosten wird auf 25 Prozent festgelegt, da viele Bereiche im Produktionsprozess nicht automatisiert sind. Generell gestaltet sich die Abschätzung verschiedener Kostenkennziffern auf dem Geothermiemarkt schwierig, da die Kosten stark vom Standort abhängig sind und sich noch kein Massenmarkt entwickelt hat. So werden die Bohrgeräte bspw. in mancher Hinsicht an die individuellen Anforderungen eines Projekts angepasst. Zudem werden die Bohrgeräte teilweise auch für Bohrungen zur Öl- und Gasförderung eingesetzt.

Die Energiekosten basieren auf den Erkenntnissen aus Kaltschmitt, Schröder & Rogge, 2002. Danach liegt der kumulierte Primärenergieverbrauch (KEA) für Geothermiekraftwerke bei 1.048 GJ/GWh (ohne KWK) und 281 GJ/GWh (mit KWK). Hierbei wird angenommen, dass die Bedeutung der KWK-Anlagen, wie oben bereits beschrieben, zunehmend ist. Annahmegemäß wird sich der Herstellungsenergieaufwand entsprechend der Preisentwicklung bei zunehmender Reife der Technologie reduzieren. Alle weiteren Kostenfaktoren weichen nicht von den Annahmen in Kapitel 3.1.3 ab.

Schließlich ergeben sich daraus zusammen mit den Investitionen in Geothermie-Anlagen die Gesamtinvestitionen der Branche bis 2030, wie in der folgenden Abbildung abgetragen. Die dunklen Balken stellen die Investitionen in Fertigungskapazitäten dar, während die hellen Balken die Investitionen in die Geothermiekraftwerke selbst abbilden. Dabei werden Ersatzinvestitionen sowohl im Bereich der Anlagen an sich sowie in die Produktionsstätten berücksichtigt. Es wird deutlich, dass die Investitionen in Geothermie-Anlagen das Gros an Investitionen ausmachen. Zwar ist ihr Anteil in allen drei Szenarien sinkend, aber sie bleiben in ihrer dominierenden Rolle. Des Weiteren entwickeln sich die Investitionen analog zu den Branchenumsätzen, d.h. in S1 ist ein langfristig nur ein geringer Umsatzanstieg zu beobachten. In S2 steigen die Umsätze stärker, während S3 den mit Abstand größten Umsatzanstieg bis 2030 verzeichnet.

Abbildung 35: Gesamtinvestitionen der Geothermie-Branche in Deutschland in Mrd. Euro (Modellergebnisse)



Insgesamt weist die Geothermie-Branche eine langfristig stark wachsende Tendenz auf. Die Umsätze der deutschen Hersteller und Zulieferer steigen in allen Szenarien. Die Gesamtinvestitionen in Deutschland steigen enorm, wobei der Anteil der Investitionen in Fertigungskapazitäten zunächst gering ist, aber mit der Zeit ansteigt. Der langfristige Anstieg der Gesamtinvestitionen deutet daraufhin, dass die Einschätzung des Büros für Technikfolgenabschätzung des deutschen Bundestages bestätigt wird und Geothermie zukünftig einen entscheidenden Teil zur Stromerzeugung in Deutschland beitragen wird.

3.7 Biomasse Strom

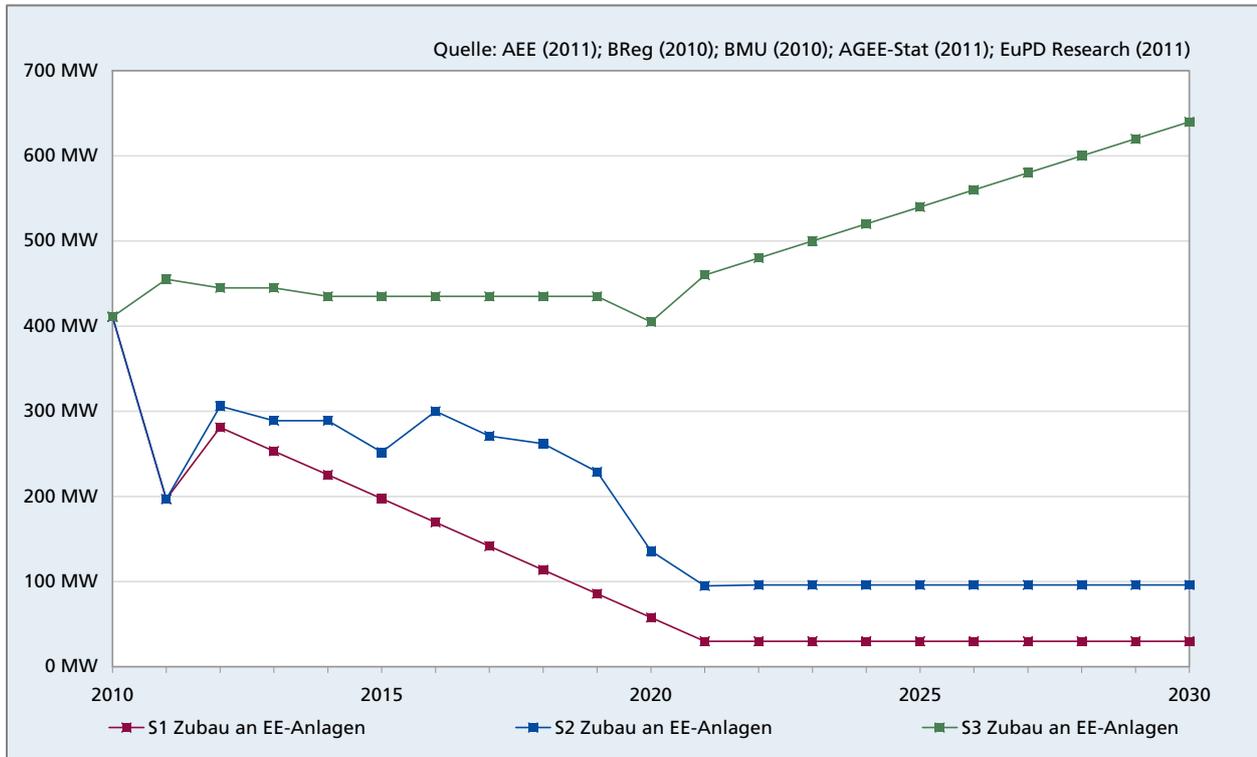
3.7.1 Markt

Im Technologiesektor Biomasse Strom ist grundsätzlich zu beachten, dass hier Anlagen zur Stromerzeugung aus fester, flüssiger und gasförmiger Biomasse sowie dem biogenen Anteil des Abfalls subsumiert werden. Im untersuchten Anlagenbestand sind Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK-Anlagen) inbegriffen. Eine Differenzierung in die verschiedenen Unterkategorien konnte aufgrund der uneinheitlichen Darstellungsweise in den Hauptquellen (AEE, 2011; BMU, 2009; BReg, 2010; EREC, 2010; IÖW, 2010 und BMU, 2010) nicht vorgenommen werden. Die Entwicklung der Untertechnologien wird anhand der erwarteten Zuwachsraten nach AEE, 2011, für alle Szenarien unterstellt und anteilig berücksichtigt. Demnach wird der mit Abstand größte Zuwachs bei den Biogasanlagen erwartet. Daher wird die prozentuale Kostenstruktur für Biogas-Anlagen mit 300 kW und 1.000 kW nach IÖW, 2010, verwendet. Der geringere Anteil des Zuwachses entfällt auf Anlagen zur Verbrennung von fester Biomasse (wie z.B. Holzkraftwerke). In den anderen Technologien wird nahezu kein Zubau erwartet, so dass diese bei der Kostenbetrachtung weitestgehend vernachlässigt werden können.

Für den Status Quo in Deutschland werden einheitlich für alle Szenarien Daten aus AGEE-Stat, 2010, entnommen. Die Zubauentwicklung variiert darauf folgend deutlich zwischen den Szenarien und wird in der

folgenden Abbildung dargestellt. In S1 und S2 sinkt der jährliche Zubau an Biomasseanlagen zur Stromerzeugung bis 2020 deutlich und verbleibt danach auf konstant niedrigem Niveau. In S3 bleibt der jährliche Zubau bis 2020 relativ konstant und steigt danach linear.

Abbildung 36: Zubau an Biomasse-Anlagen zur Stromerzeugung in Deutschland in den drei Szenarien

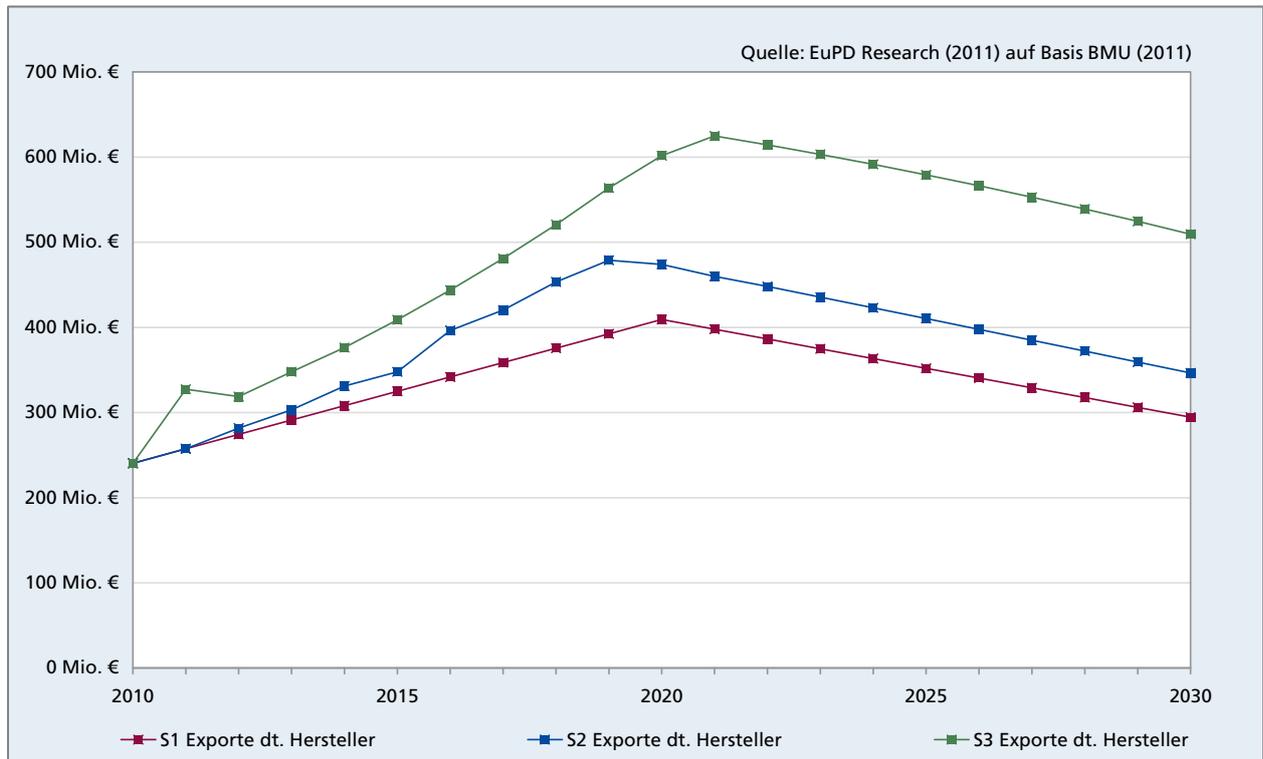


3.7.2 Umsatz- und Exportentwicklung

Der Gesamtumsatz deutscher Hersteller setzt sich aus dem Auslandsumsatz (Exportumsätze nach BMU, 2011) und dem Inlandsumsatz zusammen. Der Inlandsumsatz ermittelt sich aus der mit den durchschnittlichen Systempreisen bewerteten inländischen Marktnachfrage. Hierbei müssen die Wertschöpfungs- und Herstellkostenanteile deutscher Hersteller berücksichtigt werden. Der Wertschöpfungsanteil bezeichnet den Anteil der auf dem Markt abgesetzten Vor-, Zwischen- und Endprodukte entlang der Wertschöpfungskette einer Biomasse-Anlage zur Stromerzeugung, die aus deutscher Produktion (Wertschöpfung) stammen. Nach BMU, 2011 für Biogas-Anlagen zur Stromerzeugung bei etwa 91 Prozent. Die Herstellkosten variieren je nach Größe zwischen 70 und 71 Prozent (vgl. IÖW, 2010 und Kapitel 3.1.1.). Die Umsätze von Zwischenprodukten für Bauteile können vernachlässigt werden. Die inländische Marktnachfrage setzt sich aus der neu installierten Leistung (Zubau) und dem Ersatzbedarf (Ersatzinvestitionen) an defekten oder fehlerhaften Komponenten und Bauteilen auf Basis des Vorjahresbestands zusammen.

Die Exporte basieren – wie in den zuvor beschriebenen Technologien und im Kapitel 3.3 dargestellt – auf Primärdaten aus BMU, 2011. Die Exportumsätze für S2 und S3 werden wie in Kapitel 3.1 beschrieben mit Hilfe eines Marktmachtfaktors berechnet, der das Zubauverhältnis zum Referenzszenario berücksichtigt. Abbildung 37 stellt die Exportumsätze deutscher Hersteller und Zulieferer in den drei Szenarien in Mio. Euro dar. Dabei wird deutlich, dass mittelfristig, d.h. bis etwa 2020, in allen Szenarien ein Anstieg bei den Exporten zu erwarten ist. Ab diesem Zeitpunkt weisen alle Szenarien eine sinkende Tendenz auf. 2030 liegen die Exportumsätze zwischen knapp 300 und 500 Mio. Euro.

Abbildung 37: Exporte deutscher Biomasseanlagen-Hersteller zur Stromerzeugung basierend auf BMU, 2011 (Modellergebnisse)

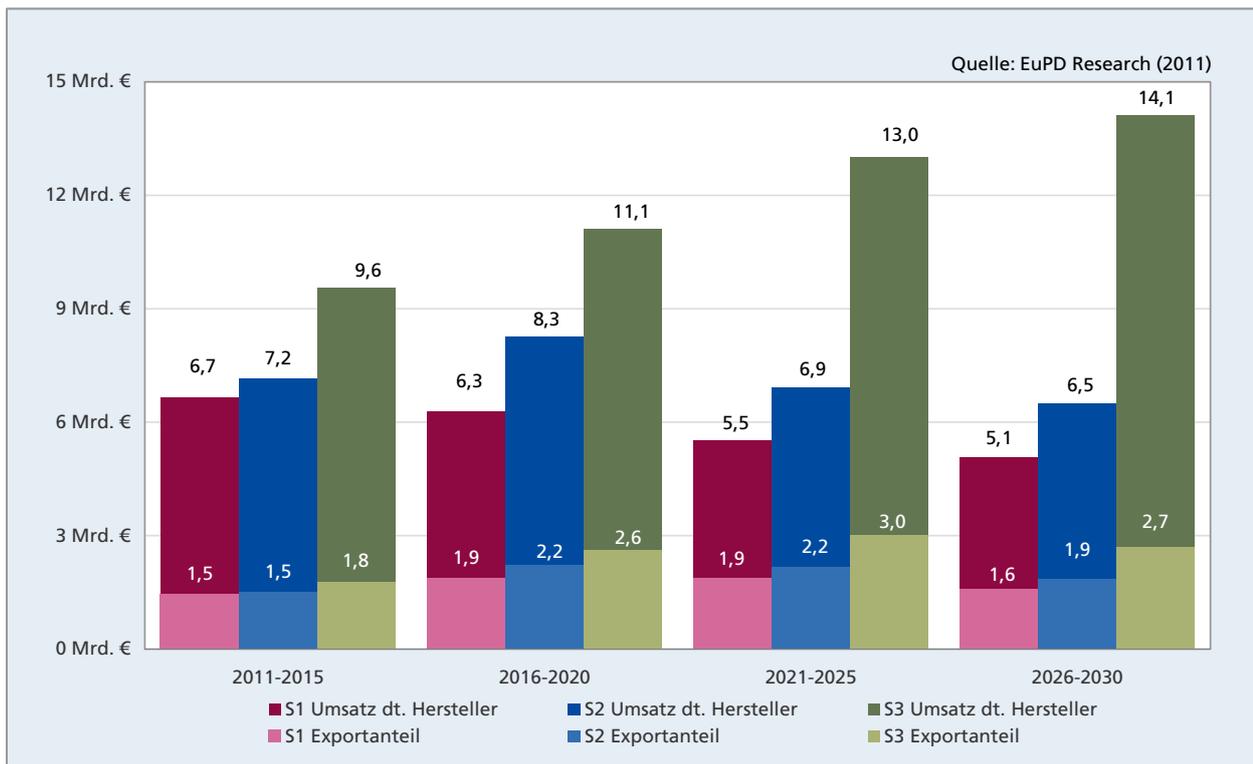


Die Nutzungsdauer für Biomasse-Anlagen wird gemäß BReg, 2010, auf 20 Jahre festgesetzt. Die Instandhaltungs- und Wartungskosten fallen jährlich anteilig entsprechend der Nutzungsdauer an und belaufen sich demnach auf fünf Prozent. Annahmegemäß entfällt die Hälfte der Instandhaltungs- und Wartungskosten als Ersatzbedarf für den Austausch von Komponenten und Bauteilen an. Die andere Hälfte entsteht aufgrund der Wartung und Inspektion. Der Ersatzbedarf wird bepreist mit den durchschnittlichen Systemkosten und ergibt somit die Ersatzinvestitionen in Biomasse-Anlagen zur Stromerzeugung.

Die zur Monetarisierung der Investitionen herangezogenen durchschnittlichen Systempreise basieren auf Prognos, 2010. Entsprechend der Zubauverteilung nach AEE, 2011, wurden die Preise anteilig gewichtet. So wird in 2010 ein Systempreis von 3.707 Euro pro kW angenommen. Dieser sinkt bis 2020 auf 3.512 Euro pro kW. Ab 2020 wird der Systempreis anhand des durchschnittlichen Preisverfalls zwischen 2010 und 2020 nach Prognos, 2010, modelliert.

Die folgende Abbildung stellt die Umsätze inklusive der Exporte in der Biomasse-Branche dar. Hierbei ist ersichtlich, dass die Umsätze in S1 und S2 langfristig sinken. In S3 hingegen steigen jene über den gesamten Zeitverlauf teils deutlich an. Die Exportumsätze umfassen in allen Szenarien nur einen geringen Anteil des Gesamtumsatzes.

Abbildung 38: Umsätze deutscher Hersteller in der Biomasse-Branche zur Stromerzeugung (inkl. Exporte) in Mrd. Euro (Modellergebnisse)



3.7.3 Investitionen

Die Gesamtinvestitionen sind die Summe aus den Investitionen in Biomasse-Anlagen zur Stromerzeugung und den Investitionen in Fertigungskapazitäten. Die Investitionen in Biomasse-Anlagen zur Stromerzeugung entsprechen der mit den durchschnittlichen Systempreisen bewerteten inländischen Marktnachfrage (Zubau an neu installierter Leistung und Ersatzinvestitionen bemessen am Vorjahresbestand).

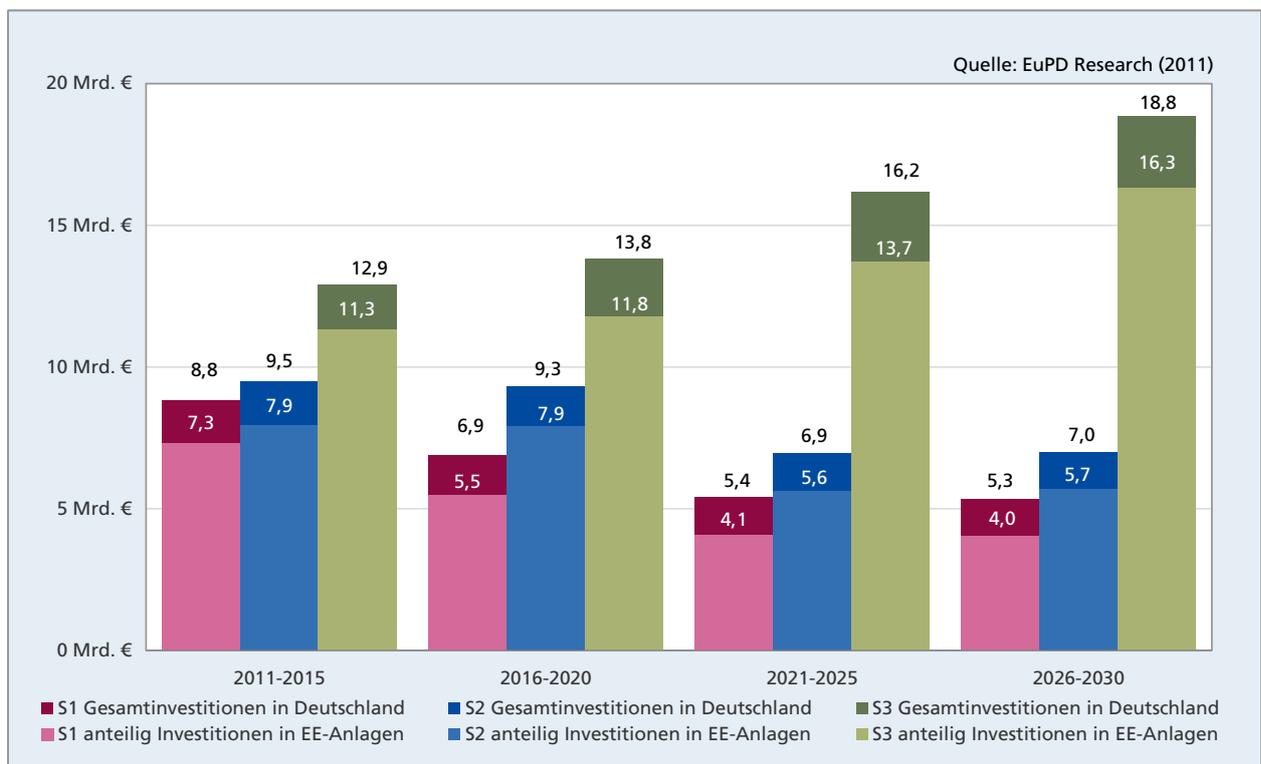
Auf dieser Grundlage werden nun die Investitionen der Biomasse-Strom-Branche in Abhängigkeit vom szenarioabhängigen Zubau errechnet. Die Basis bilden wiederum die im vorigen Abschnitt beschriebenen Systempreise. Zu berücksichtigen ist hier, dass die verwendeten Werte Durchschnittskennziffern von Biogas-Anlagen und Anlagen zur Stromerzeugung aus fester Biomasse sind. Die inländische Marktnachfrage wird mit den durchschnittlichen Systempreisen je kW installierter Leistung bepreist und ergibt die Investitionen in Biomasse-Anlagen zur Stromerzeugung.

In einem nächsten Schritt werden die Investitionskosten für Fertigungsstätten ermittelt. Zur Berechnung des Herstellkostenanteils für Biomasse- und Biogas-Anlagen wird die Kostenstruktur nach IÖW, 2010, übernommen. Demnach liegen die Herstellkosten bei etwa 71 Prozent und die Kosten aus Handel, Planung, Logistik und Projektierung bei 29 Prozent.

Die Energiekosten werden auf Basis des mittleren Jahresstromertrags der Jahre 2008 bis 2010 nach AGEE-Stat, 2010, errechnet. Dieser beläuft sich auf 5.132 MWh pro MW installierter Leistung. Kombiniert mit dem angenommenen Industriestrompreis von 11,6 Ct/kWh und einer energetischen Amortisationszeit von etwa einem Jahr ergibt sich im Mittel ein Energiekostenanteil von 23 Prozent an den Herstellungskosten. Der Energiekostenanteil im Modellrahmen steigt aufgrund der angenommenen Strompreissteigerung mit den Jahren moderat an. Alle weiteren Kostenfaktoren weichen nicht von den Annahmen in Kapitel 3.1.3 ab.

Die erwartete inländische und ausländische Nachfrage (in Form der Exportumsätze) muss durch die Hersteller und Zulieferer unter der Prämisse gleichbleibender Wertschöpfungsanteile befriedigt werden. Wie in Kapitel 3.1 beschrieben, werden hierzu von Seiten der Hersteller in den Vorjahren Entscheidungen über den Ausbau und Erhalt ihrer Fertigungsstätten getroffen. In der folgenden Abbildung sind die auf dieser Basis ermittelten Investitionen in Fertigungskapazitäten (inklusive Ersatzinvestitionen) als dunkle Balken abgetragen. Die hellen Balken stellen die Investitionen in Biomasse-Anlagen zur Stromerzeugung (inklusive Ersatzinvestitionen) dar. Über alle Szenarien überwiegt der Anteil der Anlageninvestitionen an den Gesamtinvestitionen deutlich. Ähnlich wie bei der Entwicklung der Umsätze sinken die Gesamtinvestitionen in S1 und S2 langfristig, wohingegen sie in S3 im gesamten Untersuchungszeitraum ansteigen.

Abbildung 39: Gesamtinvestitionen der Biomasse-Branche zur Stromerzeugung in Deutschland in Mrd. Euro (Modellergebnisse)



Bei ganzheitlicher Betrachtung der Biomasse-Strom-Branche fällt auf, dass die Szenarien S1 und S2 in ihrer Wirkung relativ nahe beieinander liegen. S3 ist deutlich optimistischer. Das Szenario S3 ist deutlich positiver als die beiden anderen Szenarien. Während der prognostizierte Zubau bei 2020 noch in vergleichbarer Höhe liegt, wächst der Unterschied bis 2030 auf Faktor 6 gegenüber S2 und auf Faktor 21 gegenüber S1. Dieser starke Unterschied ist in den errechneten Umsätzen und Investitionen abzulesen. Während bspw. die Umsätze der Periode 2026 – 2030 in S3 die doppelte Höhe erreichen wie in S2, liegen die Gesamtinvestitionen in S2 bei einem Drittel von S3 dieses Zeitraumes.

3.8 Wasserkraft

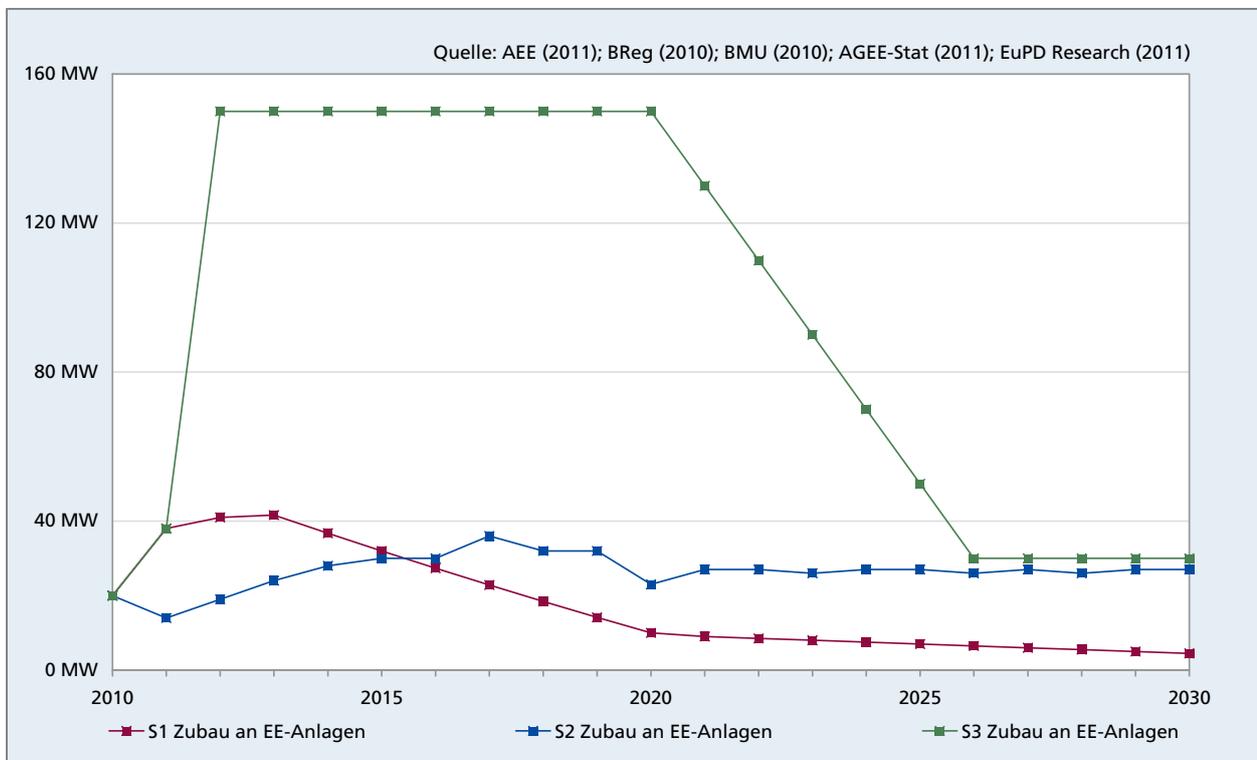
3.8.1 Markt

Das Modell folgt der Methodik nach Kapitel 3.1. Die Wasserkraft wird momentan in 150 Ländern genutzt, wobei die global installierte Kapazität – je nach Studie – zwischen 860 GW und 950 GW geschätzt wird. Davon entfallen auf Europa etwa 260 GW. Damit hat Europa den größten Anteil an der Wasserkraft.

Die meisten Wasserkraftwerke wurden entwickelt, um eine Grundlastversorgung sicherzustellen. Dies wird auch insbesondere in Entwicklungsländern weiterhin verfolgt. Zum Bereich der erneuerbaren Wasserkraft gehören Laufwasserkraftwerke (Stromerzeugung durch den Wasserlauf) sowie Speicherkraftwerke (Stromerzeugung durch das Ablassen von gestautem Wasser). Pumpspeicherkraftwerke sind keine Erneuerbare-Energien-Anlagen, sondern Stromspeicher und werden daher nicht erfasst.

Für den deutschen Markt wird der Status Quo nach AEE, 2011, festgelegt, der identisch mit der Annahme in BMU, 2010, ist. Für S1 und S3 können geringfügige Schwankungen im Bestand auftreten. Die folgende Abbildung zeigt die Zubauentwicklung von Wasserkraft-Anlagen in Deutschland. Dabei wird deutlich, dass S1 und S2 im Hinblick auf ihre Prognosen des Zubaus relativ ähnlich ausfallen. Sie bewegen sich – im Vergleich zu S3 – auf verhältnismäßig niedrigem Niveau und sinken über den Zeitverlauf bis 2030. In S3 hingegen ist die Prognose der Zubauzahlen sehr viel höher. Dies liegt daran, dass in S3 das Potential der Wasserkraft in Deutschland als nicht ausgeschöpft angenommen wird. Nach 2020 jedoch sinkt auch in diesem Szenario der jährliche Zubau auf 30 MW bis 2030.

Abbildung 40: Zubau an Wasserkraft-Anlagen in Deutschland in den drei Szenarien

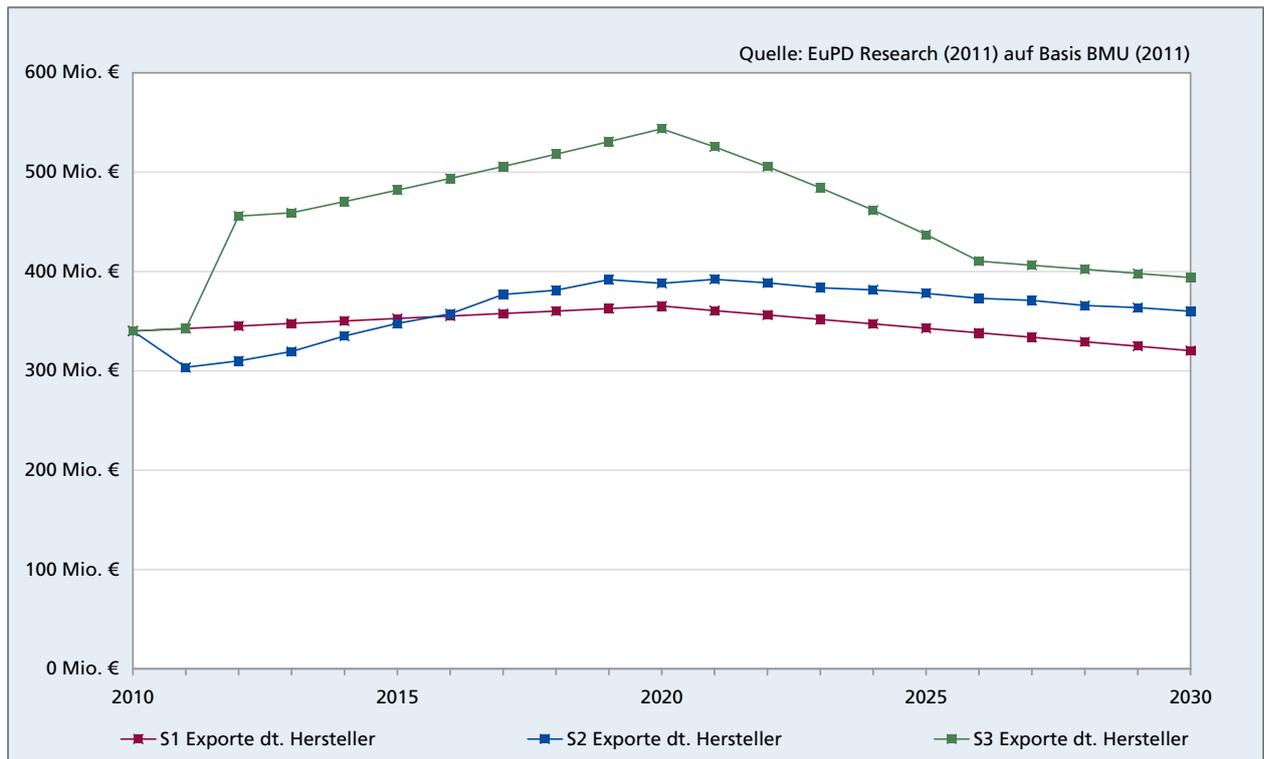


3.8.2 Umsatz- und Exportentwicklung

Der Gesamtumsatz deutscher Hersteller setzt sich aus dem Auslandsumsatz (Exportumsätze nach BMU, 2011) und dem Inlandsumsatz zusammen. Der Inlandsumsatz entspricht der mit den durchschnittlichen Systempreisen bewerteten inländischen Marktnachfrage unter Berücksichtigung der Wertschöpfungs- und Herstellkostenanteile deutscher Hersteller. Der Wertschöpfungsanteil bezeichnet den Anteil der auf dem Markt abgesetzten Vor-, Zwischen- und Endprodukte entlang der Wertschöpfungskette einer Wasserkraft-Anlage, die aus deutscher Produktion (Wertschöpfung) stammen (vgl. hierzu Kapitel 3.1.1.). Laut BMU, 2011 haben die deutschen Hersteller einen Wertschöpfungsanteil von 77 Prozent am Heimatmarkt. Der Herstellkostenanteil beläuft sich nach IÖW, 2010 auf knapp 71 Prozent. Die Umsätze aus Zwischenprodukten sind vernachlässigbar. Die inländische Marktnachfrage setzt sich aus der neu installierten Leistung (Zubau) und dem Ersatzbedarf an defekten oder fehlerhaften Komponenten und Bauteilen auf Basis des Vorjahresbestands (Ersatzinvestitionen) zusammen.

Wie in Kapitel 3.1 und 3.3 beschrieben, basieren die Exporte auf Berechnungen anhand einer Primärerhebung in BMU, 2011. S1 und S2 ähneln sich im Hinblick auf die Exportentwicklung. Während in S1 die Exporte relativ konstant sind, steigen sie in S2 bis etwa 2020 und sinken danach geringfügig. In S3 hingegen steigen die Exporte bis 2020 und erreichen zu diesem Zeitpunkt mit über 500 Mio. Euro ihr Maximum, fallen danach jedoch kontinuierlich bis 2030.

Abbildung 41: Exporte deutscher Wasserkraft-Anlagen-Hersteller basierend auf BMU, 2011 (Modellergebnisse)



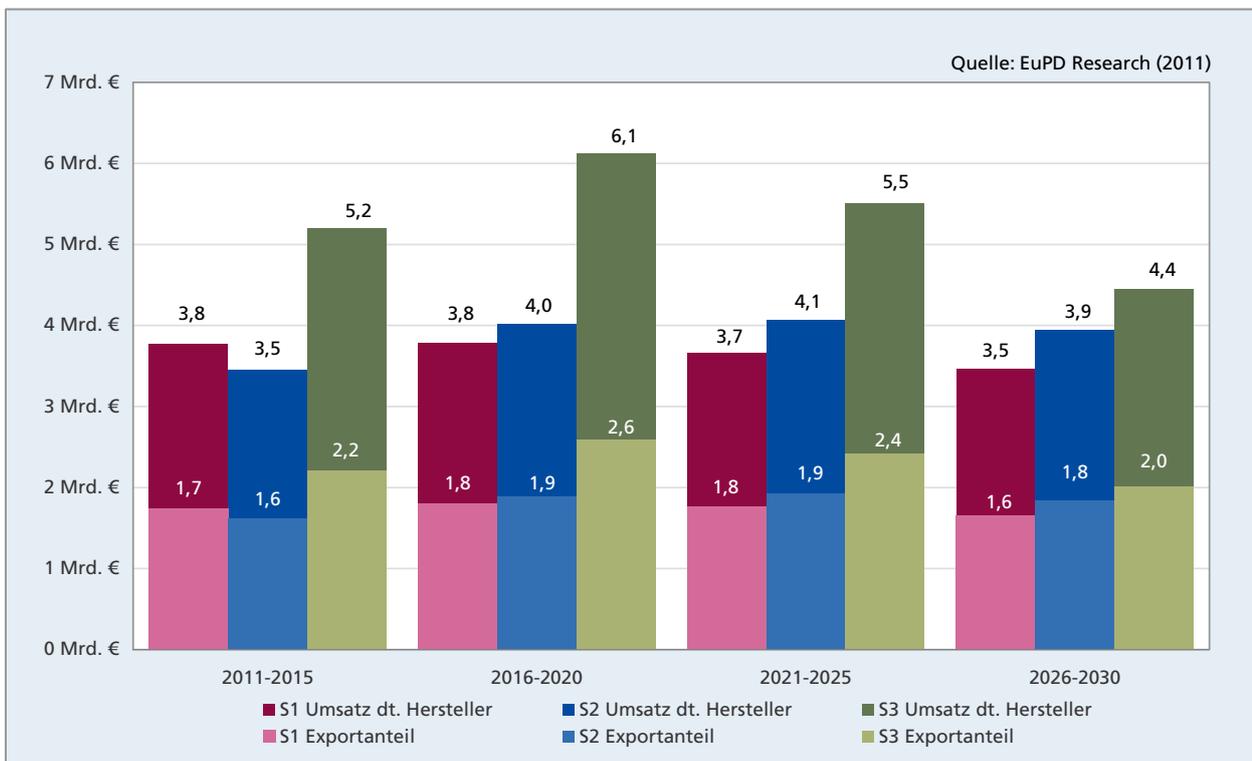
Die inländische Marktnachfrage wird mit den durchschnittlichen Systempreisen bewertet und setzt sich wie oben beschrieben aus den neu installierten Wasserkraftwerken und den Ersatzinvestitionen zum Erhalt bestehender Wasserkraftwerke zusammen. Die Systempreisentwicklung bis 2020 basiert auf Prognos, 2010. Die Systempreise variieren je nach Systemgröße deutlich und werden anhand der in Prognos, 2010, unterstellten Marktverteilung gewichtet. Demnach ergibt sich der durchschnittliche Systempreis eines Jahres aus dem Verhältnis der Anlageninvestitionen und des angenommenen Zubaus. In 2010 lagen die

durchschnittlichen Systemkosten bei 2.500 Euro pro kW installierter Leistung. Der Systempreis steigt darauffolgend moderat bis auf 2.578 Euro je kW in 2020. Aufgrund der eingangs erwähnten großen Diskrepanzen bei der weltweit installierten Leistung (vgl. IHA, 2010) werden die Systempreise nach 2020 anhand der durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate zwischen 2010 und 2020 in Prognos, 2010, fortgeschrieben. In 2030 wird demnach ein durchschnittlicher Systempreis von 2.658 Euro pro kW erwartet.

Da der Zubau im Bereich der Wasserkraft, bezogen auf den Bestand, auf einem geringen Niveau verläuft, haben die Ersatzinvestitionen einen bedeutenden Anteil an der inländischen Marktnachfrage. Die Nutzungsdauer von Wasserkraftwerken liegt laut BReg, 2010, bei 30 Jahren. Die Instandhaltungs- und Wartungskosten fallen jährlich anteilig entsprechend der Nutzungsdauer an und belaufen sich demnach auf 3,33 Prozent. Annahmegemäß entfällt die Hälfte der Instandhaltungs- und Wartungskosten als Ersatzbedarf für den Austausch von Komponenten und Bauteilen an. Die andere Hälfte entsteht aufgrund der Wartung und Inspektion. Der Ersatzbedarf wird bepreist mit den durchschnittlichen Systemkosten und ergibt somit die Ersatzinvestitionen in Wasserkraft-Anlagen.

Zur Berechnung der Umsätze deutscher Hersteller aus der inländischen Nachfrage werden sowohl die Wertschöpfungs- als auch die Herstellkostenanteile über die Szenarien sowie den Betrachtungszeitraum konstant angenommen. Daraus ergibt sich die in der folgenden Abbildung dargestellte Umsatzentwicklung deutscher Hersteller. In den Szenarien S1 und S2 fallen die Ergebnisse ähnlich aus. Demnach liegen die Umsätze in den betrachteten Perioden zwischen 2,1 Mrd. Euro und 2,8 Mrd. Euro. Auch die Exportanteile sind in S1 und S2 ähnlich und über den Zeitraum relativ gleichbleibend. In S3 hingegen wird ein Maximum an Umsätzen in der Periode 2016 bis 2020 erreicht. Der Umsatz ist danach rückläufig, bleibt aber – im Vergleich zu S1 und S2 – auf einem hohen Niveau. Die Exportanteile in S3 sind zudem sukzessiv steigend.

Abbildung 42: Umsätze deutscher Hersteller in der Wasserkraft-Branche (inkl. Exporte) in Mrd. Euro (Modellergebnisse)



3.8.3 Investitionen

Die Gesamtinvestitionen sind die Summe aus den Investitionen in Wasserkraft-Anlagen und den Investitionen in Fertigungskapazitäten. Die Investitionen in Wasserkraft-Anlagen entsprechen der mit den durchschnittlichen Systempreisen bewerteten inländischen Marktnachfrage (Zubau an neu installierter Leistung und Ersatzinvestitionen bemessen am Vorjahresbestand).

Auf dieser Grundlage werden nun die Investitionen der Wasserkraft-Branche in Abhängigkeit vom szenarioabhängigen Zubau errechnet. Die Basis bilden die im vorigen Abschnitt beschriebenen Systempreise. Die inländische Marktnachfrage wird mit den durchschnittlichen Systempreisen je kW installierter Leistung bepreist und ergibt die Investitionen in Wasserkraftwerke inklusive der Ersatzinvestitionen.

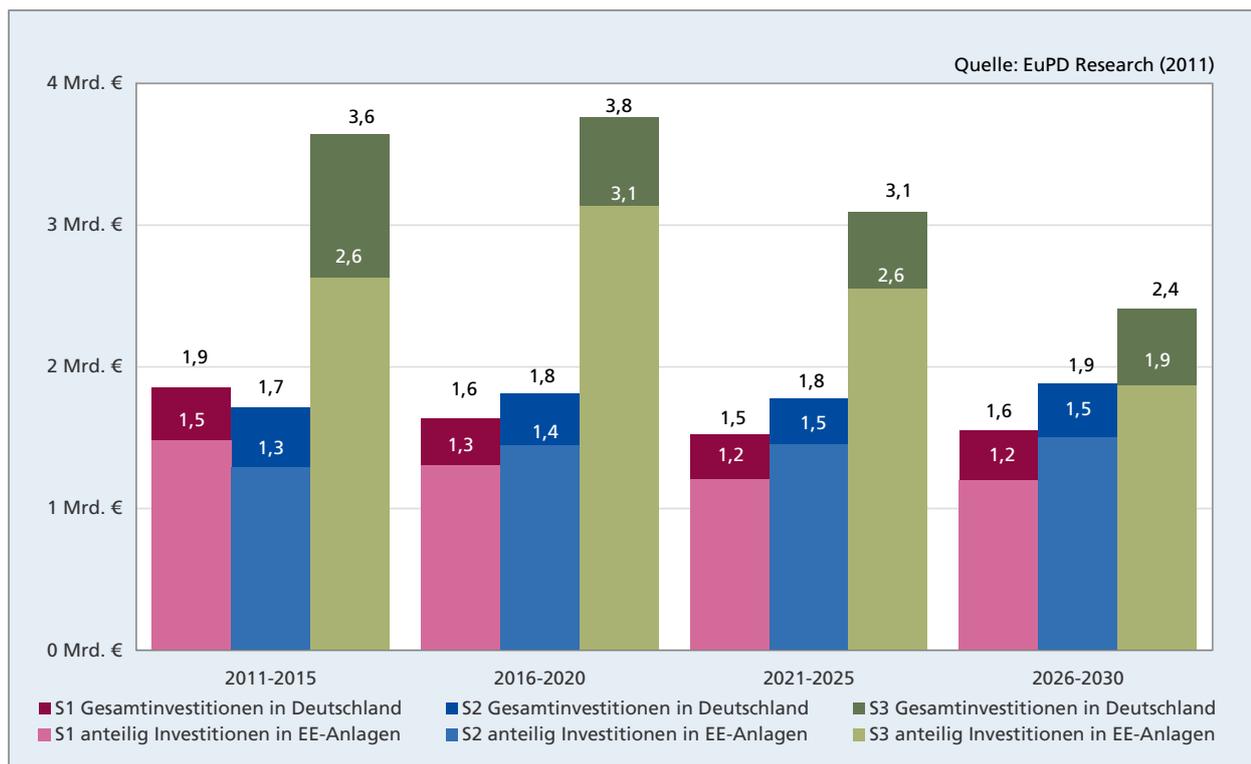
Die Investitionen in Fertigungskapazitäten ergeben sich nachfragebedingt in Abhängigkeit vom Bestand und der Produktionsauslastung. Zur Herleitung der Investitionskosten für Fertigungsstätten, d.h. wie viel eine Fertigungsstätte pro produziertem kW kosten sollte, wird die angeführte Systempreisentwicklung nach Prognos, 2010, verwendet und in ihre Kostenbestandteile zerlegt. Zur Berechnung des Herstellkostenanteils für Wasserkraft-Anlagen wird die Kostenstruktur nach IÖW, 2010, übernommen. Demnach liegen die Herstellkosten bei 71 Prozent und die Kosten aus Handel, Planung, Projektierung etc. bei 29 Prozent.

Die Arbeitskostenstruktur beruht auf CEPE ETH, 2001. Da in Deutschland meist Laufwasserkraftwerke mit geringerem Gefälle installiert sind, wird die Arbeitskostenstruktur von Niederdruckkraftwerken verwendet. Die Arbeitskosten liegen somit bei 19 Prozent der Herstellkosten.

Die Energiekosten werden aus den Angaben in Kramer, 2009, mit Hilfe des kumulierten Primärenergieverbrauchs (KEA) berechnet. Der Herstellungsenergieaufwand zur Produktion eines MW installierter Leistung beträgt demnach 4.000 MWh pro MW installierter Leistung und wird aufgrund der Reife der Technologie als konstant angenommen. In Verbindung mit dem angenommenen Industriestrompreis von 11,6 Ct/kWh ergibt sich ein Energiekostenanteil von 27 Prozent an den Herstellungskosten. Dieser wird ebenfalls als konstant bis 2030 antizipiert. Alle weiteren Kostenfaktoren weichen nicht von den Annahmen in Kapitel 3.1.3 ab.

Die Gesamtinvestitionen ergeben sich als Summe aus Investitionen in Wasserkraft-Anlagen inklusive der Instandhaltungs- und Wartungskosten sowie den Investitionen in den Ausbau und Erhalt von Fertigungskapazitäten. In der folgenden Abbildung sind die Investitionen in Fertigungskapazitäten als dunkle Balken abgetragen. Die hell unterlegten Balken stellen die Investitionen in Wasserkraftwerke dar. Es zeigt sich, dass ähnlich zu der Umsatzentwicklung die Gesamtinvestitionen in S1 und S2 relativ gleich ausfallen und fast konstant über den Zeitraum sind. S3 weist im Gegensatz dazu höhere Gesamtinvestitionen aus, wobei der Anteil der Investitionen in Wasserkraft-Anlagen dominierend über den gesamten Zeitraum ist. Dies ist auch in S1 und S2 der Fall, jedoch sinkt der Anteil der Investitionen in Wasserkraft-Anlagen. In S1 wird der höchste Wert für die Periode 2011 bis 2015 ausgewiesen, in S2 hingegen für die Periode 2026 bis 2030 und in S3 wird das Maximum an Gesamtinvestitionen in dem Zeitraum 2016 bis 2020 erreicht.

Abbildung 43: Gesamtinvestitionen der Wasserkraft-Branche in Deutschland in Mrd. Euro (Modellresultate)



Die Wasserkraft-Branche verzeichnet langfristig – im Gegensatz zu den bisher betrachteten Technologien – je nach Szenario stagnierende oder sinkende Umsätze. Dies ist auf die szenariobedingten Potentiale der Wasserkraft zurückzuführen, die insbesondere in S1 und S2 als gering eingestuft werden. Dies erklärt auch den relativ hohen Anteil der Exporte an den Umsätzen. Die Gesamtinvestitionen tendieren zu einer ähnlichen Entwicklung. Dabei ist der Anteil der Investitionen in die Wasserkraft-Anlagen relativ hoch. Insgesamt ist die Wasserkraft-Branche in Deutschland im Vergleich zu den anderen Technologien in der Stromsparte jedoch eine in ihrem zukünftigen Volumen eher kleine Branche.

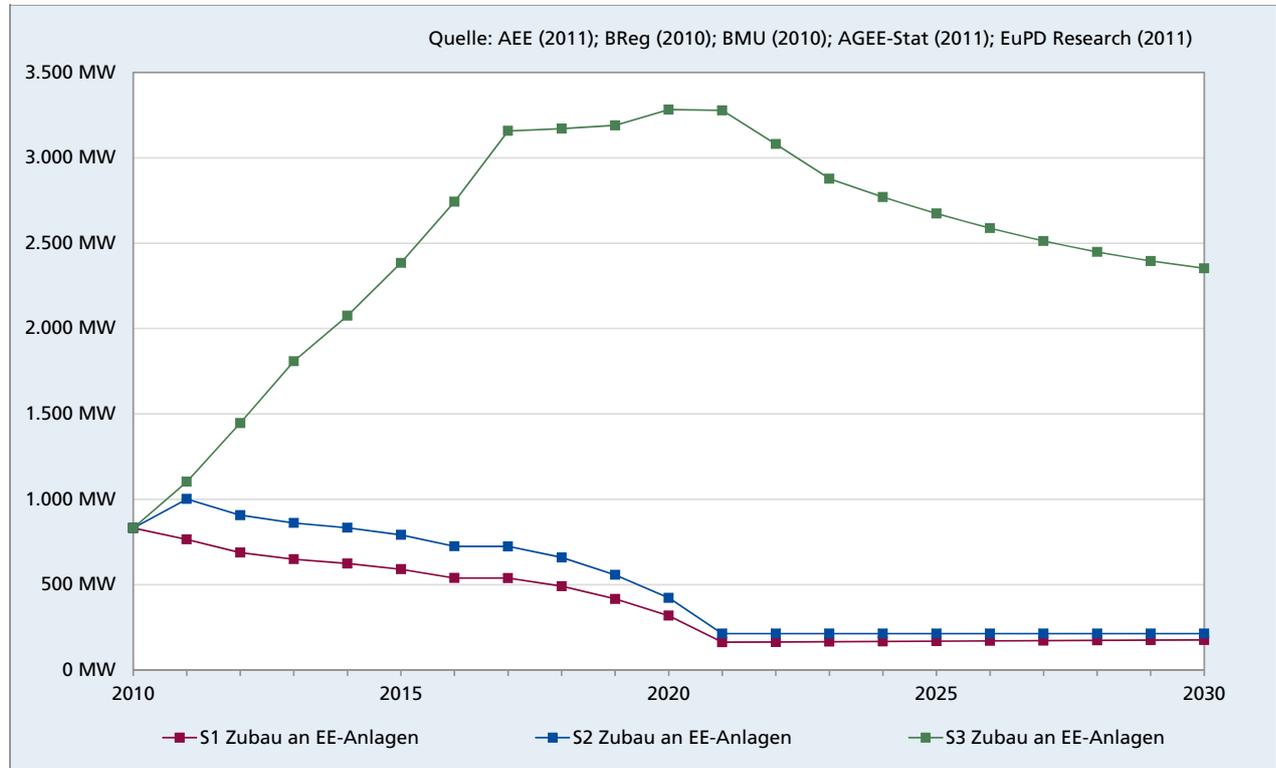
3.9 Biomasse Wärme

3.9.1 Markt

Das Modell folgt der Methodik nach Kapitel 3.1. Der Bereich der Biomasse Wärme ist enorm vielschichtig. In diesem Kapitel werden ausschließlich Biomasse-Anlagen wie Holzpellettheizungen, Holzhackschnitzelanlagen sowie Holzheizwerke untersucht, die Wärme nicht in Kraft-Wärme-Koppelung (KWK) erzeugen. Anlagen, die Biomasse in KWK nutzen, wurden bereits in Kap. 3.7 'Bioenergie Strom' erfasst. Eine Differenzierung in die verschiedenen Unterkategorien konnte aufgrund der uneinheitlichen Darstellungsweise in den Hauptquellen (AEE, 2011; BMU, 2010; BReg, 2010; EREC, 2010; Prognos, 2010, IÖW, 2010 und BMU, 2011) nicht vorgenommen werden. Da in BReg, 2010 nur Wärmemengen ausgewiesen werden, wird die Zubauentwicklung für S1 anhand des Vergleichs der Wärmemengen mit S2 ermittelt (vgl. Kapitel 3.2.2.). Als Status quo der installierten Leistung für alle Szenarien dient das aktualisierte Leitszenario BMU, 2010. BMU, 2010 berücksichtigt nur die Anlagen ab dem Jahr 2000 für den Ersatzbedarf. So soll auch hier verfahren werden. Ältere Anlagen sind demnach entweder technisch veraltet oder nicht den hier untersuchten Holzpellettheizungen, Holzhackschnitzelanlagen und Holzheizkraftwerken (ohne KWK) zu zuordnen.

Die folgende Abbildung stellt den jährlichen Zubau dar. Der Zubau in Deutschland entwickelt sich für Biomasse-Anlagen zur Wärmeerzeugung ähnlich in den Szenarien S1 und S2. So ist der Zubau bis etwa 2020 sinkend und danach konstant. In S3 hingegen ist der Zubau bis 2017 stark ansteigend, verbleibt danach zunächst auf einem hohen Niveau. Bis 2030 soll der jährliche Zubau dann kontinuierlich zurückgehen.

Abbildung 44: Zubau an Biomasse-Anlagen zur Wärmeerzeugung in Deutschland in den drei Szenarien

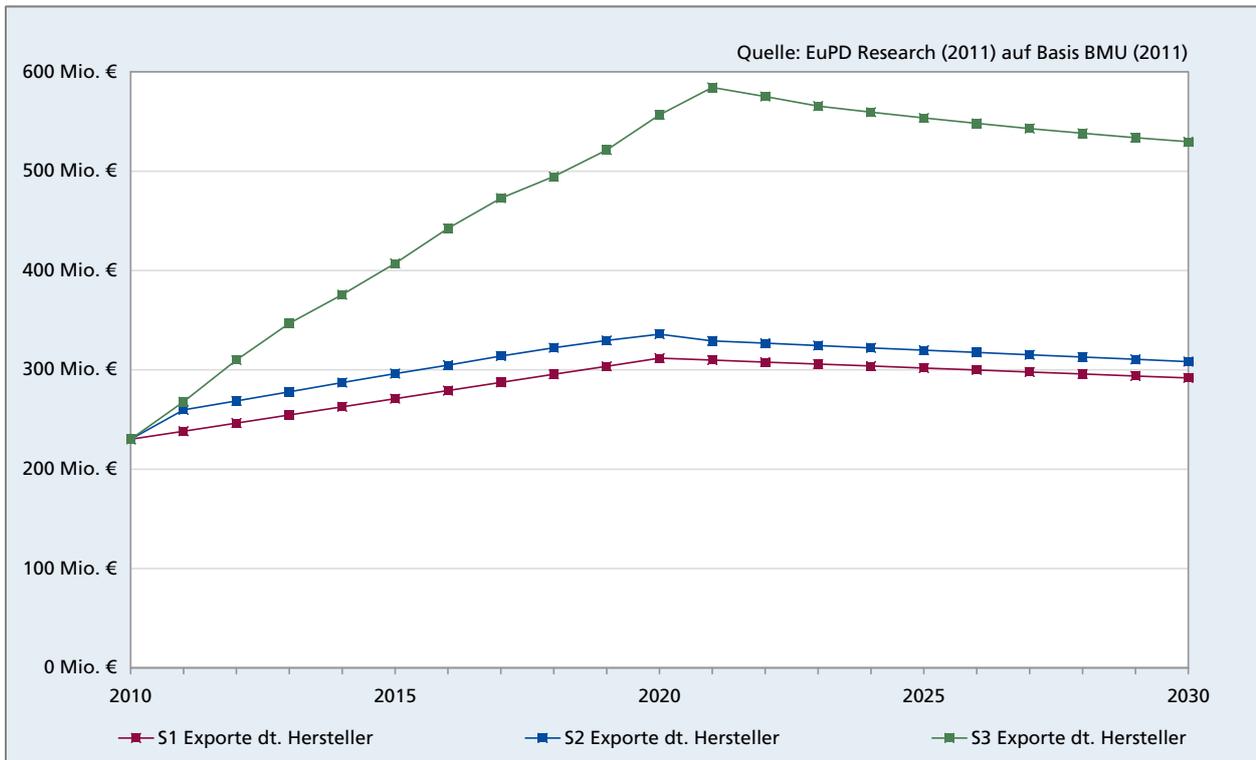


3.9.2 Umsatz- und Exportentwicklung

Der Gesamtumsatz deutscher Hersteller setzt sich aus dem Auslandsumsatz (Exportumsätze nach BMU, 2011) und dem Inlandsumsatz zusammen. Der Inlandsumsatz berechnet sich aus den durchschnittlichen Systempreisen und der inländischen Marktnachfrage. Zusätzlich müssen die Wertschöpfungs- und Herstellkostenanteile deutscher Hersteller berücksichtigt werden. Der Wertschöpfungsanteil aus deutscher Herstellung entlang der gesamten Wertschöpfungskette bemisst sich bei Holzhackschnitzel-Anlagen (bzw. großen Biomasseheizkraftwerken) auf etwa 52 Prozent und bei Holzpellettheizungen auf mehr als 56 Prozent (vgl. BMU, 2011 und Kapitel 3.1.1.). Der Herstellkostenanteil beläuft sich bei Holzhackschnitzel-Anlagen auf knapp 86 Prozent, wohingegen er bei den Holzpellettheizungen bei 69 Prozent der Systemkosten liegt (vgl. IÖW, 2010). Die inländische Marktnachfrage setzt sich aus der neu installierten Leistung (Zubau) und dem Ersatzbedarf an defekten oder fehlerhaften Komponenten und Bauteilen auf Basis des Vorjahresbestands (Ersatzinvestitionen) zusammen.

Die Exporte basieren – wie in den zuvor beschriebenen Technologien und im Kapitel 3.3 dargestellt – auf Primärdaten aus BMU, 2011. Die Exportumsätze für S2 und S3 werden wie in Kapitel 3.1 beschrieben mit Hilfe eines Marktchtfaktors berechnet, der das Zubauverhältnis zum Referenzszenario berücksichtigt. Die folgende Abbildung zeigt, dass die Exporte in allen drei Szenarien bis 2020 kontinuierlich steigen. Danach sinken sie, aber in geringerem Maße als der vorherige Anstieg.

Abbildung 45: Exporte deutscher Biomasse-Anlagen-Hersteller zur Wärmeerzeugung basierend auf BMU, 2011 (Modellergebnisse)

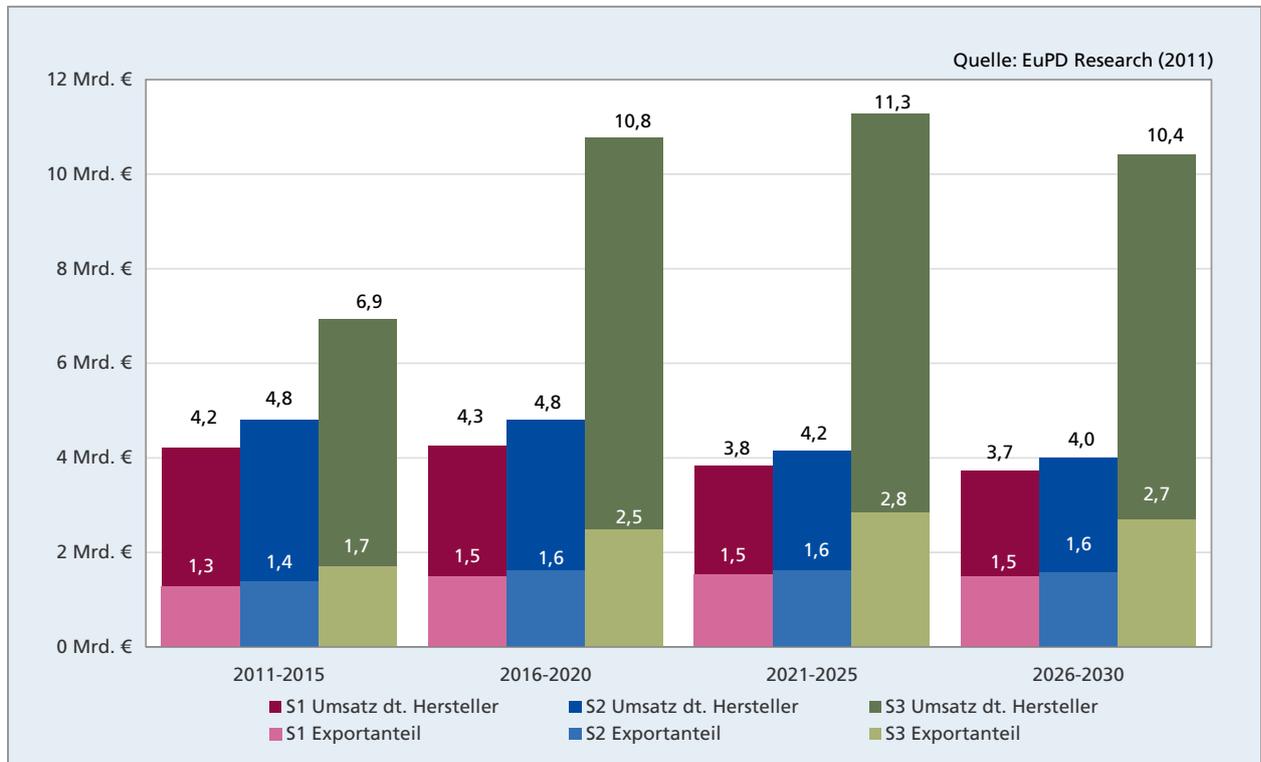


Die Nutzungsdauer für Biomasse-Anlagen beläuft sich nach BReg, 2010, auf 20 Jahre. Die Instandhaltungs- und Wartungskosten fallen jährlich anteilig entsprechend der Nutzungsdauer an und belaufen sich demnach auf fünf Prozent. Annahmegemäß entfällt die Hälfte der Instandhaltungs- und Wartungskosten als Ersatzbedarf für den Austausch von Komponenten und Bauteilen an. Die andere Hälfte entsteht aufgrund der Wartung und Inspektion. Der Ersatzbedarf wird mit den durchschnittlichen Systemkosten bewertet und ergibt somit die Ersatzinvestitionen in Biomasse-Anlagen zur Stromerzeugung.

Die Systempreise basieren auf Prognos, 2010. Pelletheizungen kosten demnach in 2010 900 Euro pro kW thermischer Leistung. Holzhackschnitzelanlagen werden mit 640 Euro pro kW und Anlagen zur Nutzung von Bioenergieprozesswärme mit 560 Euro pro kW bewertet. Die durchschnittlichen jährlichen Systempreise werden anhand der Zubauverteilung in AEE, 2011, gewichtet und sind aufgrund der Dominanz der Pelletheizungen relativ hoch (801 Euro pro kW thermisch). Bis 2020 fällt der Durchschnittspreis auf 723 Euro pro kW. Nach 2020 fallen die Systempreise entsprechend dem durchschnittlichen Preisverfall zwischen 2010 und 2020 (vgl. Prognos, 2010).

Abbildung 46 zeigt die Umsatzentwicklung deutscher Hersteller in den drei Szenarien. Dabei wird deutlich, dass die Exporte in allen Szenarien und über den gesamten Zeitverlauf einen relativ geringen Anteil an den Umsätzen darstellen. Des Weiteren fällt auf, dass die Entwicklung langfristig rückläufig ist, d.h. in allen Szenarien sinken die Umsätze langfristig nach einem mittelfristigen Anstieg.

Abbildung 46: Umsätze deutscher Hersteller in der Biomasse-Branche zur Wärmeerzeugung (inkl. Exporte) in Mrd. Euro (Modellergebnisse)



3.9.3 Investitionen

Die Gesamtinvestitionen sind die Summe aus den Investitionen in Biomasse-Anlagen zur Wärmeerzeugung und den Investitionen in Fertigungskapazitäten. Die Investitionen in Biomasse-Anlagen zur Wärmeerzeugung entsprechen der mit den durchschnittlichen Systempreisen bewerteten inländischen Marktnachfrage (Zubau an neu installierter Leistung und Ersatzinvestitionen bemessen am Vorjahresbestand).

Auf dieser Grundlage werden nun die Investitionen der Biomasse-Wärme-Branche in Abhängigkeit vom szenarioabhängigen Zubau errechnet. Die Basis bilden die im vorigen Abschnitt beschriebenen Systempreise. Die inländische Marktnachfrage wird mit den durchschnittlichen Systempreisen je kW installierter Leistung bepreist und ergibt die Investitionen in Biomasse-Anlagen zur Wärmeerzeugung inklusive der Ersatzinvestitionen.

In der nächsten Phase werden die Investitionskosten für Fertigungsstätten berechnet. Die Systempreise nach Prognos, 2010, sind ein Resultat der allgemeinen Kostenstruktur einer Technologie. Daher werden anhand der Entwicklung der Systempreise Rückschlüsse über die Entwicklung der Herstellkosten getroffen. Die Herstellkosten sind ein entscheidendes Kriterium für die Investitionsentscheidung der Hersteller, sodass hieraus auch die erwarteten Investitionskosten für Fertigungskapazitäten abgeleitet werden können. Dabei müssen diverse Annahmen über die Kostenstruktur im Herstellungsprozess getroffen werden. Für die Berechnung des Herstellkostenanteils wird die Kostenstruktur nach IÖW, 2010, übernommen. Hierbei bildet eine Pelletheizung (mit etwa 10kW) ein typisches Beispiel für eine kleine Biomasse-Anlage zur Wärmeerzeugung. Als

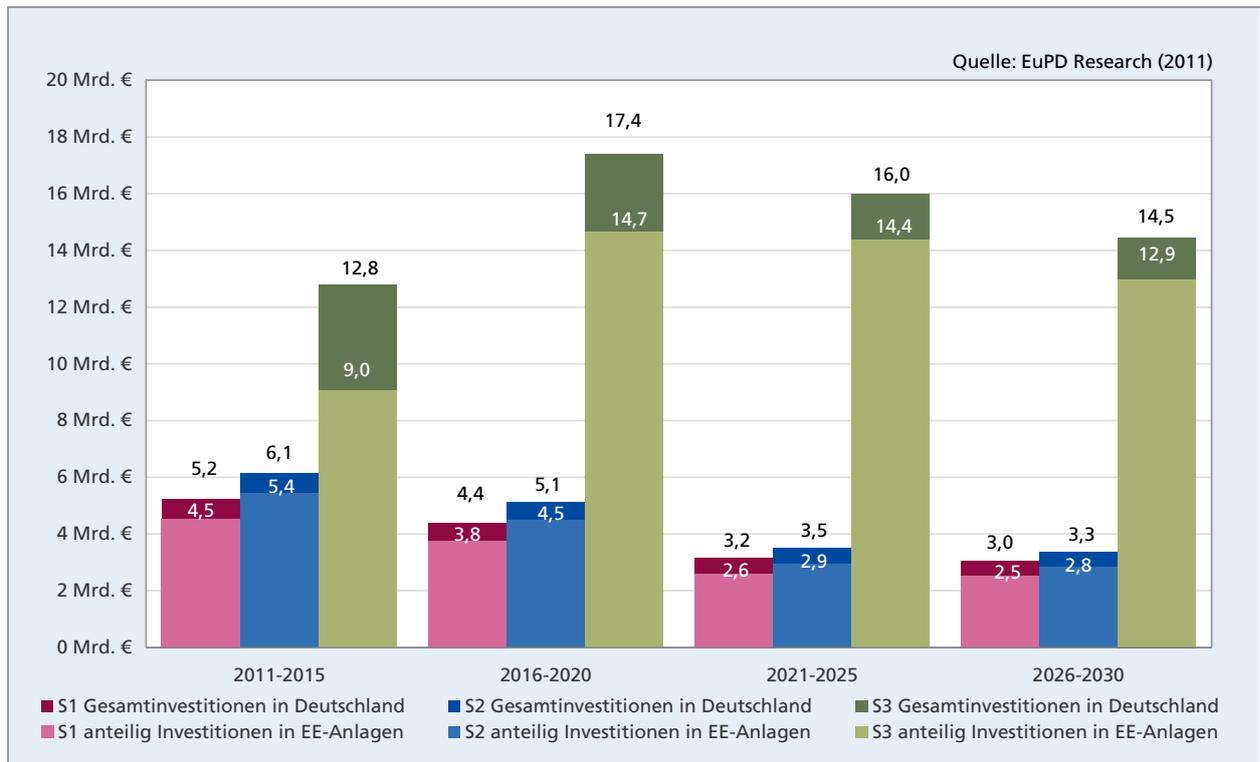
repräsentative Anlage für große Biomassewärme-Anlagen dient eine 5.000kW-Waldhackschnitzel-Biomasse-Anlage. Die Kostenstruktur für Beispielanlage mit Bioenergieprozesswärme konnte nicht ermittelt werden. Da es sich hierbei in der Regel um große Anlagen handelt, wird hier angenommen, dass die Kostenstruktur im Wesentlichen ähnlich wie bei großen Biomassewärme-Anlagen ist. Im Mittel liegen die Kosten aus Handel, Planung, Logistik und Projektierung demnach bei etwa 22 Prozent. Etwa 78 Prozent entfallen auf die wesentlichen Komponenten und Bauteile und werden daher den Herstellkosten zugeschrieben.

Unter der Annahme einer mittleren Heizstundenzahl von 2.000 Stunden und einer energetischen Amortisationszeit von etwa zwei Jahren liegen die Energiekosten bei etwa 17 Prozent der Herstellkosten. Der mittlere Industriestrompreis belief sich in 2010 auf 11,6 Ct/kWh (AEE, 2011a). Der Energiekostenanteil steigt aufgrund der Strompreissteigerung nach BMU, 2008, mit den Jahren moderat an. Die Arbeitskosten am Herstellungsprozess betragen annahmegemäß 20 Prozent.

Die erwartete inländische und ausländische Nachfrage (in Form der Exportumsätze) muss durch die Hersteller und Zulieferer unter der Prämisse gleichbleibender Wertschöpfungsanteile befriedigt werden. Wie in Kapitel 3.1 beschrieben, werden hierzu von Seiten der Hersteller in den Vorjahren Entscheidungen über den Ausbau und Erhalt ihrer Fertigungsstätten getroffen. Die Hersteller berücksichtigen dabei die am Markt vorhandenen Fertigungskapazitäten und die durchschnittliche Produktionsauslastung. Alle weiteren Kostenfaktoren weichen nicht von den Annahmen in Kapitel 3.1.3 ab.

Trotz der notwendigen Abstraktion aufgrund der Breite der Technologie können Tendenzen für die Investitionstätigkeit ausgegeben werden. Die folgende Abbildung zeigt die Gesamtinvestitionen für den Biomasse-Wärme-Sektor. Die dunkel gefärbten Balken bezeichnen jeweils die Investitionen in Fertigungskapazitäten inklusive der Ersatzinvestitionen zum Erhalt bestehender Fertigungsstätten. Die hell unterlegten Balken bezeichnen die Investitionen in Biomasse-Anlagen zur Wärmeerzeugung. In der Periode zwischen 2016 und 2020 erreichen die Investitionen in S3 ihr Maximum. Danach entwickeln sich die Investitionen rückläufig. Der Anteil der Ersatzinvestitionen nimmt dann deutlich zu.

Abbildung 47: Gesamtinvestitionen der Biomasse-Branche zur Wärmeerzeugung in Deutschland in Mrd. Euro (Modellerggebnisse)



Resümierend fällt in der Biomasse-Branche zur Wärmeerzeugung auf, dass der Anteil des in Deutschland generierten Umsatzes sehr hoch ist. Bei den Gesamtinvestitionen überwiegen die Investitionen in Biomasse-Anlagen.

3.10 Solarwärme

3.10.1 Markt

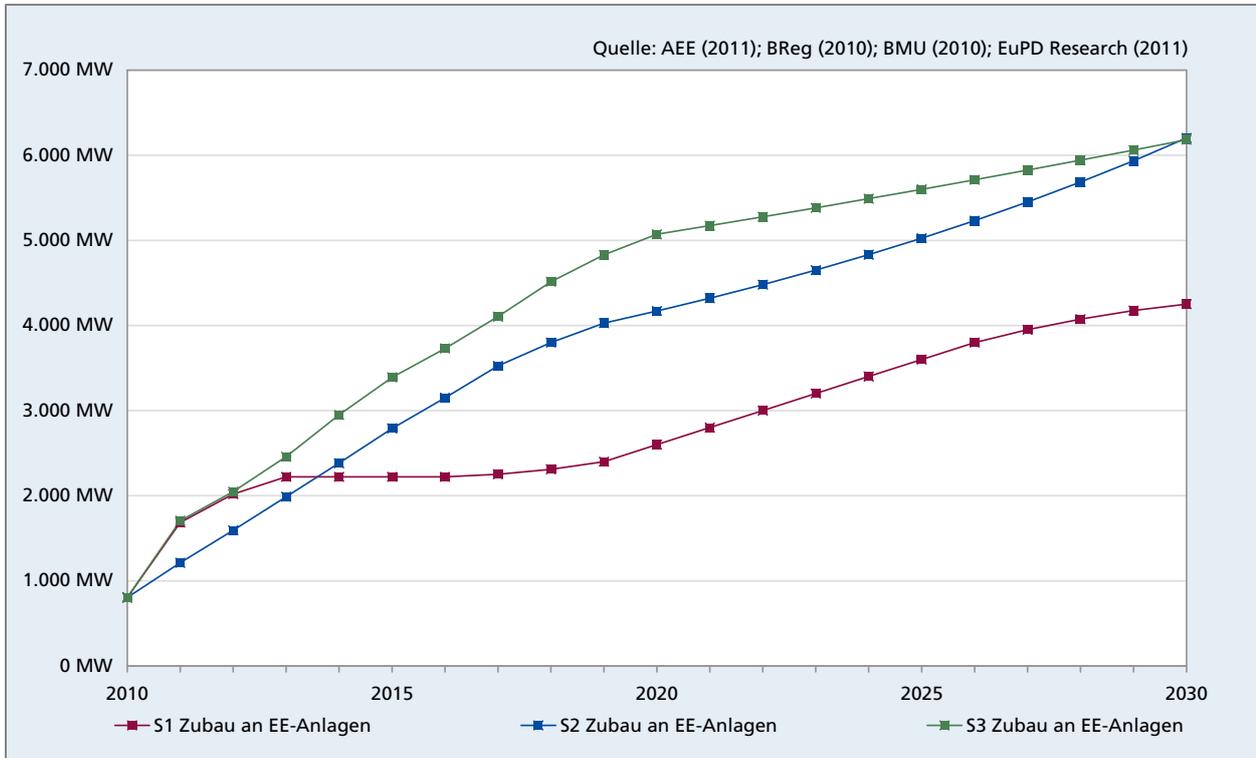
Gemäß IEA, 2009, waren 2007 weltweit etwa 146 GW an thermischer Kollektorleistung installiert. Austria Solar, 2011, schätzt den weltweiten Bestand in 2009 auf knapp 200 GW. Die installierte Leistung wird in der Solarwärme häufig als Kollektorfläche angegeben. Der Umwandlungsfaktor von der Kollektorfläche in Quadratmetern zu kW(th) ist fix nach der Vereinbarung aus dem sogenannten „Gleisdorf-Meeting“ und beträgt 0,7. Demnach entspricht ein Quadratmeter Kollektorfläche einer installierten Leistung von 0,7 kW(th). Nach BMU, 2010, lag der durchschnittliche Jahresertrag einer Solarwärme-Anlage in Deutschland zwischen 2005 und 2008 im Mittel bei 552 kWh pro kW(th).¹³ Das methodische Vorgehen zur Berechnung der Zielkennziffern wird in Kapitel 3.1 bzw. 3.3 beschrieben.

Der Status Quo für Deutschland wird auf Basis von BMU, 2010, ausgewiesen. Der Status Quo ist über alle drei Szenarien konstant. Da in BReg, 2010 nur Wärmemengen ausgewiesen werden, wird die Zubauentwicklung

¹³ Vgl. Gleisdorf, 2004 und BMU, 2010. Die Umrechnungsfaktoren zwischen der Wärmemenge in GWh bzw. Tj/a und der abgeleiteten installierten Kollektorleistung in MW(th) werden auf Basis von BMU, 2010, Anhang, Tabelle 2 und 14 und IEA, 2009, Tabelle 3, S. 20 gebildet. Abweichend zu BMU, 2010, lag der durchschnittliche Jahresertrag einer Solarwärmeanlage in Deutschland in 2007 nach IEA, 2009 nur bei etwa 525 kWh pro kW(th) gegenüber 556 kWh pro kW(th) in BMU, 2010. Die Diskrepanz resultiert aus unterschiedlichen Annahmen über den Bestand an Solarthermie-Anlagen und erklärt sich aus der eingeschränkten statistischen Erfassung des Bestands im gesamten erneuerbaren Wärmebereich.

für S1 anhand des Vergleichs der Wärmemengen mit S2 ermittelt (vgl. Kapitel 3.2.2.). In 2010 wurden in Deutschland etwa 805 MW(th) an neuen Solarwärme-Anlagen installiert. Betrachtet man den Zubau in Deutschland, so wird deutlich, dass der Zubau in allen drei Szenarien über den Zeitverlauf deutlich ansteigen soll. Somit wird in den Szenarien von einem großen Potential der Solarwärme ausgegangen.¹⁴

Abbildung 48: Zubau an Solarwärme-Anlagen in Deutschland in den drei Szenarien

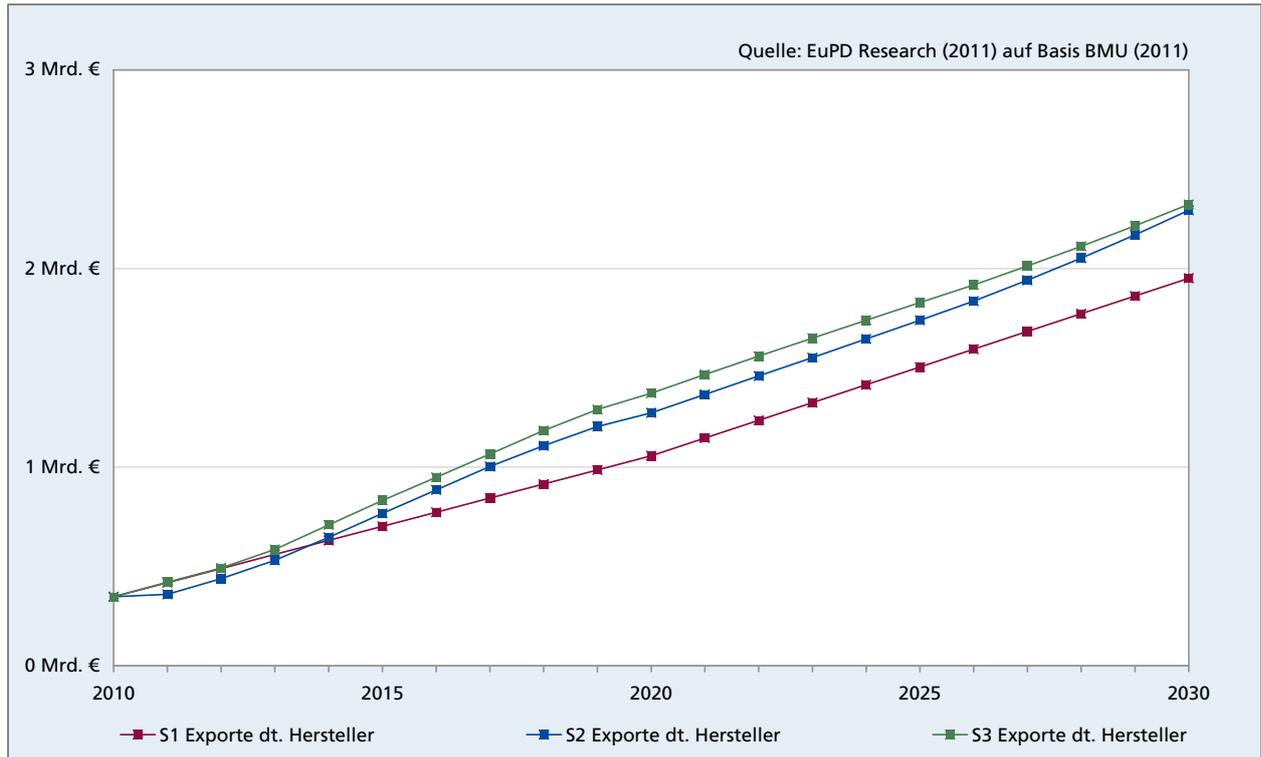


3.10.2 Umsatz- und Exportentwicklung

Der Gesamtumsatz deutscher Hersteller setzt sich aus dem Auslandsumsatz (Exportumsätze nach BMU, 2011) und dem Inlandsumsatz zusammen. Die folgende Abbildung zeigt die Exportentwicklung in der Solarwärme gemäß BMU, 2011. Die Exporte werden – wie bei den anderen Technologien – in Bezug auf das Referenzszenario S1 gemäß der Stärke des Heimatmarktes angepasst (siehe „Marktmachtfaktor“ Kapitel 3.1). Dabei wird deutlich, dass die Exporte zukünftig stark an Relevanz für die deutschen Hersteller gewinnen. In allen drei Szenarien steigen die Exporte enorm über den Betrachtungszeitraum, sodass die Exporte von 300 Mio. Euro im Jahr 2010 in etwa auf einen Wert zwischen 2 Mrd. Euro und 2,5 Mrd. Euro im Jahr 2030 ansteigen.

¹⁴ Das Zubau-Szenario der Branchenprognose (S3: AEE, 2011) wurde inzwischen vom BSW-Solar durch den „Fahrplan Solarwärme“ aktualisiert. Das Trendszenario darin weicht vom hier verwendeten Branchenszenario ab.

Abbildung 49: Exporte deutscher Solarwärme-Anlagen-Hersteller basierend auf BMU, 2011 (Modellerggebnisse)



Um den Gesamtumsatz deutscher Hersteller und Zulieferer berechnen zu können, müssen neben den Exporten die Inlandsumsätze betrachtet werden. Der Inlandsumsatz wird mittels der inländischen Marktnachfrage (Zubau und Ersatzbedarf), der durchschnittlichen Systempreise unter Bezug auf die Wertschöpfungs- und Herstellkostenanteile deutscher Hersteller berechnet. Der Wertschöpfungsanteil deutscher Hersteller in Deutschland in Höhe von mehr als 51 Prozent beruht auf Annahmen von BMU, 2011. Der Wertschöpfungsanteil erscheint zunächst etwas hoch, jedoch gehören deutsche Hersteller (neben österreichischen, amerikanischen und chinesischen Herstellern) zu den führenden Produzenten in der Welt und sind stark auf dem Heimatmarkt vertreten. Unter dem Wertschöpfungsanteil deutscher Hersteller wird der Anteil des gesamten Wertschöpfungsprozesses einer Solarwärme-Anlage verstanden, der in deutschen Fertigungsstätten generiert wurde. Der Herstellkostenanteil, als der Anteil der Systemkosten, die auf den Herstellungsprozess zurück zu führen sind, liegt nach IÖW, 2010 bei knapp über 63 Prozent (vgl. Kapitel 3.1.1.).

Zur Bemessung der Ersatzinvestitionen aus dem Ersatzbedarf wird eine Nutzungsdauer von 20 Jahren nach BReg, 2010, angesetzt.¹⁵ Die Instandhaltungs- und Wartungskosten fallen jährlich anteilig entsprechend der Nutzungsdauer an. Neben den Instandhaltungs- und Wartungskosten wird Ersatzbedarf für den Austausch von Komponenten und Bauteilen fällig. Vereinfachend wird angenommen, dass der Ersatzbedarf 2,5 Prozent des Solarthermie-Anlagenbestandes, bepreist mit den durchschnittlichen Systemkosten, ausmacht.

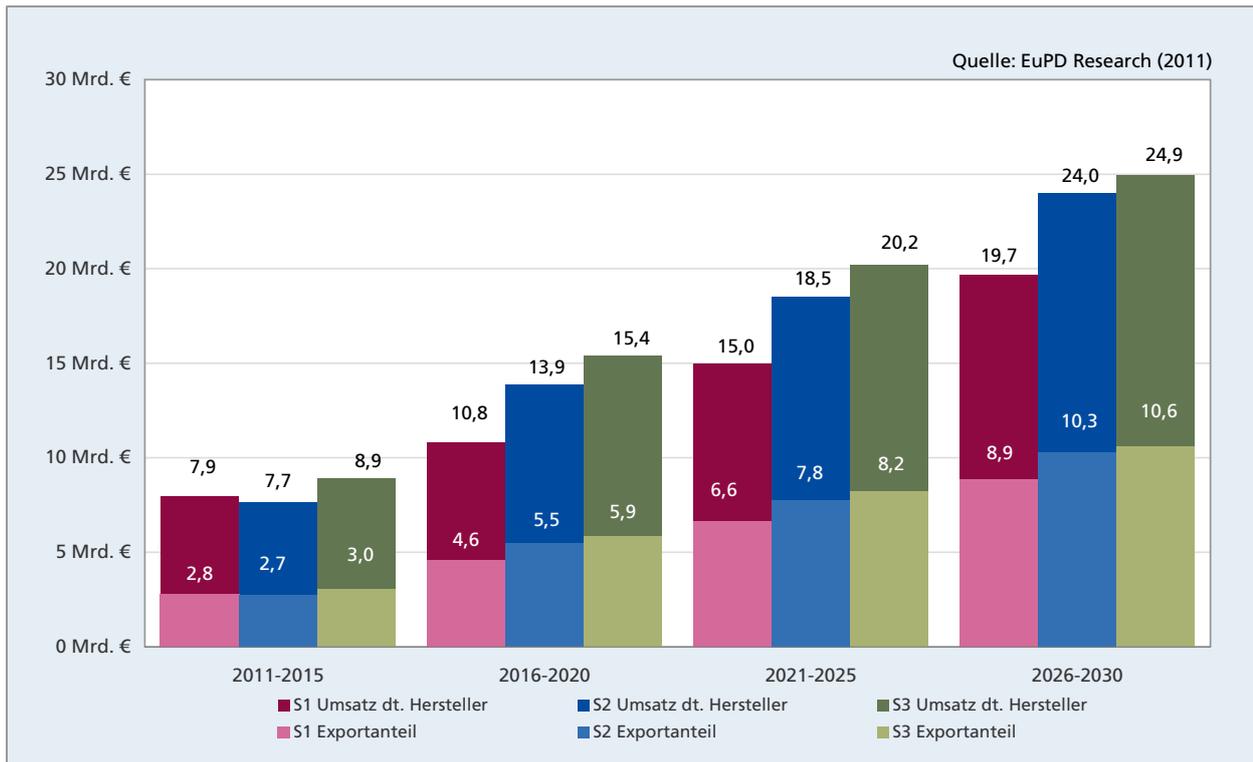
Zur Bewertung der Umsatzentwicklung wird eine Systempreisentwicklung bis 2020 nach Prognos, 2010, angenommen. Für 2010 wird demnach mit einem Preis von 1.000 Euro pro kW(th) installierte Leistung gerechnet; in 2020 sinkt dieser auf 643 Euro pro kW(th). Nach 2020 wird die Preisentwicklung mittels der Lernrate von 17 Prozent nach ISI, 2008, bei weltweiter Bestandsverdopplung abgeleitet und kontinuierlich

¹⁵ Die Nutzungsdauer von 10 Jahren gemäß der AfA-Tabelle Nr. 0 erscheint sehr knapp bemessen und wird daher nicht berücksichtigt.

angewendet. Der weltweite Status Quo bei der Technologie Solarwärme basiert auf IEA, 2009, und Austria Solar, 2011. Die weltweite Entwicklung des Bestands folgt derjenigen nach EREC, 2010.¹⁶

Die folgende Abbildung zeigt die Umsätze deutscher Hersteller, wobei die Umsätze aus Exporten gesondert ausgegeben werden. In allen drei Szenarien steigen die Umsätze konstant, sodass 2026-2030 Umsätze in Deutschland zwischen 18,6 Mrd. Euro und 25,9 Mrd. Euro berechnet werden. Dabei sind die Anteile der Exporte relativ konstant über alle Szenarien und den Zeitverlauf.

Abbildung 50: Umsätze deutscher Hersteller in der Solarwärme-Branche (inkl. Exporte) in Mrd. Euro (Modellergebnisse)



3.10.3 Investitionen

Die Gesamtinvestitionen sind die Summe aus den Investitionen in Solarwärme-Anlagen und den Investitionen in Fertigungskapazitäten. Die Investitionen in Solarwärme-Anlagen entsprechen der mit den durchschnittlichen Systempreisen bewerteten inländischen Marktnachfrage (Zubau an neu installierter Leistung und Ersatzinvestitionen bemessen am Vorjahresbestand). Unter der Prämisse gleichbleibender Wertschöpfungsanteile, muss der Zubau und Ersatzbedarf eines jeden Jahres durch die deutschen Hersteller und Zulieferer bereitgestellt werden – die Nachfrage muss bedient werden. Dementsprechend müssen die Hersteller in den Vorjahren ihre Fertigungskapazitäten erhalten und bei gestiegener Nachfrage die Fertigungsstätten entsprechend erweitern. Der Bedarf an neuer und bestehender Fertigungskapazität leitet sich also aus der Marktnachfrage ab und resultiert in den Investitionen in Fertigungskapazitäten, die den Investitionen in Solarwärme-Anlagen zeitlich vorgelagert sind.

¹⁶ Abweichend wurde hier das Referenz Szenario von EREC, 2010 gewählt, da das energy (r)evolution Szenario zu deutlich von der bisher beobachteten weltweiten Entwicklung abweicht und für 2010 im Vergleich zu Austria Solar, 2011 das Doppelte der installierten Leistung annimmt. Dies liegt insbesondere daran, dass der Wärmebereich in EREC, 2010 gegenüber der Basisversion EREC, 2008 nicht aktualisiert wurde. Bereits im Referenz Szenario EREC, 2010 wird in 2030 mehr als das Vierfache der heute installierten Kollektorleistung angenommen.

Zur Bewertung des Aufwands zum Erhalt und Ausbau von Fertigungskapazitäten müssen durchschnittliche Investitionskosten hergeleitet werden. Die Systempreise für Solarwärmeanlagen sind das Resultat der Kostenstruktur der Technologie, sodass aus ihnen die Herstellkosten und damit einhergehend die Investitionskosten für Fertigungskapazitäten bei gegebenem Rentabilitätszeitraum im Folgenden hergeleitet werden können (vgl. Kapitel 3.1).

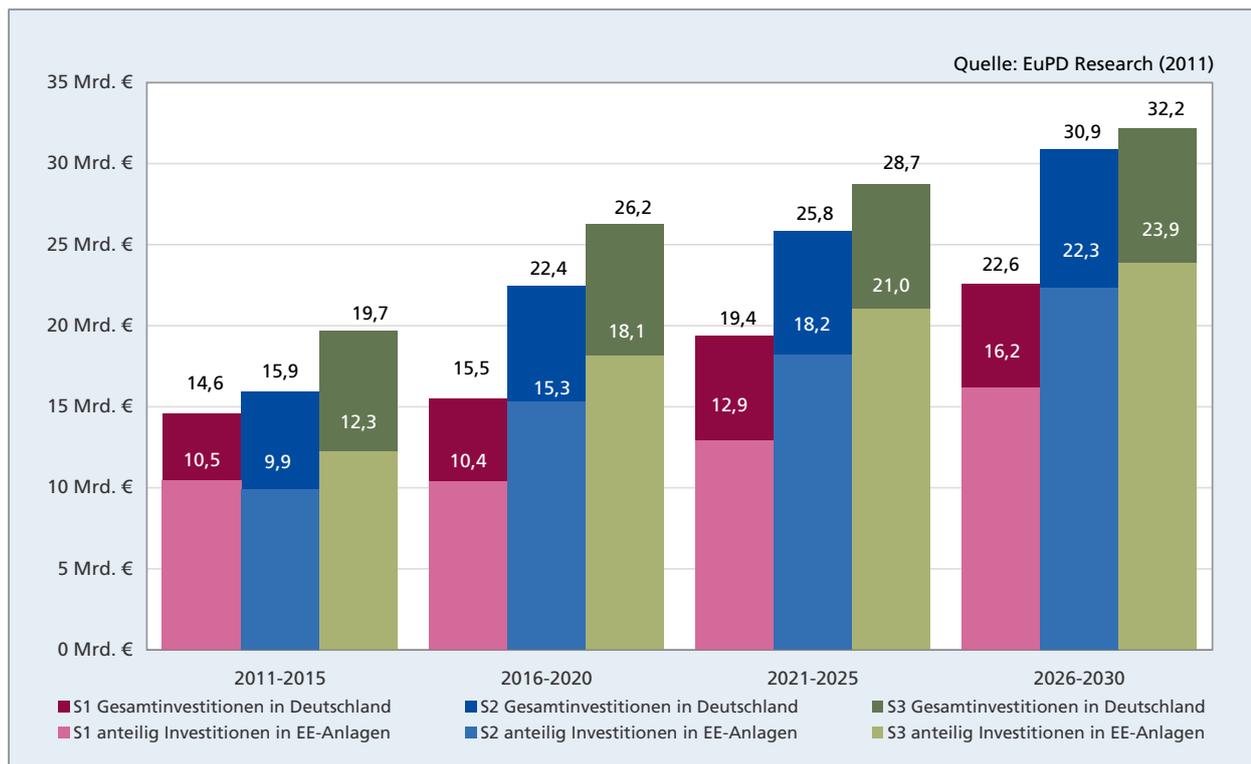
Die Systempreise werden – wie bereits oben erwähnt – nach Prognos, 2010, angenommen. Nach IÖW, 2010, bestehen mehr als 63 Prozent des Systempreises aus Kosten für Kollektoren, Brauchwasserspeicher, Regler, Pumpen, Rohre und Unterkonstruktion. Der Rest der Kosten entfällt auf Kosten zur Planung, Installation, Logistik, Handel und Material. Die Arbeitskosten sind ähnlich wie bei der Photovoltaik strukturiert. Daher werden auch hier 17 Prozent angesetzt.

Die Energiekosten liegen nach IEA, 2009, und unter Berücksichtigung von Quaschning, 2011, bei 10 Prozent der Herstellkosten. Der Primärenergieaufwand zur Herstellung von Solarwärme-Anlagen variiert sehr stark in Abhängigkeit der Technologie und liegt bei 330 bis 1.100 kWh pro produziertem Quadratmeter Kollektorfläche (Quaschning, 2011). Nach Quaschning, 2011, liegt die realistische energetische Amortisationszeit bei 10 Monaten für Solarwärme-Anlagen (entspricht in etwa Erntefaktor 24 für reine Brauchwasser-Anlagen). Gemäß IEA, 2009, ergibt sich ein mittlerer Jahresertrag für die in Deutschland installierte Kollektorfläche von 525 kWh pro kW(th).¹⁷ Dieser wird als Referenz für die Berechnung der Herstellkosten verwendet. Die Energiekosten im Herstellungsprozess werden in 2010 mit einem durchschnittlichen Industriestrompreis von 11,6 Ct pro kWh bewertet und steigen entsprechend der Entwicklung der Energiepreise in BMU, 2008 moderat an. Alle weiteren Kostenfaktoren weichen nicht von den Annahmen in Kapitel 3.1.3 ab.

Die Gesamtinvestitionen ergeben sich als Summe aus Investitionen in Solarwärme-Anlagen inklusive der Instandhaltungs- und Wartungskosten sowie den Investitionen in Fertigungskapazitäten. Die folgende Abbildung zeigt die Entwicklung, wobei die dunklen Balken die Investitionen in Fertigungskapazitäten und die hellen Balken die Investitionen in Solarwärme-Anlagen wiedergeben. Dabei wird deutlich, dass die Investitionstätigkeit über alle Szenarien und den gesamten Zeitverlauf teils deutlich zunimmt. Insgesamt schwanken die Gesamtinvestitionen 2011-2015 zwischen 14,6 Mrd. Euro (S1) und 19,7Mrd. Euro (S3) und steigen bis 2026-2030 auf 22,6 Mrd. Euro als untere Grenze bzw. 32,2 Mrd. Euro als Obergrenze an.

¹⁷ Vgl. IEA, 2009, Tabelle 3, S. 20.

Abbildung 51: Gesamtinvestitionen der Solarwärme-Branche in Deutschland in Mrd. Euro (Modellergebnisse)



In der Solarwärme-Branche zeigt sich eine sehr positive Entwicklung der Umsätze mit einem relativ konstanten Exportanteil. Dabei sind die Schwankungen zwischen den Szenarien überschaubar, was ein konsistentes Bild der langfristigen Entwicklung liefert. Auch im Hinblick auf die Gesamtinvestitionen zeigt sich über alle Szenarien hinweg, dass diese langfristig auf einem relativ hohen Niveau steigen. Das Wachstum speist sich in erster Linie aus dem Zubau an neuen Solarwärme-Anlagen.

3.11 Wärmepumpen

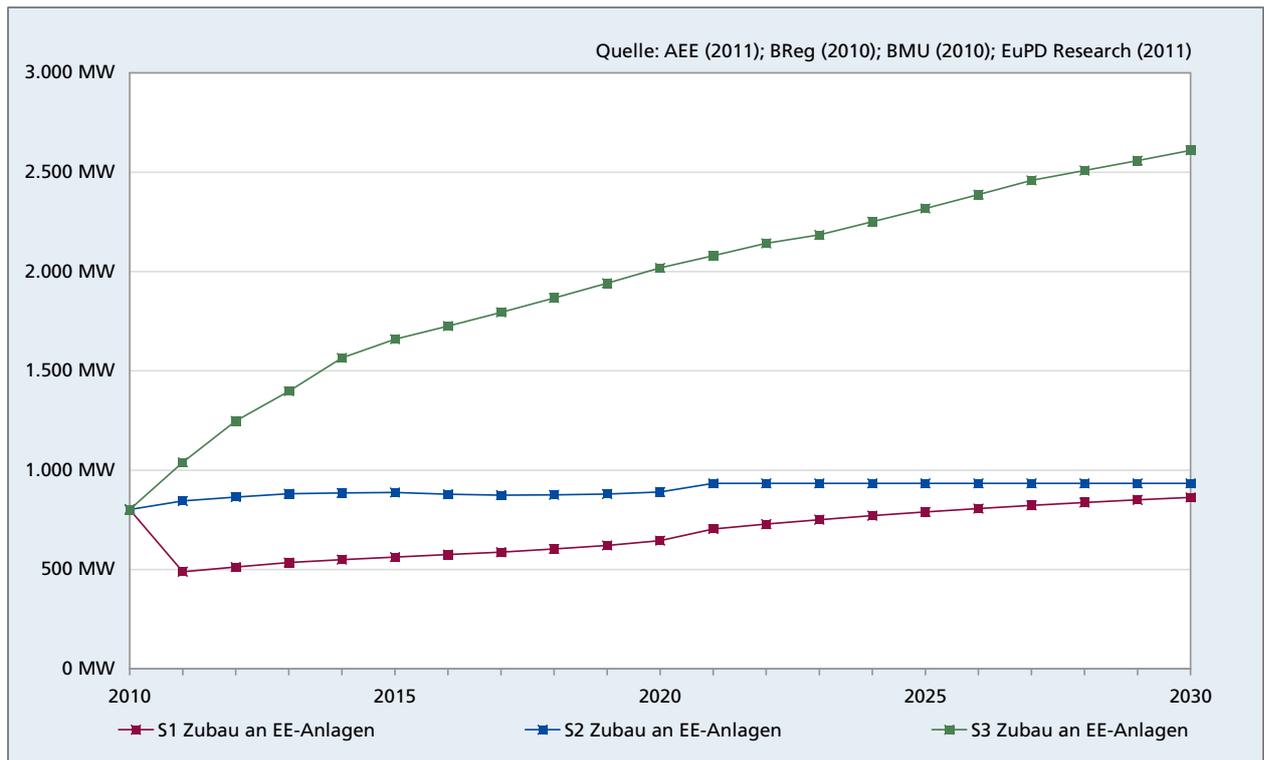
3.11.1 Markt

In diesem Kapitel werden Erdwärmepumpen (hydro- und geothermisch) und Luftwärmepumpen behandelt, die Erd- bzw. Umweltwärme bereitstellen. Das Modell zur Berechnung der Zielkennziffern aus Kapitel 3.1 bzw. 3.3 findet hier seine Anwendung.

Für den deutschen Markt basiert der Zubau im Status Quo auf der Bestandsentwicklung nach BMU, 2010. Dieser ist über alle drei Szenarien konstant. Als Basis für die Umrechnung von GWh bzw. TJ/a zu MW(th) wurde für Deutschland eine Jahresvolllaststundenzahl von 1.950 Stunden unterstellt (BWP, 2009). Die Entwicklung von S1 ist anhand der Wärmemengen im Verhältnis zu S2 interpretiert (vgl. Kapitel 3.2.2.). Die folgende Abbildung verdeutlicht, dass sich S1 und S2 hinsichtlich der auf diese Weise ermittelten Zubauentwicklung ähneln. S3 ist hingegen in seiner Prognose optimistischer und antizipiert einen kontinuierlich steigenden Zubau bis auf 2,6 GW in 2030.¹⁸

¹⁸ Nach GHC, 2004, S.1 lieferte die damals weltweit installierte Leistung von 12 GW(th) eine Wärmemenge von 20.000 GWh. Daher werden für das internationale Szenario 1.667 Jahresvolllaststunden angenommen.

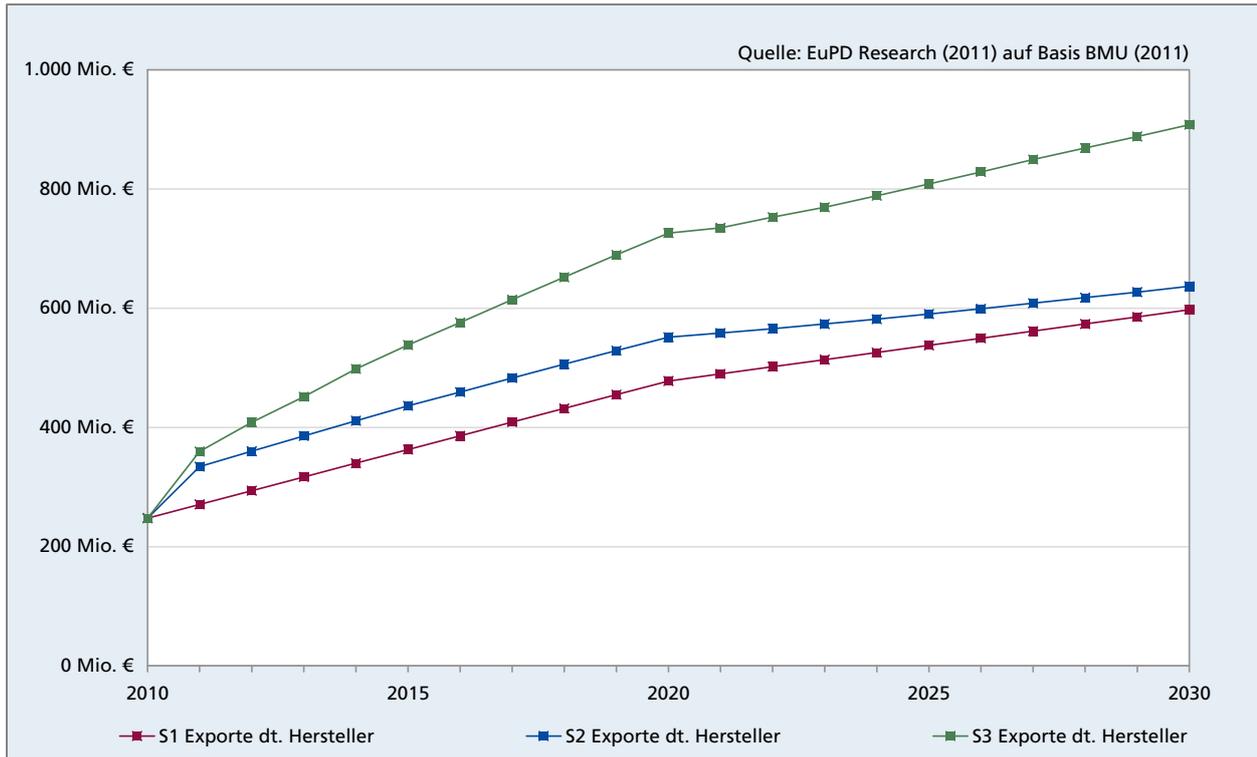
Abbildung 52: Zubau an Wärmepumpen in Deutschland in den drei Szenarien



3.11.2 Umsatz- und Exportentwicklung

Der Gesamtumsatz deutscher Hersteller setzt sich aus dem Auslandsumsatz (Exportumsätze nach BMU, 2011) und dem Inlandsumsatz zusammen. Die Exporte werden – wie bei den anderen Technologien – in Bezug auf das Referenzszenario S1 gemäß der Stärke des Heimatmarktes angepasst (siehe „Marktmachtfaktor“ Kapitel 3.1). Demnach basiert die modellierte Exportentwicklung auf den Ausgangsdaten in BMU, 2011. Im Rahmen dessen sind die positiven Multiplikatoreffekte zu beachten, die sich für den heimischen Markt ergeben, wenn der inländische Markt sich gegenüber S1 stärker entwickelt. Die folgende Abbildung verdeutlicht, dass die Exportentwicklung in allen drei Szenarien eine steigende Tendenz aufweist. Somit verdreifachen sich die Exporte von 200 Mio. Euro im Jahr 2010 auf 600 Mio. Euro im Referenzszenario S1. Nach S3 sollten sich die Exportumsätze bis 2030 sogar mehr als vervierfachen.

Abbildung 53: Exporte deutscher Wärmepumpen-Hersteller basierend auf BMU, 2011 (Modellergebnisse)



Der Inlandsumsatz erschließt sich aus der mit den durchschnittlichen Systempreisen bewerteten inländischen Marktnachfrage. Hierbei müssen die Wertschöpfungs- und Herstellkostenanteile deutscher Hersteller berücksichtigt werden (vgl. Kapitel 3.1.1.). Der Wertschöpfungsanteil bezeichnet den Anteil der auf dem Markt abgesetzten Vor-, Zwischen- und Endprodukte entlang der Wertschöpfungskette einer Wärmepumpen-Anlage, die aus deutscher Produktion (Wertschöpfung) stammen. Nach BMU, 2011 liegt der Wertschöpfungsanteil der deutschen Wärmepumpenhersteller bei knapp 63 Prozent. Der Herstellkostenanteil stellt den Anteil der Systemkosten dar, der auf Kosten im Herstellungsprozess zurück zu führen ist. Knapp 74 Prozent der Systemkosten entfallen auf den Herstellungsprozess (s. IÖW, 2010). Die inländische Marktnachfrage setzt sich aus der neu installierten Leistung (Zubau) und dem Ersatzbedarf an defekten oder fehlerhaften Komponenten und Bauteilen auf Basis des Vorjahresbestands (Ersatzinvestitionen) zusammen.

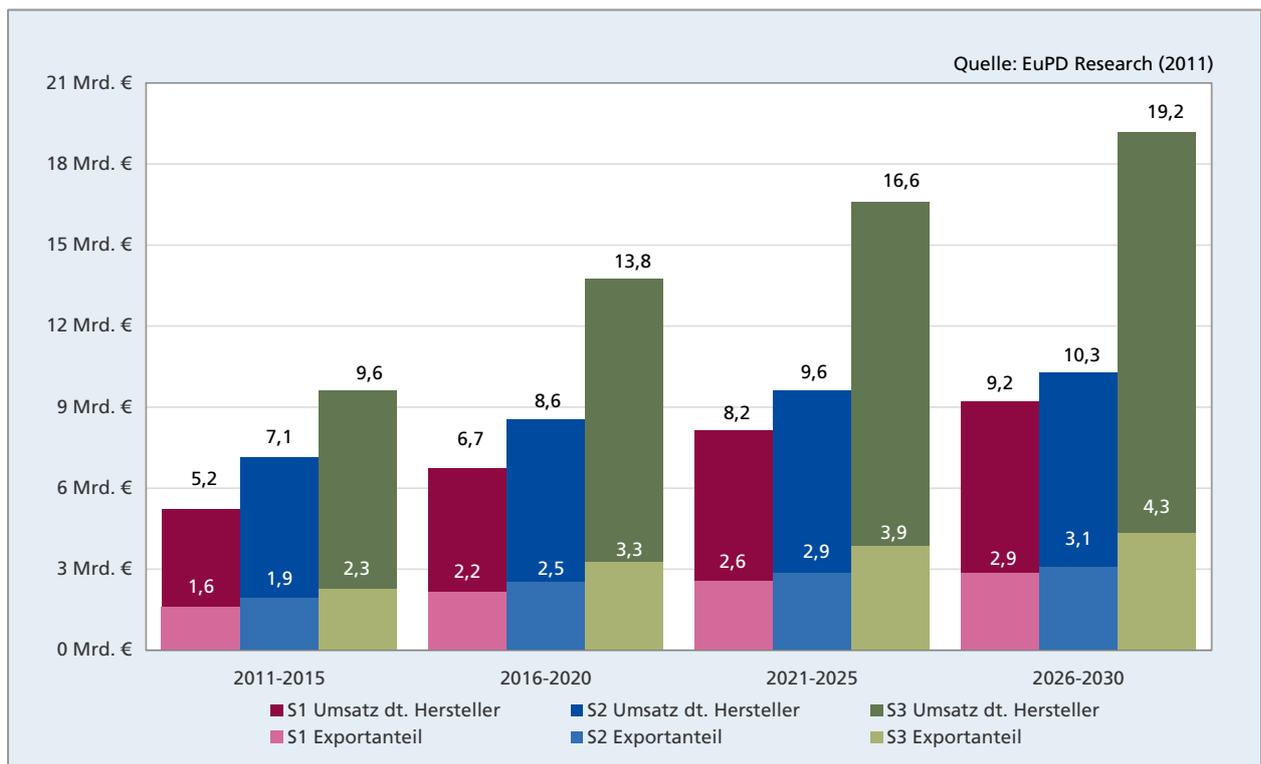
Die inländische Marktnachfrage wird mit den durchschnittlichen Systempreisen bewertet und setzt sich wie oben beschrieben aus den neu installierten Wärmepumpen und den Ersatzinvestitionen (Ersatzbedarf) zum Erhalt bestehender Wärmepumpen zusammen. Der Komponenten-Ersatzbedarf leitet sich wie folgt her. Nach der technologieunabhängigen Modellannahme entfallen 50 Prozent der Instandhaltungs- und Wartungskosten auf den Austausch defekter und mangelbehafteter Teile. Bei einer Nutzungsdauer von 20 Jahren nach BReg, 2010, entstehen demnach anteilig jährliche Ersatzinvestitionen von 2,5 Prozent des Vorjahresbestands, die dem Markt für Wärmepumpen zuzurechnen sind. Die Ersatzinvestitionen steigen also im Verhältnis der insgesamt in Deutschland installierten Wärmepumpenleistung. Der Ersatzbedarf wird mit den durchschnittlichen Systemkosten bewertet und ergibt somit die Ersatzinvestitionen in Wärmepumpen.

Zur monetären Bewertung der Umsätze deutscher Hersteller dient als Ausgangspunkt die Systempreisentwicklung bis 2020 nach Prognos, 2010. So liegt der Systempreis 2010 bei 1.504 Euro pro kW(th), 2020 bei 1.436 Euro pro kW(th). Nach 2020 wird die Preisentwicklung gemäß einer Lernrate von acht Prozent nach ISI, 2008, bei weltweiter Bestandsverdopplung kontinuierlich modelliert. Der weltweite Bestand

und damit auch der Zubau wird für den Status Quo aus GHC, 2004, entnommen. Die weltweite Bestandsentwicklung entstammt hingegen EREC, 2010.

Die Umsätze deutscher Hersteller aus dem inländischen sowie ausländischen Markt werden in der nachstehenden Abbildung dargestellt. Insgesamt steigen die Umsätze in allen Szenarien deutlich. Bereits für das Referenzszenario S1 wird ausgehend vom Zeitraum 2011-2015 eine Umsatzsteigerung von fast 80 Prozent bis 2026-2030 berechnet. In den anderen Szenarien ist dieser Anstieg noch deutlich ausgeprägter. In S2 und S3 wird sich der Umsatz langfristig nahezu verdoppeln.

Abbildung 54: Umsätze deutscher Hersteller in der Wärmepumpen-Branche (inkl. Exporte) in Mrd. Euro (Modellergebnisse)



3.11.3 Investitionen

Die Gesamtinvestitionen sind die Summe aus den Investitionen in Wärmepumpen-Anlagen und den Investitionen in Fertigungskapazitäten. Die Investitionen in Wärmepumpen-Anlagen entsprechen der mit den durchschnittlichen Systempreisen bewerteten inländischen Marktnachfrage (Zubau an neu installierter Leistung und Ersatzinvestitionen bemessen am Vorjahresbestand). Unter der Prämisse gleichbleibender Wertschöpfungsanteile muss der Zubau und Ersatzbedarf eines jeden Jahres durch die deutschen Hersteller und Zulieferer bereitgestellt werden – die Nachfrage muss bedient werden. Dementsprechend müssen die Hersteller in den Vorjahren ihre Fertigungskapazitäten erhalten und bei gesteigerter Nachfrage die Fertigungsstätten entsprechend erweitern. Der Bedarf an neuer und bestehender Fertigungskapazität leitet sich also aus der Marktnachfrage ab und resultiert in den Investitionen in Fertigungskapazitäten, die den Investitionen in Wärmepumpen zeitlich vorgelagert sind.

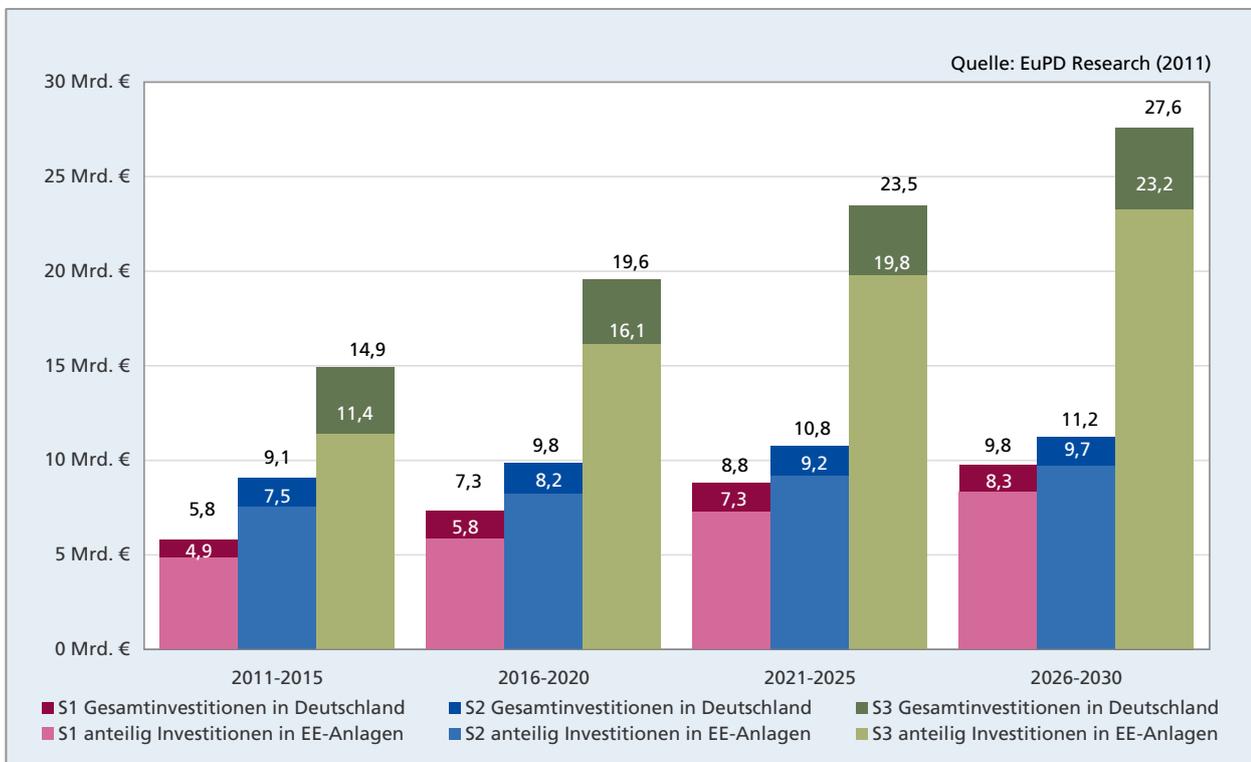
Zur Bewertung des Aufwands zum Erhalt und Ausbau von Fertigungskapazitäten müssen durchschnittliche Investitionskosten hergeleitet werden. Die Systempreise für Wärmepumpen sind das Resultat der Kostenstruktur der Technologie, sodass aus ihnen die Herstellkosten und damit einhergehend die

Investitionskosten für Fertigungskapazitäten bei gegebenem Rentabilitätszeitraum im Folgenden hergeleitet werden können (vgl. Kapitel 3.1).

Die Investitionskosten zur Berechnung der Investitionen in Fertigungskapazitäten werden daher wie folgt hergeleitet. Die Systempreisentwicklung erfolgt wie im vorherigen Abschnitt erläutert. Die Kostenstruktur der Wärmepumpenbranche basiert auf IÖW, 2010. Gemäß IÖW, 2010, betragen die Kosten für Handel, Installation etc. 22 Prozent. Dies entspricht 312 Euro pro kW installierter thermischer Leistung. Die Energiekosten im Herstellungsprozess belaufen sich annahmegemäß auf etwa ein Fünftel. Die Arbeitskosten hingegen liegen bei 25 Prozent.¹⁹ Alle weiteren Kostenfaktoren weichen nicht von den Annahmen in Kapitel 3.1.3 ab.

Auf diese Weise wird der Bedarf an neuer Herstellungskapazität sowie der Ersatzbedarf bewertet. Daraus lassen sich folglich die Investitionen in Fertigungsstätten ableiten. Die folgende Abbildung stellt die Gesamtinvestitionen im Bereich der Wärmepumpen dar. Die dunklen Balken bezeichnen die Investitionen in Fertigungskapazitäten inklusive der Ersatzinvestitionen. Die hell unterlegten Balken stellen die Investitionen in Wärmepumpen und deren Ersatzbedarf dar. Die Gesamtinvestitionen steigen kontinuierlich über den Betrachtungszeitraum bis 2030 in allen drei Szenarien. Das Szenario S3 ist deutlich optimistischer als die beiden anderen Szenarien, sodass sich ausgehend von einem hohen Investitionsniveau bis zum Zeitraum 2026-2030 nahezu eine Verdopplung der Gesamtinvestitionen eintritt. Die Investitionstätigkeit im Referenzszenario steigt moderat, aber kontinuierlich, an.

Abbildung 55: Gesamtinvestitionen der Wärmepumpen-Branche in Deutschland in Mrd. Euro (Modellergebnisse)



¹⁹ Enthalten sind in den Berechnungen Annahmen zu Wärmepumpen, Verdichtern, Erdsonden, Bohreräten für oberflächennahe Geothermie sowie Wärmetauschern.

Auffällig ist bei der ganzheitlichen Betrachtung der Wärmepumpen-Branche, dass die Umsätze extrem zwischen den Szenarien schwanken, wobei die Exporte in allen drei Szenarien an Relevanz für die deutschen Hersteller verlieren. Die Investitionen in Wärmepumpen überwiegen deutlich die Investitionen in Herstellungskapazitäten.

3.12 Biokraftstoffe

Die Untersuchung des Marktes, der Umsatzentwicklung und der Investitionsentwicklung im Bereich Biokraftstoffe unterscheidet sich aus mehreren Gründen von den untersuchten Technologien im Strom- und Wärmesektor. Es ist zunächst keine Serienproduktion von Biokraftstoffproduktionsanlagen festzustellen. Die Biokraftstoffproduktionsanlagen und Ölmühlen stellen damit gleichzeitig die Erneuerbare-Energien-Anlagen als auch die Herstellungskapazitäten dar, d.h. bei Biokraftstoffen ist die Erneuerbare-Energien-Anlage (z.B. Biodieselanlage) identisch mit der Fertigungsstätte.

Eine überschaubare Anzahl von Produktionsanlagen deckt die aktuelle deutsche Biodiesel- und Bioethanolproduktion ab. Umsätze und Investitionen werden hauptsächlich durch das Produkt Biokraftstoff selbst generiert, womit die anlagenbezogene Betrachtung der übrigen Technologien verlassen werden müsste, bei denen die Umsätze durch die Produkte „erneuerbarer Strom“ und „erneuerbare Wärme“ bewusst nicht untersucht wurden.

Bei der Modellierung der zukünftigen Entwicklung der Biokraftstoffbranchen kommt erschwerend hinzu, dass die Produktionskapazitäten bestimmter Produktionsanlagen nur zu einem Teil ausgelastet sind und komplexe Im- und Exportverhältnisse bei den Vorprodukten, d.h. den Agrarrohstoffen wie z.B. Pflanzenölen herrschen. Weder die Auslastung noch die Import- und Exportverhältnisse der verbrauchten Agrarrohstoffe sowie deren Kostenentwicklung konnten im Rahmen dieses Studienvorhabens mit genügend belastbaren Quellen unterlegt werden. Die Szenarien S1, S2 und S3 unterscheiden zudem teilweise nicht ausreichend genug zwischen den zu vergleichenden Biokraftstoffen Bioethanol, Biodiesel, Pflanzenöl und Biomethan.

Im Laufe des Studienvorhabens wurde nach dem Durchspielen der Daten und Annahmen des Biokraftstoffsektors durch die Modellstruktur (Kap. 3.1.1) und das Investitionsmodell (Kap. 3.1.2) deutlich, dass die Ergebnisse wegen der oben genannten Besonderheiten mit großen Unsicherheiten hinsichtlich ihrer Aussagekraft verbunden sind.

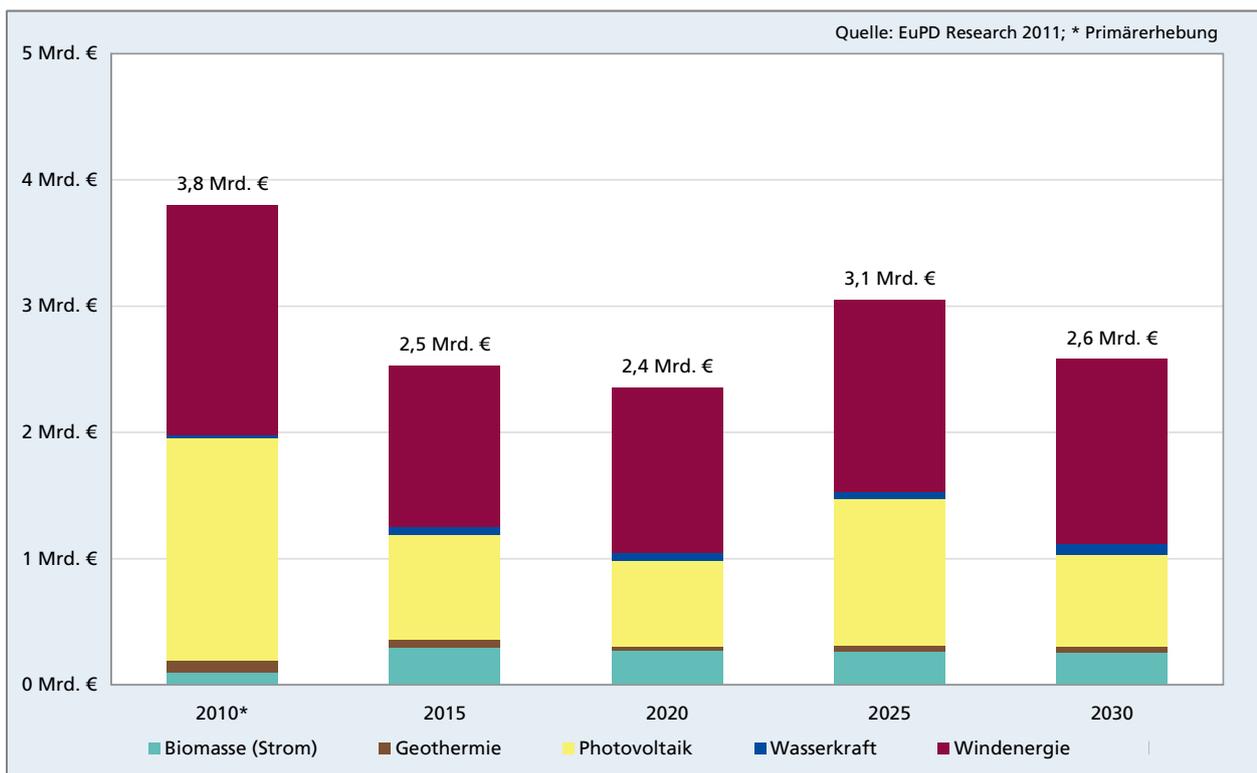
Die Autoren und der Steuerungskreis der Auftraggeber haben vor diesem Hintergrund auf eine Anwendung des Modells verzichtet, zumal bereits in der Primärerhebung für den Biokraftstoffsektor wegen zu geringer Rückläufe keine aussagekräftigen Daten erhoben werden konnten.

3.13 Zwischenfazit

Zu Beginn der Studie wurden als Kernfragen die Höhe der Gesamtinvestitionen in Erneuerbare-Energien-Anlagen und deren Produktionsstätten bis 2030, der Gesamtumsatz deutscher Hersteller bis 2030 sowie die Auswirkungen des Ausbaus der Erneuerbaren Energien auf die Beschäftigungssituation in Deutschland definiert. Anhand einer Primärerhebung sowie eines mehrstufigen Modells wurden unter Berücksichtigung internationaler Marktentwicklungen u.a. die Zielvariablen berechnet.

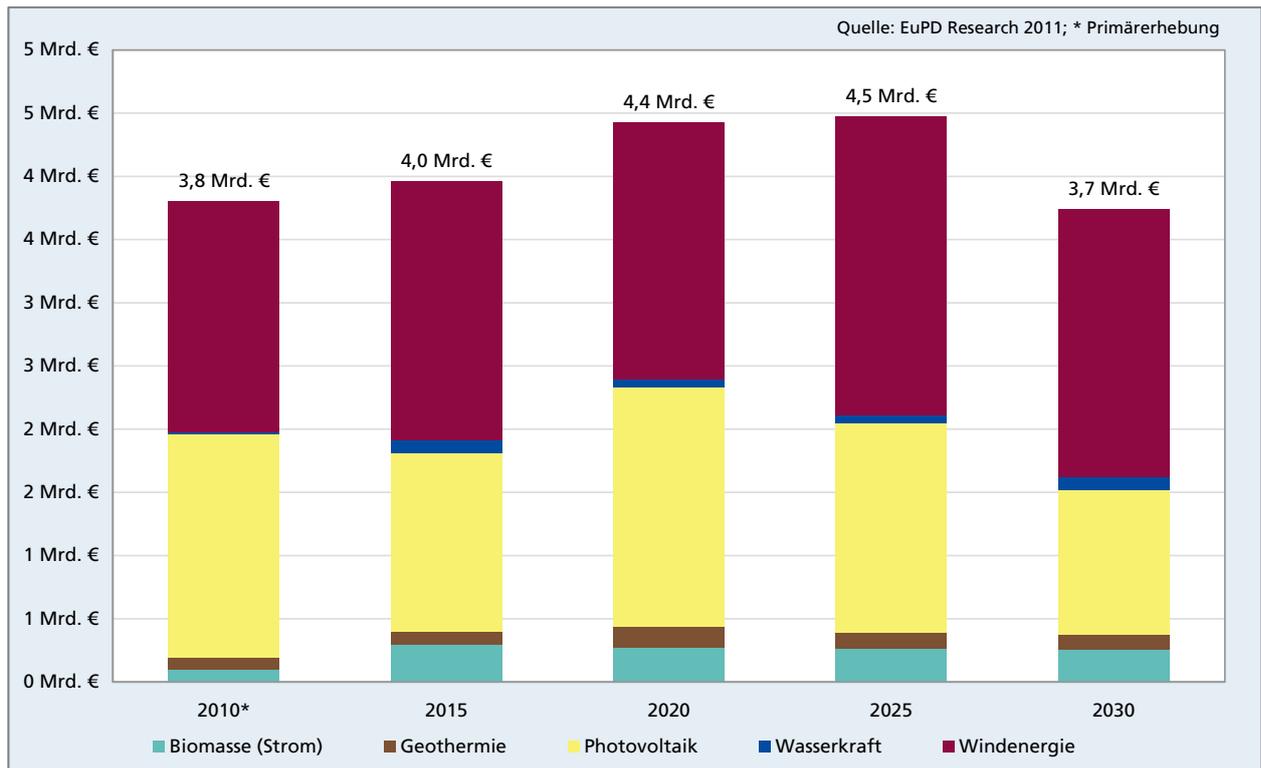
In dem Modell zur langfristigen Prognose wurden drei Szenarien als Datenbasis herangezogen. Um einen umfassenden Überblick über die einzelnen Sparten Strom und Wärme zu erlangen, werden im Folgenden ausgewählte Ergebnisse nach Sparten zusammengefasst dargestellt. Dabei sind die Werte für 2010 aus der Primärerhebung entnommen. Abbildung 56 stellt die Prognosen für die Stromsparte gemäß den Annahmen aus S1 dar. Dabei zeigt sich, dass langfristig die Hersteller im Bereich der Photovoltaik und Windenergie das Gros in Fertigungsstätten investieren. Die anderen Technologien sind anteilig relativ stabil.

Abbildung 56: Investitionen in Fertigungskapazitäten in der Stromsparte in S1



In S2 hingegen sind im Bereich Strom ebenfalls die Photovoltaik und die Windenergie im Vergleich zu den übrigen Technologien im Hinblick auf Investitionen in Fertigungskapazitäten dominierend. Insgesamt ist zu verzeichnen, dass im Vergleich zu S1 die Investitionen höher ausfallen. Bspw. werden für die Stromsparte im Jahr 2025 ca. 1,5 Mrd. Euro mehr an Investitionen prognostiziert. Jedoch wird gemäß diesem Szenario in der Stromsparte 2020 eine geringe Stagnation stattfinden.

Abbildung 57: Investitionen in Fertigungskapazitäten in der Stromsparte in S2



In S3 fallen die Investitionen noch wesentlich höher aus. Da gemäß dem angewandten Modell zur Ableitung der Investitionen in Fertigungskapazitäten diese aus der globalen Nachfrage nach Produkten deutscher Hersteller ermittelt werden, beeinflusst der Zubau in den einzelnen Szenarien die Investitionen in hohem Maße. In S3 fällt die prognostizierte Zubauentwicklung im Vergleich zu S1 und S2 höher aus, was folglich die Investitionsvolumina beeinflusst. Dementsprechend werden in S3 für die Stromsparte im Jahr 2025 Investitionen bis zu 7,3 Mrd. Euro prognostiziert. Dies entspricht sogar mehr als dem Zweifachen im Vergleich zu dem entsprechenden Jahr in S1. Hier macht die Photovoltaik-Industrie das Gros an Investitionen aus, gefolgt von der Windenergie-Branche. In Fertigungskapazitäten für Geothermie-Anlagen wird prognosegemäß ebenfalls zunehmend investiert.

Abbildung 58: Investitionen in Fertigungskapazitäten in der Stromsparte in S3

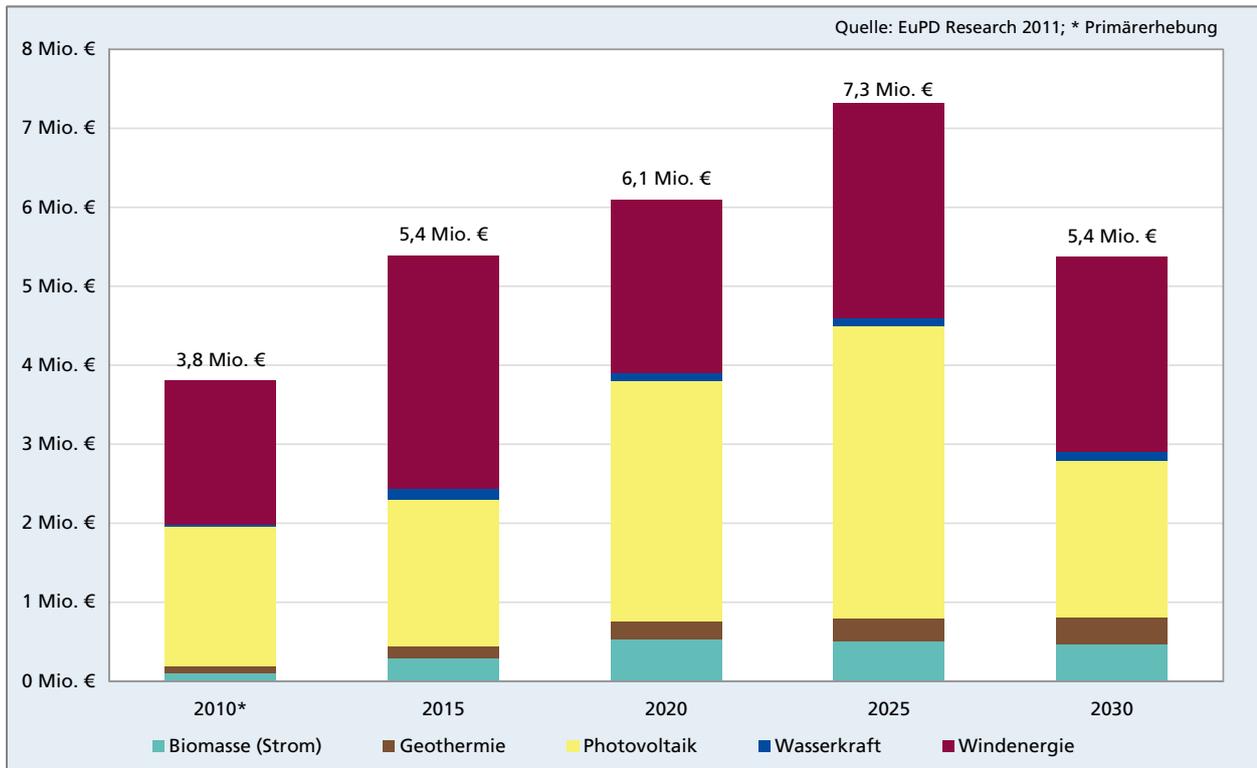
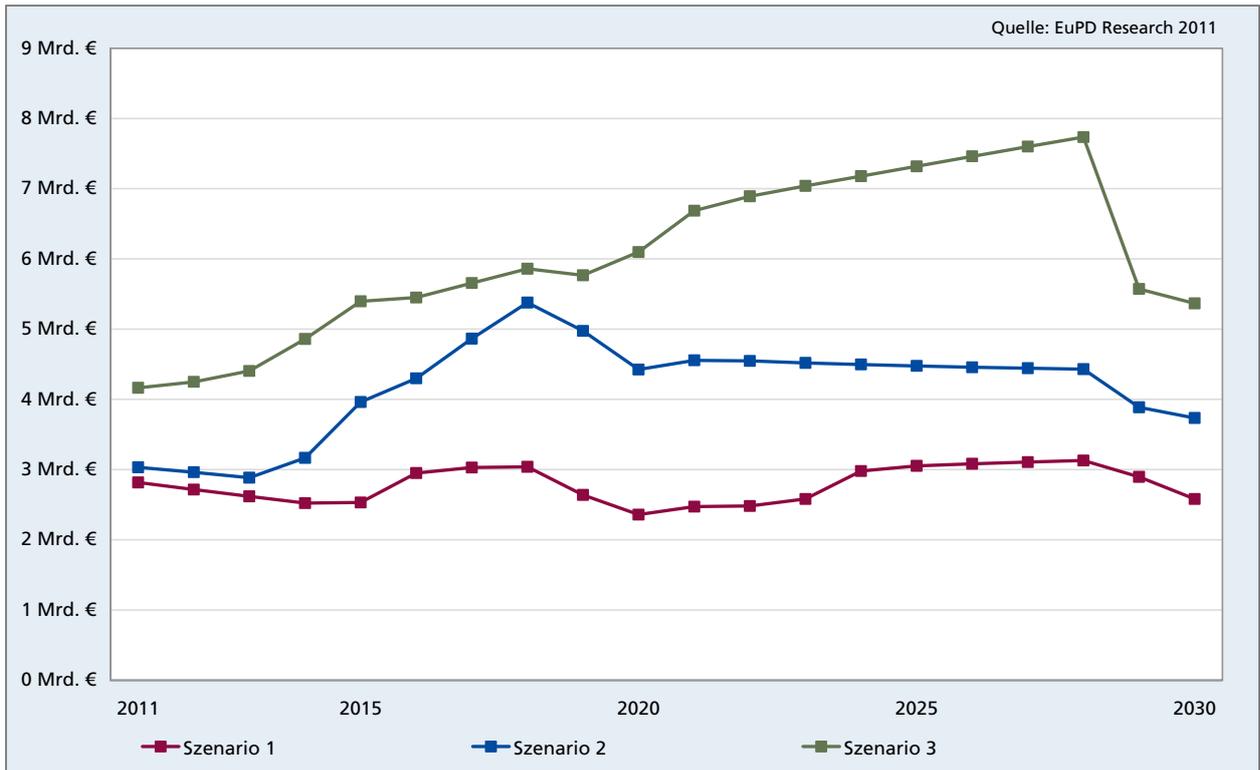


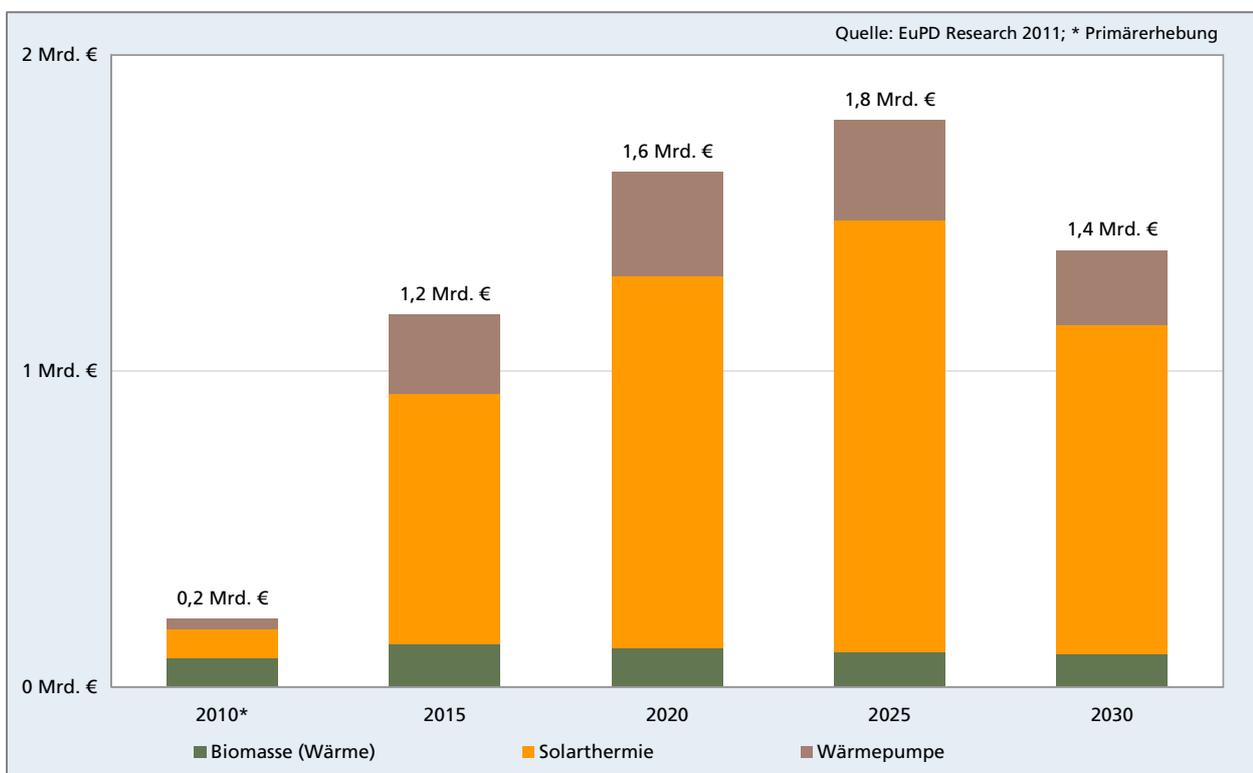
Abbildung 59 zeigt einen direkten Vergleich der Stromsparte in den drei Szenarien bzgl. Investitionen in Fertigungskapazitäten. Dabei werden die oben erwähnten Unterschiede deutlich. Während S1 und S2 deutlich an einigen Zeitpunkten differieren (z.B. 2015-2018), fallen sie ansonsten relativ ähnlich und moderat aus. Dahingegen fallen die Ergebnisse in S3 sehr viel höher und vor allen nahezu konstant steigend aus. Lediglich 2029 ist ein Rückgang der Investitionen in Fertigungskapazitäten in der Stromsparte zu verzeichnen.

Abbildung 59: Vergleich der Investitionen in Fertigungskapazitäten in den drei Szenarien in der Stromsparte



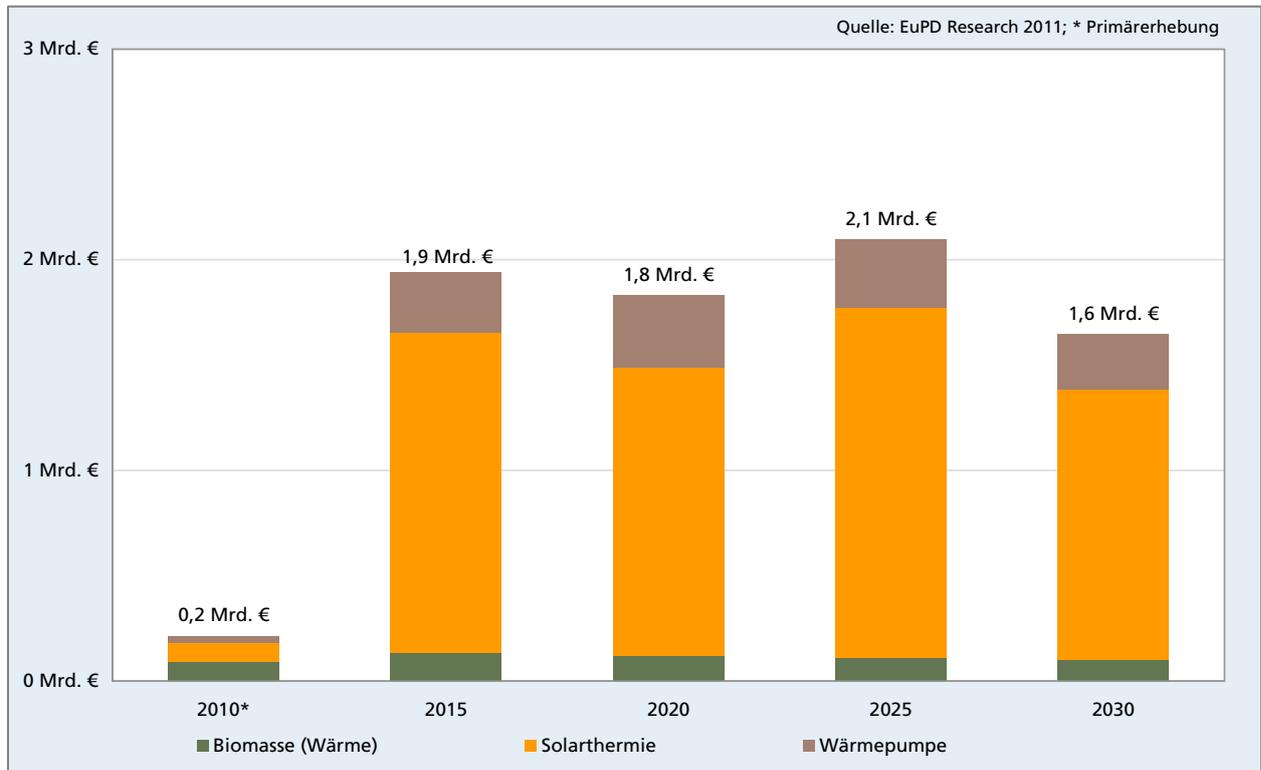
Diese umfassenden Vergleiche werden auch für die Wärmesparte vorgenommen, um ein abschließendes Bild der Entwicklung dieser Sparte hinsichtlich der Investitionen in Fertigungskapazitäten zu geben. Auch hierbei wurden für 2010 Ergebnisse aus der Primärerhebung herangezogen, wobei diese eine große Abweichung zu der Entwicklung gemäß allen drei Szenarien aufweisen. Dies ist insbesondere dem Zeitraum der Befragung geschuldet, da zu diesem Zeitpunkt in Deutschland die Lage des erneuerbaren Wärmemarktes angespannt war und insbesondere die Solarwärme einen Rücklauf im Zubau erfährt. Demnach fallen die Einschätzungen der Unternehmen vorsichtiger aus. Jedoch wird sich gemäß den Szenarien dieser Rückgang zukünftig nicht fortsetzen. Abbildung 60 zeigt die Investitionsvolumina, die auf Basis von S1 für die Wärmesparte errechnet wurden. Dabei wird deutlich, dass insbesondere Solarwärme den größten Anteil an Investitionen in Fertigungskapazitäten ausmacht. Biomasse hingegen steigt bis 2015 an, bleibt aber ab diesem Zeitpunkt stabil auf einem gleich hohen Niveau.

Abbildung 60: Investitionen in Fertigungskapazitäten in der Wärmesparte in S1



In S2 fallen die Prognosen für die Wärmesparte hinsichtlich der Verteilung der einzelnen Technologien ähnlich aus. Auch hier macht Solarwärme das Gros an Investitionen aus. Insgesamt sind allerdings die erwarteten Investitionsvolumina höher. So wird in 2025 das Maximum mit 2,1 Mrd. Euro erreicht (in S1 liegt dieses bei 1,8 Mrd. Euro in 2025).

Abbildung 61: Investitionen in Fertigungskapazitäten in der Wärmesparte in S2



Die Prognosen von S3 sind jedoch noch weitaus positiver als die aus S2. Somit liegen die Prognosen aller hier dargestellten Datenpunkte über dem Maximum aus S2. Die Investitionen in Fertigungskapazitäten bewegen sich durchgängig zwischen 2,5 Mrd. Euro und 3,1 Mrd. Euro. Dabei fällt auf, dass der Anteil der Biomasse nicht konstant ist, sondern langfristig abnimmt. Solarwärme ist auch hier die dominierende Technologie, verliert jedoch bis 2030 anteilig – wenn auch nur in geringem Maße.

Abbildung 62: Investitionen in Fertigungskapazitäten in der Wärmesparte in S3

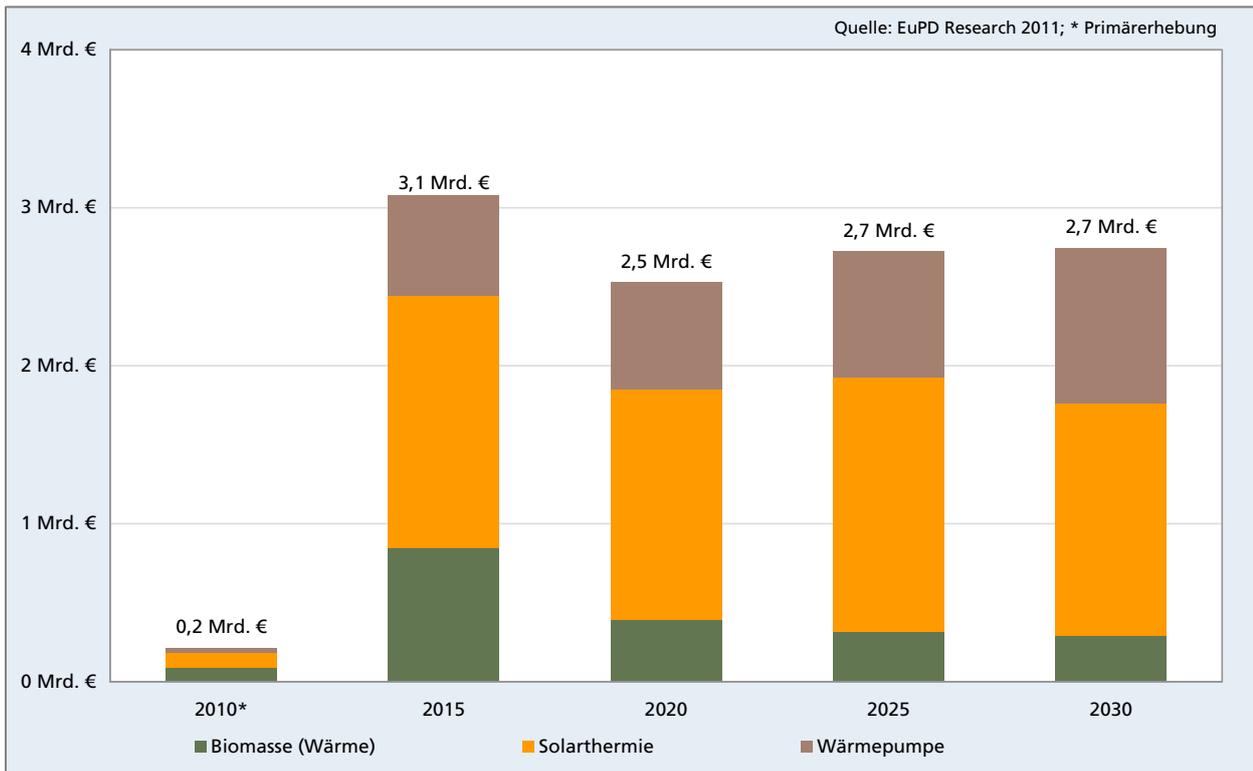
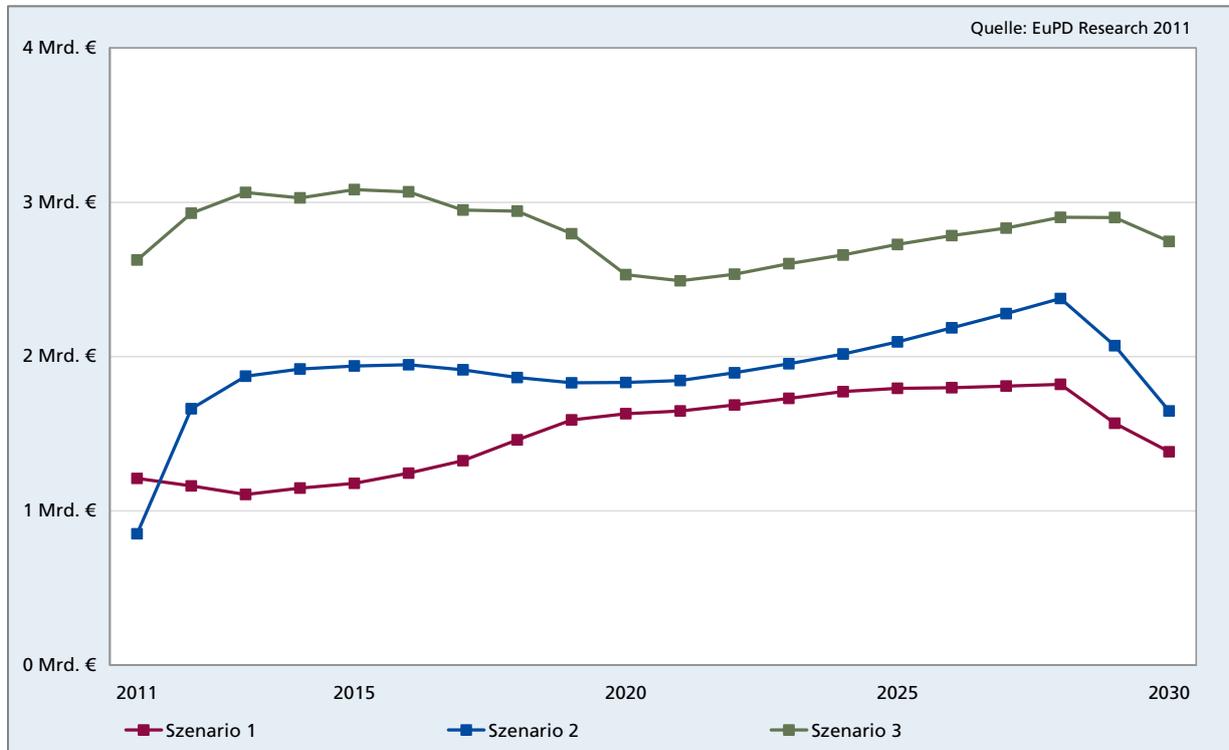


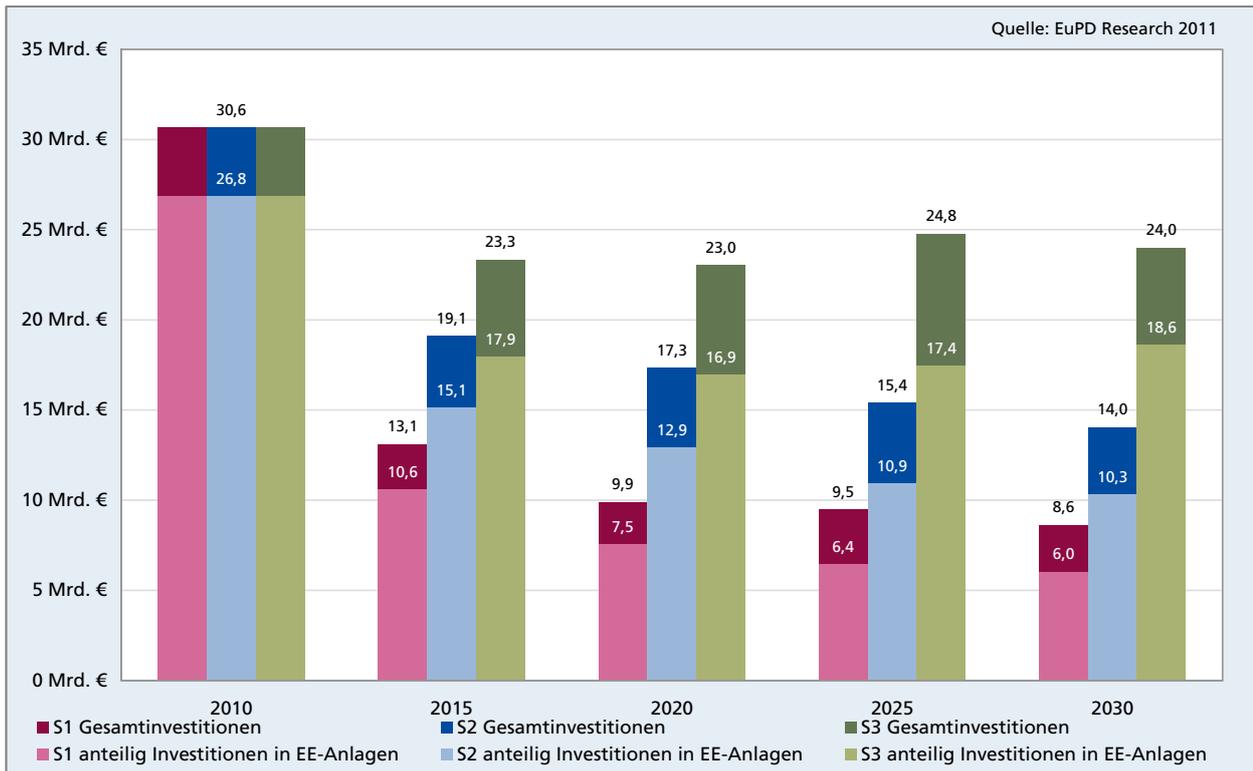
Abbildung 63 vergleicht die drei Szenarien hinsichtlich der Investitionen in Fertigungskapazitäten in der Wärmesparte ganzheitlich. Dabei zeigt sich, dass S1 und S2 mittelfristig noch relativ stark differieren, sich jedoch langfristig hinsichtlich ihrer Prognosen angleichen. S3 hingegen liegt weit über den Einschätzungen von S1 und S2, zeigt aber einen ähnlichen Trend wie S1, nur auf einem höheren Niveau.

Abbildung 63: Vergleich der Investitionen in Fertigungskapazitäten in den drei Szenarien in der Wärmesparte



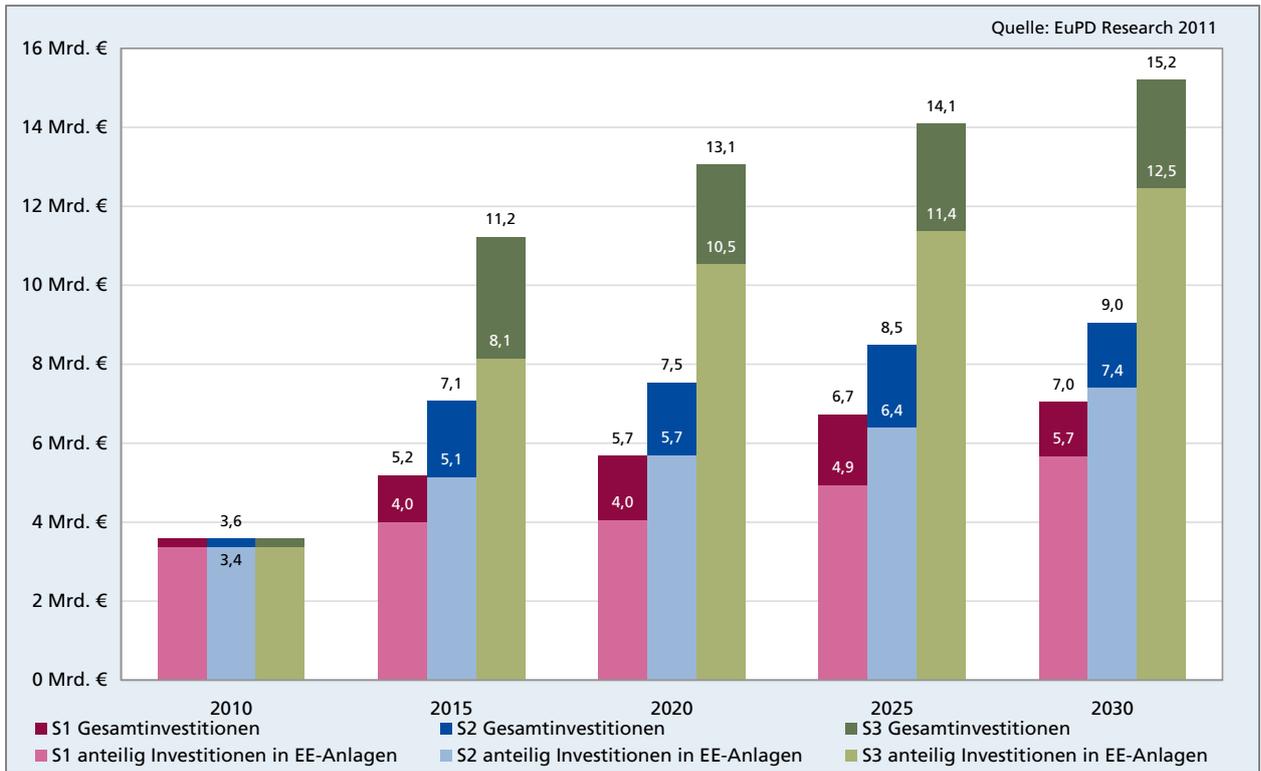
Schließlich werden noch die Gesamtinvestitionen der einzelnen Sparten vergleichend dargestellt, da diese das gesamte Potential der einzelnen Sparten darstellen. Abbildung 64 weist die Gesamtinvestitionen in der Stromsparte für ausgewählte Zeitpunkte vergleichend zwischen den drei Szenarien aus. Dabei basiert der Status Quo auf Ergebnissen der Primärerhebung. Im Rahmen dessen werden die Differenzen zwischen den Szenarien deutlich. Während die Werte aus S1 und S2 in geringerem Maße voneinander abweichen, sind die Ergebnisse aus S3 enorm hoch. Bspw. schwanken die Gesamtinvestitionen in 2015 zwischen 13,1 Mrd. Euro und 23,3 Mrd. Euro, 2030 liegen sie sogar zwischen 8,6 Mrd. Euro und 24,0 Mrd. Euro.

Abbildung 64: Gesamtinvestitionen in der Stromsparte im Vergleich zwischen den Szenarien



Auch in der Wärmesparte wird ein direkter Vergleich zwischen den Gesamtinvestitionen in den drei Szenarien vorgenommen (siehe Abbildung 65). In der Wärmesparte zeigt sich, dass zwar die Werte auch zwischen den Szenarien schwanken, allerdings in geringerem Maße als in der Stromsparte. Dabei fällt dabei die prozentuale Steigerung unterschiedlich zwischen den Szenarien aus. Zwischen 2015 und 2030 steigen die Gesamtinvestitionen in S2 um 27 Prozent, in S1 um 35 Prozent und in S3 um 36 Prozent.

Abbildung 65: Gesamtinvestitionen in der Wärmesparte im Vergleich zwischen den Szenarien



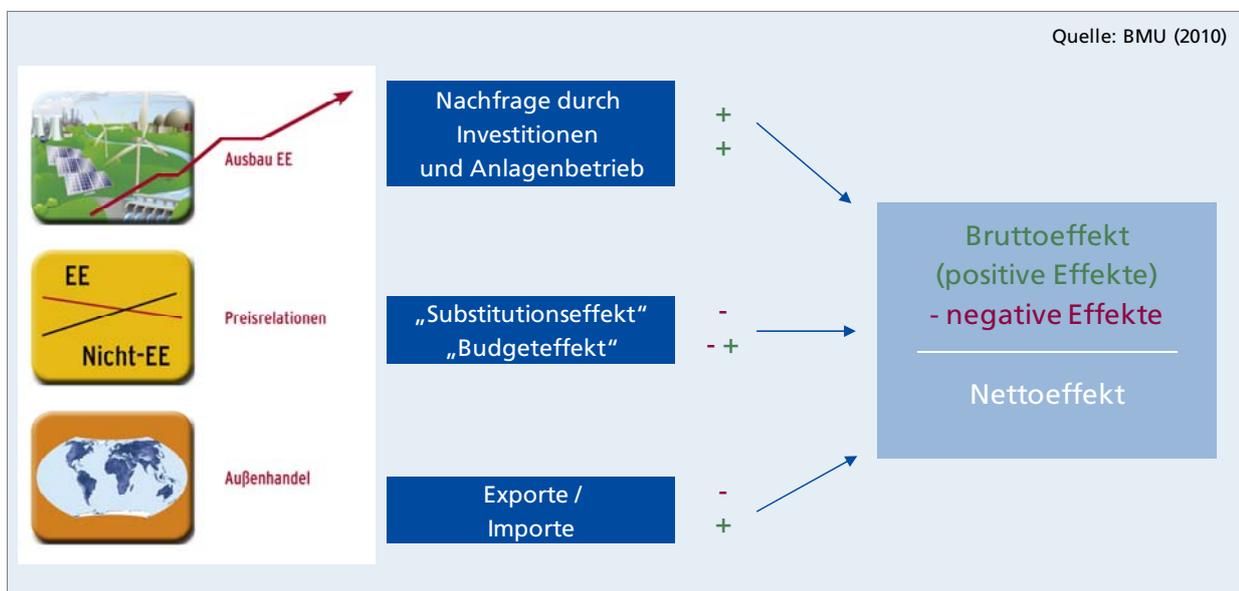
4 Beschäftigungsentwicklung in den Erneuerbaren Energien

Bearbeitet vom Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie

Während die Bestimmung der Bruttobeschäftigung mit Hilfe von historischen Kenndaten vergleichsweise gut abgeschätzt werden kann, ist die Bestimmung der aus dem Erneuerbare-Energien-Ausbau resultierenden Nettoeffekte weit komplexer. Dies gilt erst recht für einen Zeitraum, der von heute an gerechnet ein oder zwei Dekaden entfernt in der Zukunft liegt und Zeit für signifikante Veränderungen am Markt lässt.

Der Nettobeschäftigungseffekt einer Investition ergibt sich aus einer Gesamtbilanz arbeitsmarktrelevanter Effekte. Grundsätzlich kann er je nach Setzung und Interpretation der Parameter damit positiv oder negativ ausfallen. Ist er positiv, stellt er somit die durch eine Investition tatsächliche induzierte Mehrbeschäftigung dar.

Abbildung 66: Einflussfaktoren der Nettobeschäftigungseffekte



Grundsätzlich erfordert die Abschätzung der Nettobeschäftigung aufgrund der zahlreichen Einflussfaktoren und der komplexen Wechselwirkungen eine umfassende gesamtwirtschaftliche Analyse (z.B. mit Hilfe von Input-/Output-Modellen zur Berücksichtigung des Austauschverhältnisses zwischen den Sektoren). Aber selbst dann sind die resultierenden Effekte mit zahlreichen Unsicherheiten verbunden. Im Rahmen dieser zeitlich begrenzten Studie können derartige Berechnungen nicht seriös durchgeführt werden, deshalb werden die Nettoeffekte qualitativ abgeleitet.

Ausgehend von der dargestellten Fachliteratur werden dazu im Folgenden die unterschiedlichen Methodologien und die wesentlichen Einflussfaktoren, wie die Arbeitslosenquote, die Struktur des Arbeitsmarktes, die Arbeitsproduktivität, die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft im internationalen Kontext, Budget- und Substitutionseffekte auf die Größenordnung der Nettoeffekte diskutiert. Die Zusammenwirkung dieser Faktoren bestimmt die Nettobeschäftigung der Investitionen in Erneuerbare-Energien-Anlagen.

4.1 Berechnungsmethoden der deutschen Arbeitsmarktanalysen

Die Auswirkungen der Investitionen in Erneuerbare Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt werden in der Fachliteratur (DIW 2010a und 2010b, GWS 2010, BMU 2011, IÖW 2010, RWI 2010) kontrovers diskutiert. In der Analyse der existierenden Untersuchungen werden die unterschiedlichen Methoden, Modellannahmen, Unsicherheiten und Kernergebnisse miteinander verglichen und interpretiert.

Das Bundesumweltministerium hat einen mehrjährigen Auftrag an ein Team renommierter Forschungsinstitute 2008 vergeben, um die Wachstums- und Arbeitsplatzeffekte des Ausbaus der Erneuerbaren Energien in Deutschland zu analysieren. Das Projektkonsortium besteht aus dem Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (FhG-ISI), Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung unter der Federführung von der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung (GWS). Die Methoden und wesentlichen Modellannahmen wurden in diversen Veröffentlichungen in letzter Zeit vorgestellt und die Nettobeschäftigungseffekte aus verschiedenen Perspektiven analysiert.

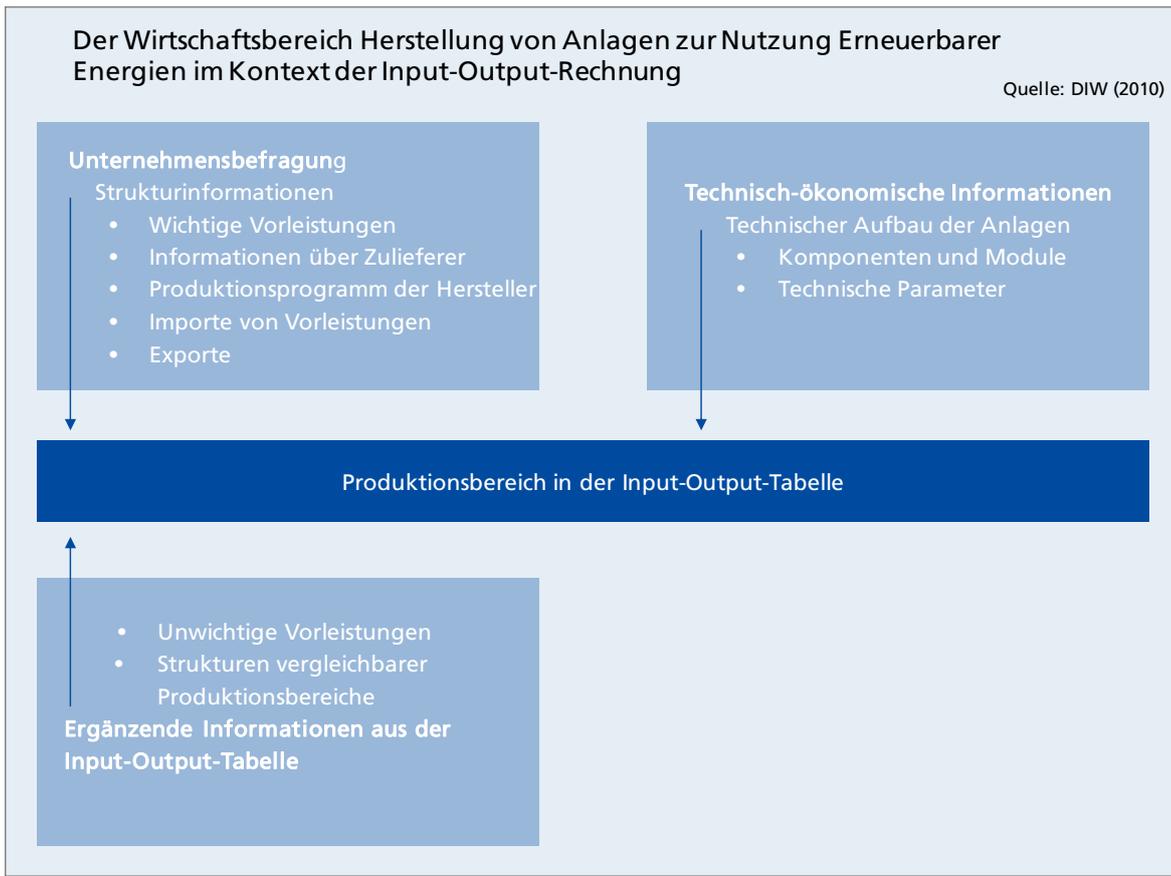
- Die ersten Ergebnisse des BMU-Auftrages wurden in der Studie „Gesamtwirtschaftliche Effekte des Ausbaus erneuerbarer Energien“ von der GWS am 17. Juni 2010 veröffentlicht. (GWS, 2010)
- Das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung hat seine Ergebnisse in seinen Wochenberichten Nr. 41/2010 bzw. Nr. 50/2010 vorgestellt. (DIW, 2010a und 2010b)
- Die Zwischenergebnisse des BMU Forschungsprojektes wurden im Februar 2011 ins Netz gestellt. Die Studie „Kurz- und langfristige Arbeitsplatzwirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien in Deutschland“ wurde unter Federführung der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung erstellt. (BMU, 2011)
- Das gesamte Forschungsprojekt läuft bis Mitte 2011 und die Ergebnisse werden die BMU-Broschüre „Erneuerbar beschäftigt!“ ergänzen.

Eine kritische Analyse der Arbeitsplatzauswirkungen von Investitionen in Erneuerbare Energien wurde in der Fachzeitschrift Energy Policy unter dem Titel „Economic impacts from the promotion of renewable energy technologies: The German experience“ von Manuel Frondel, Nolan Ritter, Christoph M. Schmidt und Colin Vance, Mitarbeiter der Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (RWI) im August 2010 veröffentlicht. Der Artikel stellt die Modellannahmen und Methoden nicht im Detail vor, deshalb wird hier auf diese kritische Sichtweise in einem separaten Kapitel eingegangen.

4.1.1 Methodische Grundlagen der DIW-Analysen

Das DIW hat die Beschäftigungswirkung durch die Investition in Anlagen für Erneuerbare Energien (EE) nach einem nachfrageorientierten Ansatz auf Basis der Input-Output-Analyse ermittelt (Abbildung 67). Betrachtet wurden in erster Linie die kurzfristigen Beschäftigungseffekte des Ausbaus der erneuerbaren Energien in Deutschland. Der Zubau der Erneuerbaren Energien in der Analyse folgt den verbindlichen deutschen Ausbauzielen von der EU-Richtlinie 2009/28/EG. Neben den direkt Beschäftigten wurden auch indirekt Beschäftigte in Unternehmen ermittelt, die Vorprodukte herstellen oder Vorleistungen bereitstellen. Die Input-Output Tabellen des Statistischen Bundesamtes wurden mit einer breit angelegten Befragung von Unternehmen der deutschen Erneuerbare-Energien-Branche ergänzt. Diese bislang umfangreichste Befragung in Deutschland umfasste insgesamt 1200 Unternehmen. In die Berechnung flossen noch zusätzlich Informationen über den technischen Aufbau der Erneuerbare-Energien-Anlagen ein.

Abbildung 67: Methodische Grundlagen der DIW-Analyse



Zur Analyse der Auswirkungen des Ausbaus Erneuerbarer Energien in Deutschland hat das DIW das Modell SEEM (Sectoral Energy-Economic Econometric Model for Germany) entwickelt, mit dem die ökonomischen Nettoeffekte geschätzt werden können. Das Modell beruht auf einem ökonometrischen Mehrländermodell, um die Handels-, Finanz- und Kapitalmarktbeziehungen differenziert darzustellen. Dabei wurden neben positiven Impulsen der inländischen Nachfrage und des Exports auch die gegenläufigen Substitutions- und Kosteneffekte einbezogen. Insgesamt umfasst das Modell 170 Variablen auf der makroökonomischen und 3.000 Variablen auf der sektoralen Ebene. Die ökonomischen Impulse wurden vor allem auf der sektoralen Ebene abgebildet, in aggregierter Form wurde aber auch die gesamtwirtschaftliche Ebene des Modells analysiert.

4.1.2 Methodische Grundlagen der GWS-Modellierung

In der GWS-Studie wurden die Nettobeschäftigungseffekte als Differenz zweier konsistenter zukünftiger Ausbauszenarien für die Erneuerbaren Energien durchgeführt. Die Szenarien unterscheiden sich im Niveau des Ausbaus der Photovoltaik und enthalten verschiedene Vorgaben zu Energiepreisen, -mengen und -verbräuchen. Dadurch üben sie unterschiedliche Effekte auf die Volkswirtschaft aus. Als Vergleich der Szenarien ergibt sich als Nettoeffekt die tatsächliche Mehr- oder Minderbeschäftigung eines verstärkten Ausbaus Erneuerbarer Energien. In den verschiedenen Szenarioberechnungen wurden die folgenden Faktoren variiert:

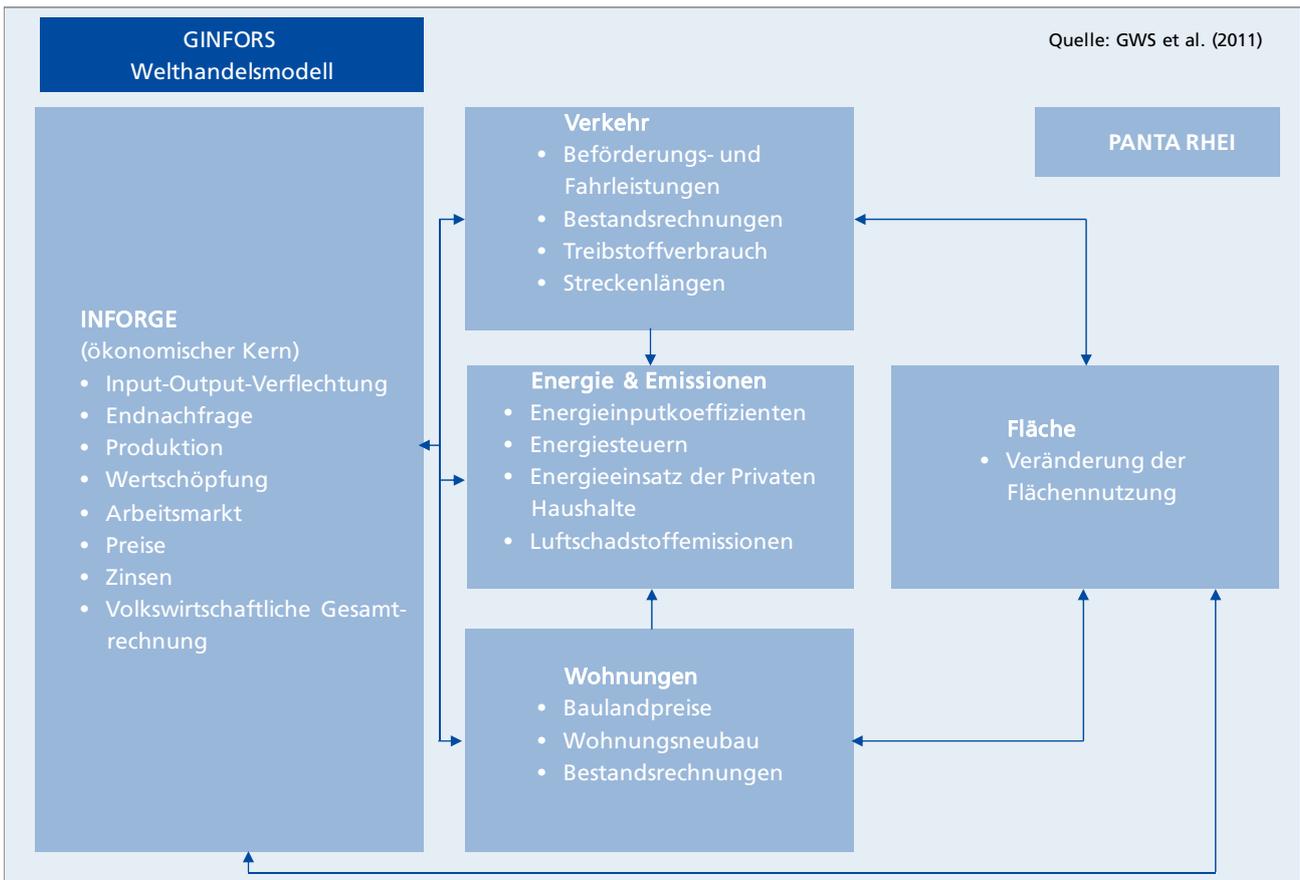
- Preisniveau fossiler Energieträger: Es wurden zwei unterschiedliche fossile Energiepreispfade (jeweils Steinkohle, Erdgas und Öl) angenommen. Der Preispfad A weist einen deutlichen Anstieg der fossilen Energiepreise auf. Der Preispfad B unterstellt einen geringeren Anstieg dieser Preise. Das unterschiedliche Preisniveau fossiler Energieträger führt zu unterschiedlichen Strompreisen. Hohe fossile

Energieträgerpreise verringern die Differenzkosten der Erneuerbaren Energien. Das Preisniveau beeinflusst die Differenzkosten der Erneuerbaren Energien.

- Ausbau der Erneuerbaren Energien: Der Zubau der Erneuerbaren Energien in den Szenarien folgt dem Mengengerüst des Leitszenarios 2009 (BMU, 2009). Ergänzend wurden in den Szenarien zwei unterschiedliche Zubaupfade für die Photovoltaik (PV) berücksichtigt. Unter dem hohen Ausbau der PV wurde angenommen, dass bis 2020 zusätzlich 3 GW/a installiert werden, danach fällt der Zubau bis 2030 auf 2,5 GW/a. Die alternativen Annahmen des PV-Zubaus entsprechen dem Leitszenario 2009, und unterstellen einen Zubau von 6 GW in 2010, 4,5 GW in 2011, anschließend 3,5 GW/a bis 2020. Danach fällt auch in diesem Fall der Zubau auf 2,4 GW/a zurück. Die Differenzkosten wurden zu allen Mengengerüsten mit beiden Preispfaden unterlegt.
- Exporttätigkeit der Hersteller von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien: Die zukünftige Entwicklung der Exporte ist ein wichtiger Einflussfaktor bei der Abschätzung der gesamtwirtschaftlichen Effekte des Ausbaus der Erneuerbare-Energien-Anlagen. Als Maximum wurde angenommen, dass die Handelsanteile auf stark expandierenden Weltmärkten konstant bleiben. Als Minimum bleiben die Exportvolumina auf dem heutigen Niveau konstant. Die optimistischen und verhaltenen Exportpfade verlaufen zwischen diesen beiden Grenzen.
- Als Business-as-usual-Szenario wird eine Entwicklung ohne weitere Maßnahmen angenommen (Prognos/GWS/EWI 2010). Es beschreibt eine konsistente hypothetische Entwicklung der Energieerzeugung ohne Erneuerbare Energien. Dabei wird nicht berücksichtigt, welche weiteren Konsequenzen die Nichterfüllung der Energie- und Klimaziele haben.

Für die Analyse der Nettoeffekte wurde das Modell Panta Rhei genutzt. Dieses Modell ist ebenfalls ein Input/Output-Modell. Es wurde zur Analyse umweltökonomischer Fragestellungen erweitert und basiert auf dem makroökonomischen Simulations- und Prognosemodell INFORGE des GWS. Es erfasst den langfristigen Strukturwandel in der wirtschaftlichen Entwicklung sowie die umweltökonomischen Interdependenzen. Das Modell untersucht eine Vielzahl von Effekten: Investitionseffekt, Betriebseffekt, Budgeteffekt, dynamischer Effekt und Außenhandelseffekt. Zusätzlich beschreibt es komplexe Lohn-Preis-Zusammenhänge auf dem Arbeitsmarkt. Die vereinfachte Darstellung der Wirkungszusammenhänge im Modell Panta Rhei sind in der Abbildung 68 dargestellt.

Abbildung 68: Methodische Grundlagen der GWS-Szenarien



4.2 Ergebnisse der Studien

4.2.1 Ergebnisse der DIW-Modellierung

Ein Hauptergebnis der gesamtwirtschaftlichen Analyse der DIW-Studie ist, dass der geförderte Ausbau Erneuerbarer Energien zu höherem Wirtschaftswachstum und auch zu höherem Konsum führt. Das Bruttoinlandsprodukt (BIP) wird 2030 um 2,9 Prozent höher liegen als ohne Ausbau. Die wesentlichen Einflussfaktoren auf die Beschäftigungseffekte sind die konkreten Verhältnisse auf dem Arbeitsmarkt. Die Modellergebnisse zeigen einen durch den Umbau des Energiesystems ausgelösten Strukturwandel, der auch eine ausreichende Qualifizierung der Erwerbstätigen erfordert. Wenn das höhere Wachstum aus zusätzlichen Produktivitätssteigerungen resultiert bzw. der Arbeitsmarkt bereits gesättigt ist, wird der Ausbau Erneuerbarer Energien nur einen geringen positiven Einfluss auf die Beschäftigung haben. Wenn zusätzliche Arbeitskräfte mobilisiert werden können, ist es möglich, die Beschäftigung um 0,7 Prozent im Jahr 2030 zu steigern.

In einer Sensitivätsberechnung der DIW-Studie werden die dem internationalen Preiswettbewerb besonders ausgesetzten deutschen Branchen durch hohe Preise und Lohnkosten benachteiligt. In diesem Fall erhöht sich das BIP im Jahr 2030 allerdings nur noch um ein Prozent mehr als im Business-as-usual Szenario. Das geringere gesamtwirtschaftliche Wachstum wird vor allem durch geringere Exporte und höhere Importe verursacht, die eine direkte Folge der relativen Preise sind. Die Modellanalyse zeigt insgesamt, dass der Ausbau Erneuerbarer Energien nicht nur ohne gesamtwirtschaftliche Einbußen realisiert werden kann, sondern durch ihn auch höheres Wachstum und steigende Einkommen in Deutschland möglich sind.

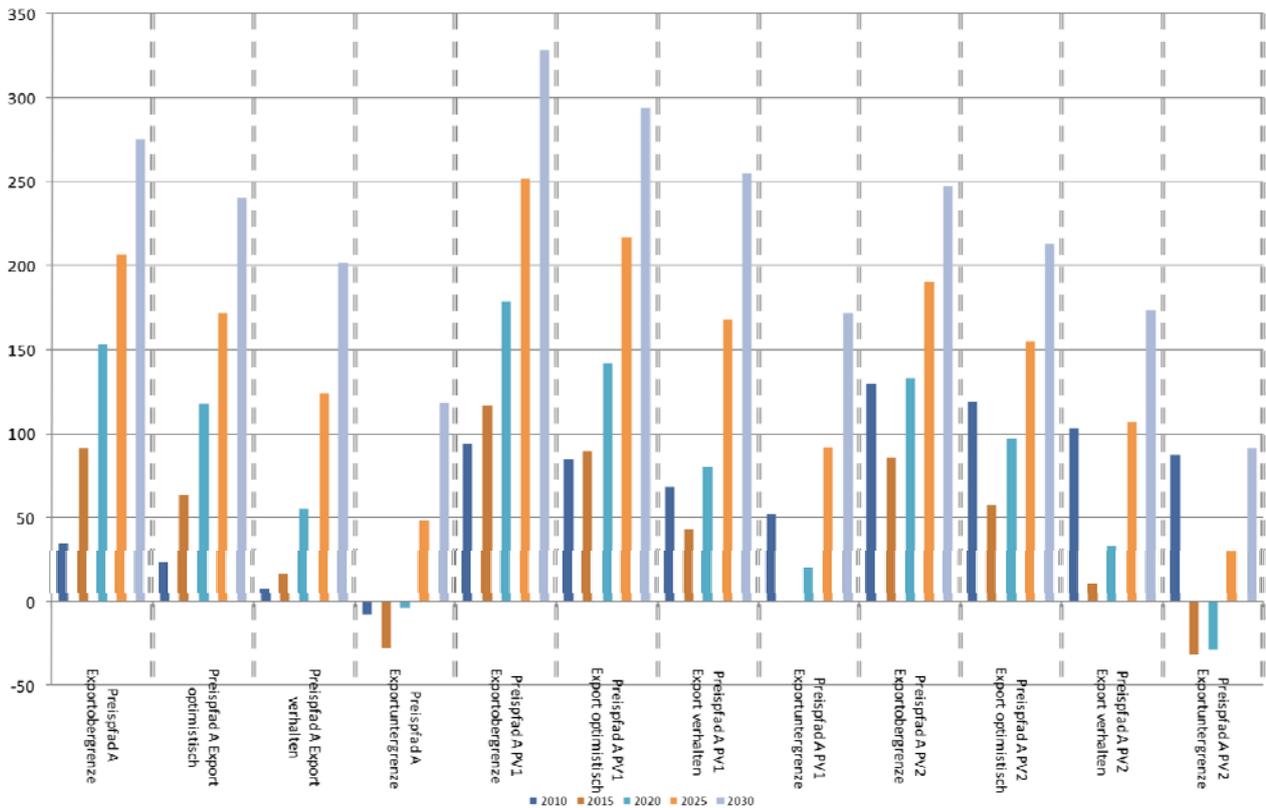
4.2.2 Ergebnisse der GWS-Modellierung

Abbildung 69 und Abbildung 70 zeigen eine Übersicht über ausgewählte Ergebnisse in allen Simulationsverläufen der GWS-Studie. Alle Szenarien unterscheiden sich vom Business-as-usual-Szenario durch einen höheren inländischen Erneuerbare-Energien-Ausbau. Die positiven Werte der Abbildungen bedeuten eine positive Nettobeschäftigung im Vergleich zu einer Entwicklung ohne beschleunigten Erneuerbare-Energien-Ausbau. Die negativen Werte bedeuten, dass die Beschäftigung mit einer Entwicklung ohne Erneuerbare-Energien-Ausbau nicht Schritt halten kann. Aus den Abbildungen lassen sich durch den Vergleich der Säulengruppen (Variantenrechnungen) drei verschiedene Kernergebnisse der GWS-Modellierung ablesen:

- die Effekte auf die Auswirkungen verschiedener Exporte bei gleichbleibendem inländischen Ausbau,
- die Effekte eines geänderten inländischen Ausbaus (Variante PV1 und PV2),
- die Effekte des alternativen Energiepreispfades (Preisfad A und Preisfad B).

Die Auswirkungen der unterschiedlichen Exportannahmen zeigen sich beim Vergleich der ersten vier Säulen für das originäre Leitszenario, und die Varianten PV1 und PV2. Die Folgen eines geänderten inländischen Ausbaus sind durch den Vergleich der gleichen Exportsäulen zu beurteilen. Der Vergleich der beiden Abbildungen zeigt die Unterschiede der anderen fossilen Energiepreise.

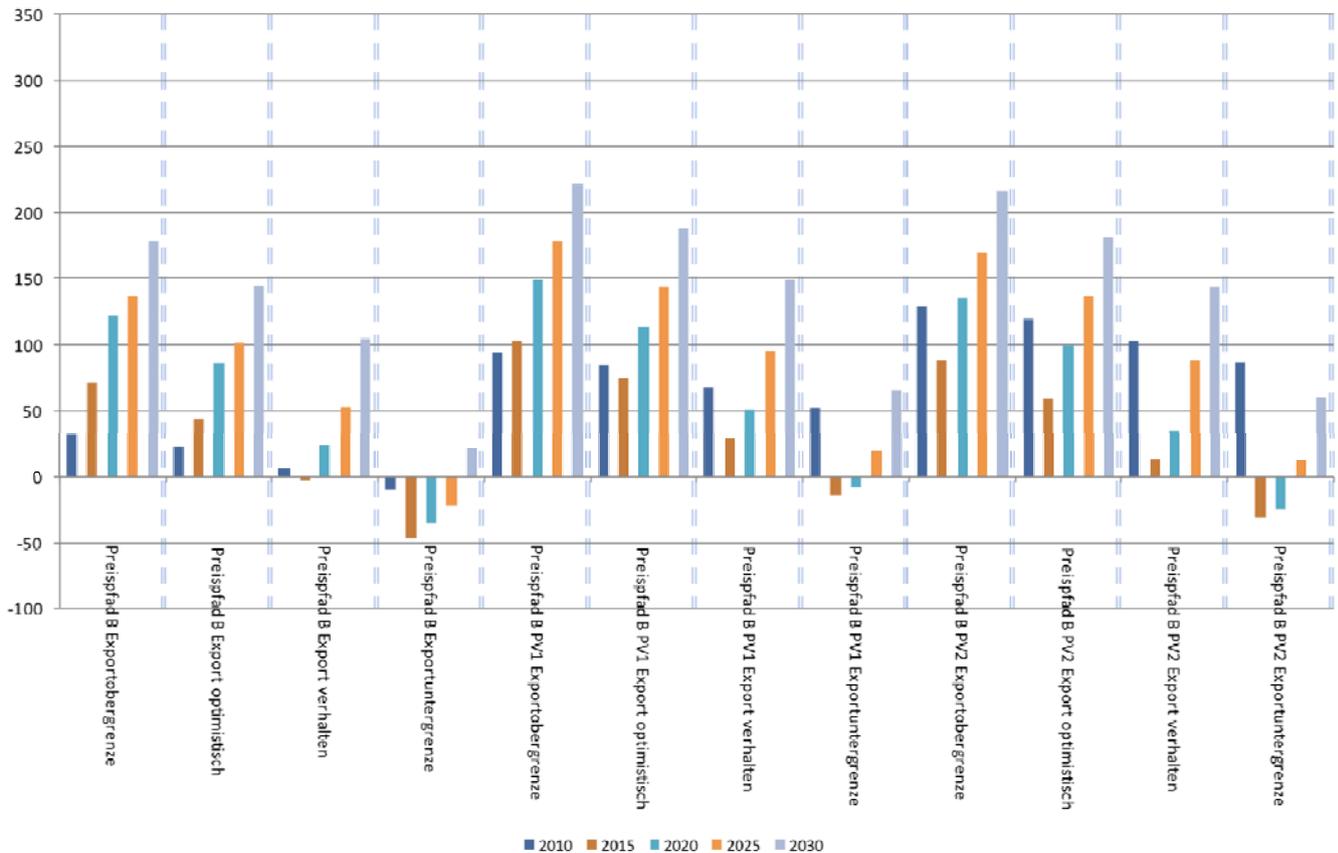
Abbildung 69: Ergebnisse der GWS-Analyse, Abweichung zum Business-as-usual-Szenario beim deutlichen Anstieg der fossilen Energiepreise (Preispfad A); Beschäftigung in 1000



Bei einem deutlichen Anstieg der fossilen Energiepreise (Preispfad A) führt der Ausbau der Erneuerbare-Energien-Anlagen in nahezu allen untersuchten Szenarien durchgehend zu positiver Nettobeschäftigung, die insbesondere ab dem Jahr 2020 ansteigt.

Am niedrigsten fallen die Nettowirkungen bei minimalem Export aus. In diesem Fall werden die Nettobeschäftigungseffekte bis 2030 aber positiv. Bei optimistischen Exporterwartungen steigen die Nettobeschäftigungseffekte bis 2030 auf einen Wert deutlich über 200.000 Personen. Bei verhaltenen Exporterwartungen nimmt die Zahl im Vergleich zum Business-as-usual-Szenario nur gering zu. Dementsprechend zeigt sich die besondere Bedeutung der durch den Export intensivierte Beschäftigungseffekte.

Abbildung 70: Ergebnisse der GWS-Analyse, Abweichung zum Business-as-usual-Szenario beim geringeren Anstieg der fossilen Energiepreise (Preispfad B); Beschäftigung in 1000



Bei einem geringeren Anstieg der fossilen Energiepreise (Preisfad B) dämpfen die höheren Differenzkosten die oben beschriebenen Nettobeschäftigungseffekte. Das Grundmuster des Verlaufes der Simulationen bleibt dabei aber erhalten.

Insgesamt wurde die höchste Nettobeschäftigung beim deutlichen Anstieg der fossilen Energiepreise mit maximalem angenommenem Export in Kombination mit dem höheren PV-Ausbau erreicht. In diesem Fall liegt die Nettobeschäftigung im Jahr 2030 um mehr als 300.000 Personen höher als beim Business-as-usual-Szenario. Die höheren Brennstoffpreise senken die Differenzkosten und unterstützen dadurch die Energieerzeugung in Erneuerbare-Energien-Anlagen.

4.3 Einflussfaktoren und Ergebnisse bezüglich der Nettobeschäftigungseffekte

Im Folgenden werden die einzelnen Einflussfaktoren und Effekte in den Analysen identifiziert und vorgestellt.

4.3.1 Strukturwandel der Gesellschaft

In der DIW-Analyse wurden die Beschäftigungseffekte von einem umfassenden Strukturwandel abgeleitet. Der Ausbau Erneuerbarer Energien bewirkt einen Strukturwandel und eine Neuverteilung volkswirtschaftlicher Ressourcen. Sach- und Humankapital werden in Erneuerbare statt konventionelle Energietechniken investiert. Dabei werden andere Wirtschaftsaktivitäten nur dann schrumpfen, wenn die Energieversorgung auf Basis Erneuerbarer Energien einen höheren Ressourceneinsatz erfordert und die Produktionsmöglichkeiten der Volkswirtschaft bereits voll ausgelastet wären. Wenn eine Mobilisierung zusätzlicher oder ungenutzter Ressourcen gelingt, ist der Ausbau Erneuerbarer Energien auf einem höheren Wachstumspfad möglich. Die zusätzlichen Produktionsmöglichkeiten können entweder durch die Steigerung der allgemeinen Produktivität oder durch die Aktivierung von zusätzlichen Arbeitskräften stammen.

Auch in der GWS-Analyse wurde angenommen, dass die Zunahme der Investitionen in Erneuerbare-Energien-Energietechnologien bezogen auf das Wachstum den Rückgang der Investitionen im fossilen Kraftwerksbereich übertrifft.

4.3.2 Bruttoinlandsprodukt

In der DIW-Studie ergibt sich eine um 0,1 Prozentpunkte höhere jährliche Wachstumsrate des BIP im Ausbauszenario gegenüber dem Business-as-usual-Szenario. Dadurch wird im Jahr 2030 ein Unterschied im Niveau des realen Bruttoinlandsproduktes von 2,9 Prozent erreicht. Das höhere BIP setzt sich zum einen aus höheren Investitionen, zum anderen aus höherem realen privaten Verbrauch zusammen, der durch den verstärkten Erneuerbare-Energien-Ausbau erreicht wird.

Auch in den GWS-Studien liegt das Bruttoinlandsprodukt durch den verstärkten Ausbau der Erneuerbare-Energien-Anlagen über dem gesamten Zeitraum höher als im Business-as-usual-Szenario. Die Studie leitet aber die Steigerung des BIP nicht automatisch von der höheren Produktion ab. Laut der Studie müssen auch die Importanteile der zusätzlichen Produktion und der Einsatz von Vorprodukten mit anderen Beschäftigungsintensitäten berücksichtigt werden.

4.3.3 Budgeteffekte

Negative Budgeteffekte entstehen einerseits durch geringere verfügbare Einkommen bei den privaten Haushalten oder durch die erhöhten Energiepreise. Die Mehrkosten der Erneuerbaren Energien können Kaufkraftverluste auslösen und dadurch andere Konsumausgaben verringern. Umgekehrt wirken höhere fossile Brennstoffpreise dahingehend, dass sie die Differenzkosten der Erneuerbaren Energien senken und dadurch auch die negativen Budgeteffekte dämpfen.

Die negativen Auswirkungen der Budgeteffekte wurden in der DIW-Analyse nicht bestätigt. Die privaten Anlageninvestitionen werden mit realer Rechnung um 6,7 Prozent bis zum Jahr 2030 höher ausfallen. Diese verstärkte wirtschaftliche Aktivität löst einen Akzeleratoreffekt aus, und führt zu zusätzlichen Investitionen in allen Wirtschaftsbereichen. Durch das beschleunigte Wachstum entstehen höhere private Einkommen, und das führt zu einem höheren privaten Verbrauch trotz höherer Energiepreise. Es liegt im DIW-Ausbauszenario um 3,5 Prozent höher gegenüber dem Business-as-usual-Szenario bis 2030.

	2010	2020	2030
Privater Verbrauch	1,0	2,3	3,5
Private Anlageninvestitionen (ohne Wohnungsbauinvestitionen)	9,1	8,9	6,7

Tabelle 9: Prozentuale Abweichungen zwischen Ausbauszenario und Business-as-usual-Szenario in der DIW-Analyse (in %)

In der GWS-Analyse wurde festgestellt, dass die privaten Haushalte den Hauptteil der Erneuerbare-Energien-Ausbaukosten durch die höheren Strompreise tragen müssen. Gleichlaufend steigen auch die verfügbaren Einkommen durch den Investitionseffekt. Da die Preissteigerung und die erhöhten Strompreise in ähnlicher Höhe ausfallen, ist der Gesamteffekt aber sehr gering.

4.3.4 Einflussfaktoren von der Außenwirtschaft

In der DIW-Studie schafft der Erneuerbare-Energien-Ausbau die Basis für Exporterfolge der Branche. Der Erneuerbare-Energien-Ausbau ändert die relativen Preise im Außenhandel und dadurch werden die Exportentwicklungen in anderen Industriebereichen gedämpft. Dieser Rückfall verändert jedoch in dem DIW-Szenario nur moderat das Gesamtergebnis: bis zum Jahr 2030 beläuft sich dieser Impuls auf 16 Prozent des

Exports von Erneuerbare-Energien-Anlagen und –Komponenten. Als Endergebnis ist der Export um 0,9 Prozent höher als im Business-as-usual-Szenario.

Das durch Erneuerbare Energien induzierte erhöhte Wirtschaftswachstum zieht auch die Importe in der DIW-Analyse mit, im Jahr 2030 liegen sie um ein Prozent höher als im Business-as-usual-Szenario. In den DIW-Szenarien gleichen sich die zunehmenden Exporte und Importe jedoch gleichzeitig aus, und der Außenbetrag verändert sich per saldo kaum.

	2010	2020	2030
Exporte	0,9	1,2	0,9
Importe	1	1	1

Tabelle 10: Prozentuale Abweichungen durch den Export- und Importeffekte des Ausbaus erneuerbarer Energien zwischen Ausbauszenario und Business-as-usual-Szenario in der DIW-Analyse (in %)

In der GWS-Studie wurden die Abweichungen der Nettobeschäftigungszahlen vom Business-as-usual-Szenario für die beiden mittleren Exportvarianten in Kombination mit dem inländischen Ausbau der Erneuerbaren Energien nach dem Leitszenario 2009 in der GWS-Studie aufgeführt.

	2010		2020		2030	
	Optimistischer Export	Verhaltener Export	Optimistischer Export	Verhaltener Export	Optimistischer Export	Verhaltener Export
Beschäftigte (1.000 Personen)	22,4	5,8	85,6	23,6	144,3	105,1

Tabelle 11: Entwicklung der Beschäftigungszahlen, Absolute Abweichung zum Business-as-usual-Szenario (GWS Berechnungen, 2011)

Die positive gesamtwirtschaftliche Wirkung der Ausbauszenarien wird im Wesentlichen von den Exporten getragen. Der Exporteffekt folgt dem stark wachsenden Weltmarkt für Erneuerbare-Energien-Technologien, während die inländischen Investitionen bis 2020 nur leicht wachsen. Die Bauinvestitionen bleiben in den Ausbauszenarien leicht gegenüber dem Business-as-usual-Szenario zurück. Die explizite Berücksichtigung der außenwirtschaftlichen Verflechtung führt in der GWS-Studie dazu, dass der Multiplikatoreffekt höherer inländischer Investitionen eher gering ausfällt, weil auch die Importe damit ansteigen.

Im Forschungsprojekt „Investitionen in die Herstellung und Errichtung Erneuerbarer Energien Anlagen in Deutschland“ werden neben dem inländischen Absatzmarkt nur die Exportquoten der deutschen Produktion Erneuerbarer Energien betrachtet.

4.3.5 Einfluss des Energiepreises

In der GWS-Studie bleibt der Gesamteffekt der Strompreissteigerung für die privaten Haushalte sehr gering. Der Staatskonsum bleibt trotz zunehmendem BIP in dem untersuchten Zeitraum unverändert. Die höheren fossilen Brennstoffpreise lassen die Erneuerbaren Energien vorteilhafter erscheinen und senken die Differenzkosten, die für den Budgeteffekt verantwortlich sind. Trotz der leicht dämpfenden Wirkung der höheren fossilen Energiepreise auf die Gesamtwirtschaft wirken sich die geminderten Differenzkosten bei gleichem Erneuerbare-Energien-Ausbau deutlich positiv aus.

Die Energiepreisänderungen wirken sich auf die gesamte Preisstruktur der Volkswirtschaft aus. Die Energiepreiserhöhungen können sowohl aus dem erhöhten Erneuerbare-Energien-Ausbau als auch aus den angenommenen höheren fossilen Energiepreisen stammen. Dadurch werden die Vorleistungs- und Endnachfrage, Produktion und Importe beeinflusst. Vermehrte Produktion kann sowohl zu mehr Beschäftigung als auch zu mehr Importen führen, deshalb spielen weiterhin auch die Preis-, Lohn- und Produktivitätsentwicklungen eine entscheidende Rolle. Je nach Stromkostenanteil werden die

Produktionsbereiche durch die höheren Differenzkosten unterschiedlich stark belastet. Dieser Effekt dämpft einerseits den Exportanstieg andererseits steigen dadurch die Importe. Da die Importe der fossilen Energieträger und der Energieeinsatz aber deutlich niedriger liegen als im Business-as-usual-Szenario, ergibt sich durch ein hohes verfügbares Einkommen ein positiver Budgeteffekt.

4.3.5 Preise und Stückkosten

In den DIW-Berechnungen wurde angenommen, dass der Ausbau der Erneuerbaren Energien keinen wesentlichen Einfluss auf Preise und Stückkosten in Deutschland hat. Jedoch wurde in einem Spezialfall berücksichtigt, dass die internationale Wettbewerbsfähigkeit durch eine Preis-Lohn-Spirale beeinträchtigt wird. In diesem Fall wächst das BIP nur noch um 1 Prozent mehr als im Business-as-usual-Szenario. Dies wird durch höhere Importe und geringere Exporte verursacht. Die Importe liegen im Jahr 2030 um 1,7 Prozent höher und die Exporte um 0,4 Prozent niedriger als im Business-as-usual-Szenario. Dadurch wird ein niedrigeres Wachstum der Einkommen und eine geringere Steigung des privaten Verbrauchs angenommen, der um 3,1 Prozent höher ist als im Business-as-usual-Szenario. Auch die privaten Anlageinvestitionen liegen fast auf der gleichen Höhe wie in der Basisvariante.

4.3.6 Lohnentwicklung

Für die gesamtwirtschaftlichen Beschäftigungseffekte spielt auch die Lohnentwicklung eine sehr wichtige Rolle. Die Steigung des BIP bedeutet auch die Erhöhung der Stundenlohnsätze, wobei die Auswirkungen dieses Effektes durch das stärkere Wachstum des Stundenlohnsatzes in Verhältnis zum Preisindex der Lebenshaltung gedämpft werden. Der höhere Stundenlohnabsatz begrenzt den Beschäftigungsanstieg um 0,3 Prozent bei optimistischer Exporterwartung und 0,1 Prozent bei verhaltenen Exporten in 2020 (BMU, 2011). In der DIW-Analyse führen die steigenden Löhne zum Anstieg der Produktivität (Kapitel 4.3.9).

4.3.7 Sektorale Effekte

Die GWS-Modellierung und Analyse der sektoralen Effekten hat deutlich gemacht, dass zwei gegenläufige Impulse auftreten, die zusammen mit einer Vielzahl von Verknüpfungen im Modell für die einzelnen Produktionsbereiche zu berücksichtigen sind. Einerseits wirkt sich die Exporttätigkeit durch die Vorleistungsverflechtungen auf die Nachfrage in den vorgelagerten Bereichen aus, mit steigenden Exporten steigt auch die Produktion, und dadurch zählen diese Bereiche zu den Gewinnern in der Industrie. Andererseits belasten die angenommenen höheren Energiepreise bestimmte Wirtschaftszweige je nach ihrer Energieintensität, wobei auch die vorgelagerten Bereiche berücksichtigt werden müssen. Auch die Wettbewerbsintensität und die Produktivitätssteigerung fallen in den einzelnen Bereichen ganz unterschiedlich aus. Die meisten positiven Effekte werden im Maschinenbau, als wichtiger Lieferant der Vorprodukte von Erneuerbare-Energien-Anlagen, aber auch in der Chemieindustrie und in der Herstellung von Geräten zur Elektrizitätserzeugung erzielt.

	2010		2020		2030	
	Optimistischer Export	Verhaltener Export	Optimistischer Export	Verhaltener Export	Optimistischer Export	Verhaltener Export
Herstellung von chemischen Erzeugnissen	0	0	-	-	-	-
Herstellung von Metallerzeugnissen	0	0	0	0	+	0
Maschinenbau	+	+	+	+	+	+
Herstellung von Geräten der Elektrizitätserzeugung	+	+	+	0	+	+
Herstellung von Kraftwagen und -teilen	-	-	-	-	-	-
Energieversorgung	0	0	-	-	0	0
Baugewerbe	-	-	-	-	-	-
Dienstleister für Unternehmen	-	-	++	+	++	++
Herstellung von EE-Anlagen	++	++	++	++	++	++
Gesamtwirtschaft	++	+	++	++	++	++

Tabelle 12: Ausgewählte sektorale Produktionseffekte – Abweichungen der Beschäftigung zum Business-as-Usual-Szenario in den GWS-Modellierungen (2011)

Die positiven Arbeitsmarkteffekte beschränken sich in der GWS-Modellierung auf wenige Sektoren, die gegenüber dem Business-as-Usual-Szenario Beschäftigung aufbauen. Dagegen ist der Beschäftigungseffekt in fast allen anderen Bereichen neutral oder leicht negativ. Die gesamtwirtschaftlichen Beschäftigungseffekte liegen aber in den GWS-Berechnungen höher im Vergleich zum Business-as-Usual-Szenario.

Die gesamtwirtschaftlichen Effekte liegen entsprechend der GWS-Modellrechnungen bei einem hohen inländischen PV-Ausbau mit einem optimistischen oder verhaltenen Exportszenario im Durchschnitt höher als in Folge eines moderaten PV-Ausbaus basierend auf dem Leitszenario 2009. Gründe für dieses Ergebnis sind die höheren Investitionen und die durch Lernkurveneffekte resultierenden niedrigeren spezifischen Kosten der PV-Technologie. Die Struktureffekte fallen von der Richtung her ähnlich, aber deutlicher aus als im Leitszenario ohne den erhöhten PV Ausbau.

Auch die Wettbewerbsintensität und die Produktivitätssteigerung der einzelnen Bereiche fallen in den GWS-Szenarien unterschiedlich aus. Die steigende Produktivität weist in den meisten Bereichen negative Beschäftigungseffekte auf, allerdings bei den unternehmensnahen Dienstleistungen ab 2020 kehren sie sowohl bei optimistischen als auch bei verhaltenen Exporten in den positiven Bereich um (siehe Tabelle 12). Nach Berechnungen des GWS kann das verarbeitende Gewerbe sehr viel schneller die Produktivität steigern als der Dienstleistungssektor.

4.3.8 Struktur des Arbeitsmarktes

Ein zentrales Ergebnis der DIW-Modellrechnungen ist, dass die Beschäftigungsentwicklung primär von den konkreten Verhältnissen auf dem Arbeitsmarkt abhängt. Mit einem höheren Wachstum ist nicht zwingend eine höhere Beschäftigung verbunden, insbesondere dann nicht, wenn dies mit einer Situation der Unterauslastung der Beschäftigten zusammen fällt, also eine Situation, in der die Unternehmen Personal im Betrieb halten. Auch wenn die Unterauslastung bei den Beschäftigten abgebaut wird, muss es nicht zu Neueinstellungen kommen, wenn die Struktur von Arbeitsangebot und Arbeitsnachfrage nicht übereinstimmt (DIW, 2010).

In der Basisvariante des DIW-Ausbauszenarios wird angenommen, dass nur in sehr geringem Umfang Arbeitslose für die neuen Beschäftigungsmöglichkeiten aktiviert werden können und dass das Wachstum mit einer entsprechend hohen Steigerung der Arbeitsproduktivität einhergeht. Unterstellt man ein schwaches Produktivitätswachstum, würde die Erwerbstätigkeit hingegen kräftig zunehmen. In der Variante „Aktivierung zusätzlicher Arbeitskräfte“ ist das BIP im Jahr 2030 um 2,9 Prozent höher, die Personenproduktivität aber nur um 2,2 Prozent höher als im Business-as-usual-Szenario. Der Grund dafür ist auch hier, dass die Produktivitätsentwicklung je Beschäftigte sich in etwa im gleichen Maß wie das Wirtschaftswachstum beschleunigt.

Auch in der GWS-Studie wird angerechnet, dass die Nettobeschäftigungseffekte des Ausbaus der Erneuerbaren Energien zentral von der Verfügbarkeit von Arbeitskräften und von der natürlichen Arbeitslosenquote abhängen. Wenn zusätzliche Arbeitskräfte durch den Ausbau Erneuerbarer Energien aktiviert werden können, steigt laut GWS-Studie die Nettowirkung im Jahr 2030 auf zusätzliche 270.000 Beschäftigte, und es zeigen sich weitere positive Effekte, wie hohe Produktivitätszuwächse, Zunahme des BIP bei gleichbleibender Beschäftigung. Die höheren verfügbaren Einkommen durch höhere Löhne wirken wieder auf die Endnachfrage ein und mildern die negativen Budgeteffekte. Dadurch kann die erhöhte Investition in Erneuerbare Energien-Anlagen erhebliche Zuwächse in der Beschäftigung zur Folge haben. (BMU, 2011)

4.3.9 Gesamtdarstellung der Beschäftigungseffekte in Analysen der DIW und GWS

In der Tabelle 13 werden die einzelnen Effekte zusammenfassend dargestellt und nach Einflussgrößen qualitativ bewertet.

	DIW-Analyse	GWS-Analyse
Strukturwandel der Gesamtwirtschaft	stark positiv	positiv
Steigerung des BIP	positiv	neutral
Kaufkraftverluste der privaten Haushalte (Budgeteffekte)	positiv	neutral
Export	neutral	stark positiv
Import	neutral	negativ
Erhöhung des Energiepreises	k. A.	neutral
Preise und Stückkosten	negativ	k. A.
Lohnentwicklung	negativ	k. A.
Sektorale Effekte	k. A.	stark positiv
Produktivitätsentwicklung	neutral	neutral
Struktur des Arbeitsmarktes	stark positiv	stark positiv

Tabelle 13: Gesamtdarstellung des Einflusses relevanter Faktoren auf die Beschäftigungseffekte

Die zwei Forschungsinstitute verwenden in ihren Berechnungen unterschiedliche Methoden und Modellannahmen, die aus unterschiedlichen Kernergebnissen resultieren. Die DIW-Analyse betont insbesondere die Wichtigkeit des Strukturwandels, die allgemeine Veränderung der Gesamtwirtschaft und die

generelle Struktur des Arbeitsmarktes als maßgebliche Einflussfaktoren. Die Modellierung der GWS hingegen hebt die Bedeutung der Exporte, sektorale Effekte und die Struktur des Arbeitsmarktes stärker hervor.

4.4 Die kritische Sichtweise des RWI

Das Rheinisch-Westfälische Institut für Wirtschaftsforschung hat in einem Energy Policy Artikel das Fördervolumen durch das EEG und Investitionen im deutschen Erneuerbare-Energien-Bereich seit 2000 untersucht und einander gegenüber gestellt. Ein zentrales Ergebnis des Artikels ist, dass die Förderung von erneuerbaren Energietechniken langfristig geringe oder sogar negative Nettobeschäftigungseffekte verursacht. Die inländische Nachfrage wird sinken, sobald die Erneuerbare-Energien-Förderung aufhört. Dadurch werden auch die Beschäftigungseffekte zusammenbrechen, weil der Sektor dann nur noch durch den Export, bzw. eine Erneuerbare-Energien-Förderung in Drittstaaten begünstigt wird.

Der Rückgang der Beschäftigungszahlen ist nach Einschätzung der RWI dabei auf folgende Aspekte zurückzuführen:

- Budgeteffekte: die Mehrkosten der Erneuerbaren Energien lösen Kaufkraftverluste aus und verringern dadurch andere Konsumausgaben.
- Substitutionseffekte: durch Investitionen in Erneuerbare-Energien-Anlagen werden Investitionen in konventionelle, fossile Energietechniken substituiert und dadurch auch negative Effekte auf deren Vorleistungsstrukturen ausgelöst.
- Die Wirtschaftsaktivität wird bei höheren Strompreisen schrumpfen.

Das RWI legt in seinen Analysen folgende Annahmen zugrunde: Die Kosten des EEG in Deutschland werden von den Stromkonsumenten getragen. Die Mehrkosten belaufen sich auf 7,5 Prozent der durchschnittlichen Haushaltsstromausgaben. Die Gesamtkosten des EEG summierten sich auf 7,59 Mrd. Euro in 2007. Die Regierung hat davon im Jahr 2007 nur 211,1 Mio. Euro für Forschung und Entwicklung im Bereich der Erneuerbaren Energien ausgegeben, ungefähr 3 Prozent der Gesamtkosten der EEG. Die privaten Investitionen lagen bei 138,5 Mio. Euro.

Die RWI-Studie zieht die Schlussfolgerung, dass die positive Nebenwirkung des Erneuerbare-Energien-Ausbaus auf weitere Wirtschaftsbereiche und die positive Externalität der EEG-Förderung viel niedriger sind als angenommen. Weiterhin mindern erhöhte Energiepreise die generelle Investitionsbereitschaft. Die negativen Folgen von Budget- und Substitutionseffekten verursachen nach der Analyse des RWI größere Einbußen bei der Beschäftigung in anderen Sektoren als positive Effekte in der Erneuerbare-Energien-Branche.

Die Herstellung der Erneuerbaren Energien-Anlagen ist in der Regel arbeitsintensiver. Deshalb argumentiert das RWI, dass die Herstellung derselben Menge an Energie mehr Arbeitnehmer erfordert. Durch die höheren Lohnkosten sinkt das Wirtschaftspotenzial, was kontraproduktiv auf die Nettoarbeitsplatzbeschaffung wirkt. Dadurch sind die langfristigen Beschäftigungseffekte negativ.

Mögliche positive Arbeitsplatzeffekte hängen nach Einschätzung des RWI primär von den Exporten ab. Andererseits wird dieser Effekt durch die Importe ausländischer Hersteller gemindert. Beispielsweise stammt fast die Hälfte der in der letzten Zeit installierten PV-Panels von chinesischen oder japanischen Herstellern. Deshalb werden die positiven Beschäftigungseffekte der Erneuerbare-Energien-Förderung in diesen Staaten und nicht in Deutschland erreicht.

Besonders die PV-Förderung ist in Deutschland nach Aussagen des RWI überhöht. Wenn die Beschäftigungszahlen des PV-Sektors mit der Fördersumme verglichen werden, stellt sich heraus, dass die finanziellen Aufwendungen durch die Erneuerbare-Energien-Förderung die durchschnittlichen Arbeitslöhne überschreiten.

Weiterhin werden hauptsächlich hoch qualifizierte neue Mitarbeiter in dem Erneuerbaren Sektor gebraucht. Da es in Deutschland in den letzten Jahren an diesen Arbeitskräften mangelt, stärkt die Entwicklung der Erneuerbare-Energien-Branche den Wettbewerb zwischen den Arbeitgebern für gut qualifizierte Arbeitnehmer.

Anzumerken bleibt, dass in dem Artikel keine grundlegenden Modellrechnungen oder Szenarien publiziert sind und auch nicht auf existierende Modellrechnungen verwiesen wird. Daher werden auch die negativ ausfallenden Budget- und Substitutionseffekte nicht genauer beschrieben, sondern nur die allgemeinen Zusammenhänge dargestellt. Weiterhin werden auch die strukturellen Auswirkungen des Erneuerbare-Energien-Ausbaus auf die Gesamtwirtschaft und auf den Arbeitsmarkt außer Acht gelassen. Eine detaillierte Analyse der Effekte des Importes und Exportes findet nicht statt. Auch die Auswirkungen sektoraler Effekte werden nicht analysiert.

4.5 Zwischenfazit

Die Bestimmung der kurz- und langfristigen Nettobeschäftigungseffekte des Erneuerbare-Energien-Ausbaus ist eine sehr komplexe Aufgabe. Das zeigen zwei vorliegende Studien, die die möglichen Nettobeschäftigungseffekte mit verschiedenen Methoden analysieren. In der Untersuchung des Deutschen Institutes für Wirtschaftsforschung wurde ein nachfrageorientierter Ansatz auf Basis der Input-Output-Analyse verwendet. Die Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung greift ebenfalls auf ein Input-Output-Modell als Methode zurück. Es wurde zusätzlich durch diverse Szenarioberechnungen ergänzt. Die Szenarien wurden mit unterschiedlichen Modellannahmen durchgeführt und miteinander verglichen.

Die umfassenden Analysen zeigen eine Reihe von unterschiedlichen Einflussfaktoren und Effekten auf die Nettobeschäftigungswirkung. Zu ihnen zählen:

- Strukturwandel der Gesamtwirtschaft,
- Steigerung des Bruttoinlandproduktes,
- Budgeteffekte,
- Energiepreiseffekte,
- Einwirkungen des Auslandes,
- Allgemeine Preisentwicklung,
- Stückkosten und Lohnentwicklung,
- Sektorale Effekte,
- Auswirkungen der Produktivitätssteigerung,
- Allgemeine Struktur des Arbeitsmarktes.

Die Nettobeschäftigungseffekte ergeben sich aus einer Gesamtbilanz und aus dem Wechselspiel dieser Effekte. In der Ergebnisbewertung sind sich DIW und GWS dahingehend einig, dass die langfristigen positiven Beschäftigungseffekte des Erneuerbare-Energien-Ausbaus die negativen sektoralen Auswirkungen und Budgeteffekte überschreiten. Die gesamtwirtschaftlichen Analysen zeigen, dass der Erneuerbare-Energien-Ausbau langfristig zu höherem Wirtschaftswachstum und auch zu höherem Konsum führt. Die Hauptunterschiede der Studien liegen nicht in der Gesamteinschätzung, sondern bei der Bewertung des Einflusses der einzelnen Effekte. Die DIW-Analyse betont insbesondere die Wichtigkeit des Strukturwandels, die allgemeine Veränderung der Gesamtwirtschaft und die generelle Struktur des Arbeitsmarktes als bestimmende Faktoren. Die Modellierung der GWS hebt die Bedeutung der Exporte, sektoraler Effekte und der Struktur des Arbeitsmarktes hervor. Beide Studien unterstreichen die unumgänglichen Einflüsse der generellen Struktur der Gesamtwirtschaft und des Arbeitsmarktes als maßgeblichste Faktoren.

Das RWI verfolgt in seinen (allerdings nicht auf vergleichbar umfassenden Modellberechnungen basierenden) Arbeiten einen anderen methodischen Ansatz und analysiert die deutsche Entwicklung der Erneuerbare-Energien-Branche im Rahmen einer Analyse der historischen deutschen Erneuerbare-Energien-Investitionen und der gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen der mit dem EEG verbundenen Ausgaben. Dabei kommen sie zu dem Ergebnis, dass die positiven Arbeitsplatzeffekte im Erneuerbare-Energien-Sektor den größeren Rückgang in anderen Bereichen durch die mit den Belastungen für die Endverbraucher induzierten Budgeteffekten nicht ausgleichen werden können.

Die Eignung einer Methode, um Nettobeschäftigungseffekte zu berechnen, hängt primär von der Forschungsfrage ab. Es ist von zentraler Bedeutung, ob eher der Status Quo oder eine mögliche zukünftige Entwicklung eingehend analysiert wird. Aufgrund der starken Verflechtungen der Wirtschaftsstrukturen erscheint der von DIW und GWS gewählte methodische Vorgang (Input-Output-Analysen) sinnvoll. Beide Studien zeigen in der Tendenz positive Beschäftigungsimpulse durch den Ausbau Erneuerbarer Energien. Sie zeigen aber auch, dass die Ergebnisse sehr stark von den getroffenen Annahmen abhängen. Neben der Darstellung und Diskussion der relevanten Einflussfaktoren erscheint daher eine Varianten- und Szenariorechnung für die Diskussion und Interpretation der Ergebnisse hilfreich.

Fazit

Bearbeitet von EuPD Research und dem Deutschen CleanTech Institut

Die Zielsetzung dieser Studie besteht in der Analyse verschiedener branchenspezifischer Kennziffern, die den Ausbau Erneuerbarer Energien determinieren. So werden die Gesamtinvestitionen in Erneuerbare-Energien-Anlagen und deren Fertigungsstätten sowie der Gesamtumsatz deutscher Anlagenproduzenten und die anteiligen Exportumsätze untersucht. Die Beschäftigungsentwicklung hingegen wird auf Basis von Literaturrecherche und –auswertung dargestellt, sodass mittel- und langfristige Beschäftigungseffekte erklärt werden – ohne jedoch eine Quantifizierung vorzunehmen.

Als Grundlage für die kurz- und mittelfristige Prognose der Erneuerbaren Energien-Branche steht eine Primärerhebung unter den Hersteller- und Zuliefererunternehmen in Deutschland. In Ergänzung dazu wird die langfristige Prognose der Kennziffern auf Basis dreier Szenarien unter Berücksichtigung der Exportentwicklung vorgenommen. Das Modell basiert auf der Ceteribus-Paribus-Bedingung, dass lediglich der Zubau zwischen den drei Szenarien variiert, alle anderen Einflussfaktoren werden konstant über die drei Szenarien gehalten. Die Exporte zur Einbettung des deutschen Marktes in das internationale Umfeld orientieren sich an den Einschätzungen in der Primärerhebung aus BMU, 2011, und variieren in Abhängigkeit der Zubauentwicklung. Demnach wird antizipiert, dass ein starker Heimatmarkt zu Vorteilen der heimischen Hersteller auf dem Weltmarkt führt (siehe Kapitel 3.1.2).

Für den Umsatz deutscher Anlagenhersteller ist in der kurzen und mittleren Frist insgesamt eine steigende Tendenz zu erwarten, wobei gemäß den Angaben der Anteil des Umsatzes aus dem Ausland zunimmt. Dieser Trend wird auch in der langfristigen Prognose in den drei Szenarien bestätigt. Aufgrund fehlender Prognosen über die Entwicklung der Wertschöpfungsanteile deutscher Hersteller wurden diese über den Zeitverlauf als konstant angenommen. Nahezu übereinstimmend wird in fast allen Technologien insgesamt ein Umsatzwachstum festgestellt, was sich wiederum sehr positiv für die deutschen Hersteller auswirkt.

In der Gegenüberstellung der kurz- bzw. mittel- und langfristigen Einschätzungen hinsichtlich der Investitionen in die Fertigungsstätten, zeigt sich in der Stromsparte, dass die Ergebnisse der Primärerhebung und die des Modells in die gleiche Richtung weisen.²⁰ Laut Primärerhebung betragen die Investitionen in Herstellungskapazitäten in der Stromsparte 2014 4,2 Mrd. Euro, wobei das Gros Windenergie und Photovoltaik ausmachen. Laut dem Modell schwanken die Investitionen in Fertigungsstätten in 2015 je nach Szenario zwischen 2,7 Mrd. Euro und 7,1 Mrd. Euro. Im Szenario S2 werden für 2015 Investitionen in Fertigungskapazitäten von 5,7 Mrd. Euro ausgewiesen, sodass ein ähnliches Niveau wie in der Unternehmensbefragung erreicht wird. Die Tendenz ist langfristig steigend.

In der Wärmesparte hingegen weichen die Prognosen der Primärerhebung und des Modells deutlich voneinander ab. So werden laut Primärerhebung 2014 230 Mio. Euro in die Wärmesparte in die Herstellungskapazitäten investiert (den größten Anteil daran liefert die Solarwärme), gemäß dem Modell sind es 2015 1,6 Mrd. Euro bis 3,8 Mrd. Euro. Zu erklären ist diese Differenz damit, dass die Szenarien mittel- und

²⁰ Da Biomasseanlagen sowohl zur Strom- wie auch zur Wärmegewinnung genutzt werden und die Nutzungsabgrenzung nicht eindeutig ist, wurde bei der Primärerhebung zur Vereinfachung Biogas gänzlich der Stromsparte und die übrige Biomasse (u.a. Holzhackschnitzel, Pellets) der Wärmesparte zugerechnet. In dem Modell kann jedoch lediglich zwischen Biomasse Wärme und Biomasse Strom differenziert werden, da die wesentlichen untersuchten Quellen keine detailliertere Abgrenzung erlauben.

langfristig von einem teils deutlichen Wachstum des deutschen Marktes ausgehen und die Marktanteile deutscher Hersteller und Zulieferer in Deutschland in der Wärmesparte annahmegemäß konstant bleiben. Die kurz- und mittelfristige Einschätzung hingegen basiert auf aktuellen Marktwahrnehmungen der Hersteller und diese gehen von einem (zumindest in der näheren Zukunft) schrumpfenden Markt aus. Daher ist die tatsächliche Investitionsbereitschaft in der Wärmesparte derzeit sehr gering.

Im Bereich der Biokraftstoffe können keine Daten aus der Primärerhebung ausgewiesen werden, da die Rücklaufquote zu gering ist. Die Aussagen der Unternehmen bestätigen jedoch tendenziell die aktuell schwierige Situation in der Biokraftstoffbranche. Investitionen in neue Fertigungsstätten werden derzeit nicht realisiert. Investitionsmaßnahmen zur Instandhaltung bestehender Herstellungskapazitäten werden, sofern möglich, verschoben oder wenigstens nur in abgespecktem Umfang getätigt. Auf eine weitergehende Analyse wurde in Anbetracht der aktuellen Marktsituation und in Rücksprache mit den Verbänden verzichtet.

In der Primärerhebung wird zusätzlich zu dem Investitionsvolumen in Fertigungskapazitäten auch die Investitionsregion abgefragt. Dabei zeigt sich, dass der Investitionsstandort Deutschland kurz- und mittelfristig eine wichtige Rolle einnimmt, wenngleich der Anteil rückläufig ist. Zusätzlich zu den Investitionen in Fertigungsanlagen werden in der Primärerhebung auch die Investitionsvolumina für Forschung und Entwicklung ermittelt. Diese belaufen sich 2014 insgesamt (Strom- und Wärmesparte sowie Biokraftstoffe) auf 1,7 Mrd. Euro. Im Bereich Strom stellt das Gros Windenergie, in der Wärmesparte Biomasse und Solarwärme.

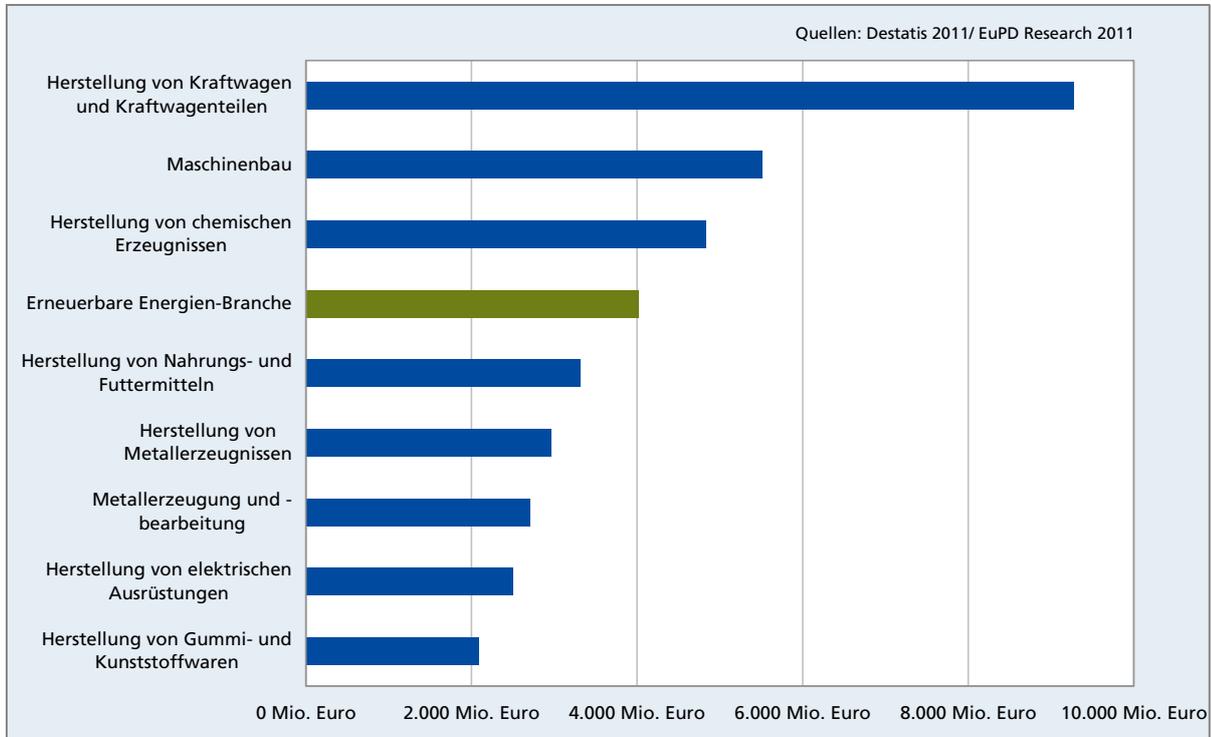
Im Modell werden zudem die Gesamtinvestitionen in Erneuerbare Energien in Deutschland angegeben. Dies sind definitionsgemäß die Investitionen in Erneuerbare-Energien-Anlagen zuzüglich der Investitionen in Fertigungsstätten. Diese liegen für 2015 in der Stromsparte zwischen 13,1 Mrd. Euro und 23,3 Mrd. Euro, 2030 schwanken diese gemäß den Prognosen zwischen 8,6 Mrd. Euro und 24,0 Mrd. Euro. In der Wärmesparte ist das Gesamtinvestitionsvolumen geringer. Jedoch wächst das Gesamtinvestitionsvolumen je nach Szenario zwischen 2015 und 2030 in allen Szenarien deutlich.

Insgesamt zeigen die Primärerhebung sowie die Modellberechnungen positive Entwicklungen für die Erneuerbare-Energien-Branche im Hinblick auf die schwerpunktmäßig untersuchten Kennziffern. Interessant sind insbesondere die gesamtwirtschaftlichen Effekte, die sich für die Volkswirtschaft Deutschlands ergeben. Diesbezüglich werden zusätzlich als ein Teil gesamtwirtschaftlicher Auswirkungen Beschäftigungseffekte untersucht. Die Primärerhebung zeigt, dass der Ausbau der Erneuerbaren Energien kurzfristig die Mitarbeiteranzahl positiv beeinflusst. So geht ein Viertel der befragten Unternehmen von einem Wachstum von über 20 Prozent von 2010 auf 2011 aus. Die langfristigen Effekte werden auf Basis von Studien von DIW und GWS verglichen bzw. bewertet. Die Studien zeigen Einigkeit darüber, dass langfristig positive Beschäftigungseffekte negative sektorale Auswirkungen und Budgeteffekte kompensieren. Des Weiteren wird ein Anstieg im Konsum erwartet, da mit generellem Wirtschaftswachstum durch den Ausbau der Erneuerbaren Energien gerechnet werden kann. Jedoch werden in den Studien diese positiven Wirkungen unterschiedlichen Faktoren zugeschrieben. So werden in der DIW-Analyse dem Strukturwandel und der Struktur des Arbeitsmarktes maßgeblicher Einfluss zugerechnet, in der GWS-Studie hingegen den Exporten, sektoralen Effekten und ebenfalls der Struktur des Arbeitsmarktes.

Zur Einordnung der Untersuchungsergebnisse in den gesamtwirtschaftlichen Kontext werden die in der Erneuerbaren Energien-Branche erhobenen Investitionssummen anderen Wirtschaftszweigen des Verarbeitenden Gewerbes gegenübergestellt. Hierbei zeigt die nachfolgende Abbildung die Darstellung der

Investitionssummen der Wirtschaftszweige (Obergruppen) des Verarbeitenden Gewerbes mit einem Investitionsvolumen von über zwei Mrd. Euro.²¹

Abbildung 71: Investitionen in Fertigungskapazitäten im Verarbeitenden Gewerbe 2009 und der Erneuerbaren Energien-Branche 2010



Im direkten Vergleich der Wirtschaftszweige ist ersichtlich, dass die Erneuerbare-Energien-Branche mit einem Investitionsvolumen in Fertigungskapazitäten von vier Mrd. Euro hinter der Herstellung von KfZ, dem Maschinenbau und der Herstellung chemischer Erzeugnisse liegt. Die Automobil-Branche als eine Schlüssel-Branche der deutschen Volkswirtschaft investierte im Jahr 2009 mit 9,3 Mrd. Euro im Verhältnis zu den Erneuerbaren Energien 2,3-mal mehr. An der gesamten Investitionssumme in Fertigungskapazitäten des Verarbeitenden Gewerbes von 46,2 Mrd. Euro gemessen, erreichen die Investitionen der Erneuerbaren Energien knapp neun Prozent.

Die vorliegende Studie zeigt sowohl auf Basis der durchgeführten Primärerhebung als auch in der Modellrechnung, dass der Ausbau der Erneuerbaren Energien stetig voranschreitet und immense Investitionen getätigt werden, um die Energieversorgung der Zukunft zu gewährleisten und die Klimaschutzziele zu erreichen. Die deutschen Hersteller und Zulieferer partizipieren an dieser überaus positiven Entwicklung sowohl im Inland wie auch auf dem Weltmarkt. Die EEG-Förderung dient im Stromsektor als Basis für die gute Lage der deutschen Hersteller auf dem Weltmarkt. Ähnlich starke Förderanreize fehlen im Wärme- und Biokraftstoffbereich. Um auch in diesen Bereichen die Klimaschutzziele zu erreichen und die prognostizierten hohen Investitionsvolumina tätigen zu können, bedarf es daher der Unterstützung aus der Politik in Form von mittel- und langfristigen stabilen und wirkungsvollen Fördermechanismen.

²¹ Für das Verarbeitende Gewerbe liegen aktuell nur Investitionszahlen für das Jahr 2009 vor, so dass diese der Erneuerbare-Energien-Branche des Jahres 2010 gegenübergestellt wurden.

Anhang

Szenario 1		2008	2020	2030
Volllaststunden Photovoltaik (h/a)		739	930	960
Volllaststunden Wind onshore (h/a)		1690	2040	2165
Volllaststunden Wind offshore (h/a)		0	3400	3800
Volllaststunden Wasser (h/a)		3908	4471	4471
Volllaststunden Biomasse (h/a)		5846	6468	6651
Volllaststunden Geothermie (h/a)		2727	6818	6818
Ölpreis real in \$2008 pro Barrel		94,1	97,5	110
Preis für CO ₂ -Zertifikate in €2008 pro Tonne			20	38,3
BIP real in Mrd. €2000		2270	2437	2632
Rohöl real in € pro Tonne		484	554	675
Erdgas real in Cent pro kWh		2,7	2,3	2,6
Nettostromnachfrage in TWh		537,7	496,9	470,7
Szenario 2		2010	2020	2030
CO ₂ -Aufschlagsätze in € pro Tonne	Preisfad: deutlich	24	39	50
	Preisfad: mäßig	20	30	35
BIP real in Mrd. €2000		2335	2763	2960
Rohöl real in €2005 pro Tonne	Preisfad: deutlich	409,7	531,7	656
	Preisfad: mäßig	362,4	441,2	523
Erdgas real in Cent2005 pro kWh	Preisfad: deutlich	2,82	3,84	4,9
	Preisfad: mäßig	2,49	3,03	3,6
Szenario 3		2010	2020	
Volllaststunden Photovoltaik (h/a)		950	1050	
Volllaststunden Wind onshore (h/a)		1940	2490	
Volllaststunden Wind onshore (h/a)		2000	3700	
Volllaststunden Wasser (h/a)		4700	4900	
Volllaststunden Bioenergie (h/a)		6181	5814	
Volllaststunden Geothermie (h/a)		6000	6000	
CO ₂ -Vermeidungskosten für EEG-Strom mit Vergütungsanspruch (€2008/t)		58	13	
Ölpreis (\$2008/ Barrel)			200	
Gaspreis (€2008/GJ)			20	
Steinkohle (€2008/t)			350	

Tabelle 14: Generelle Annahmen in den drei Szenarien S1, S2 und S3

Angaben in [Euro/kW _{el}]	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Wind Onshore	1.100	1.090	1.080	1.070	1.060	1.050	1.040	1.030	1.020	1.010	1.000
Wind Offshore	3.500	3.350	3.200	3.100	3.000	2.900	2.800	2.725	2.650	2.575	2.500
Wasserkraft < 500 kW	4.500	4.523	4.545	4.568	4.590	4.613	4.635	4.658	4.680	4.703	4.725
Wasserkraft < 2 MW	3.500	3.518	3.535	3.553	3.570	3.588	3.605	3.623	3.640	3.658	3.675
Wasserkraft < 5 MW	2.500	2.513	2.525	2.538	2.550	2.563	2.575	2.588	2.600	2.613	2.625
Wasserkraft > 5 MW	2.200	2.211	2.222	2.233	2.244	2.255	2.266	2.277	2.288	2.299	2.310
Feste Biomasse < 0,5 MW	4.150	4.144	4.138	4.132	4.126	4.120	4.114	4.108	4.102	4.096	4.090
Feste Biomasse < 5 MW	3.630	3.625	3.620	3.615	3.610	3.605	3.600	3.595	3.590	3.585	3.580
Feste Biomasse > 5 MW	2.416	2.400	2.383	2.366	2.349	2.333	2.316	2.299	2.282	2.266	2.250
Biogas < 70 kW	5.345	5.321	5.296	5.272	5.247	5.223	5.198	5.174	5.149	5.125	5.100
Biogas < 500 kW	3.600	3.580	3.560	3.540	3.520	3.500	3.480	3.460	3.440	3.420	3.400
Biogas > 500 kW	2.375	2.364	2.352	2.341	2.329	2.318	2.306	2.295	2.283	2.272	2.260
Photovoltaik**	2.833	2.389	2.269	2.210	2.150	2.050	1.900	1.800	1.700	1.600	1.500
Geothermie KWK*	10.490	10.205	9.920	9.635	9.350	9.065	8.780	8.495	8.210	7.925	7.640
Geothermie nur Strom*	12.090	11.805	11.520	11.235	10.950	10.665	10.380	10.095	9.810	9.525	9.290

Angaben in [Euro/kW _{th}]	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Pelletheizungen	900	886	872	858	844	830	816	802	788	774	760
Holzhackschnitzel	640	636	632	628	624	620	616	612	608	604	600
Bioenergie Prozesswärme	560	554	548	542	536	530	524	518	512	506	500
Solarthermie [Euro/m ²]	700	670	640	610	580	550	530	510	490	470	450
Tiefengeothermie	690	680	670	660	650	640	630	620	610	600	600
Wärmepumpen	1.504	1.487	1.475	1.466	1.459	1.453	1.449	1.445	1.442	1.439	1.436

* Diese Daten beruhen auf EREC, 2010. Zwischen 2010 und 2020 wird ein linearer Verlauf angenommen.

** Preise für 2010, 2011: BSW-Solar, 2011. Die Preise von 2012 bis 2014 sind als Übergang zum Preisfad von Prognos, 2010 modelliert.

Tabelle 15: Spezifische Anlagenkosten der Erneuerbaren Energien bis 2020 nach Prognos, 2010

Zubau in MW	Szenario	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
Photovoltaik	S1	7.400	2.813	2.187	1.792	1.519	1.319	1.166	1.046	949	868	801	743	694	650	612	579	549	522	498	476	456	
	S2	7.408	6.000	4.199	3.599	3.299	3.049	2.828	2.747	2.644	2.574	2.531	2.180	1.877	1.617	1.392	1.199	1.032	889	766	659	568	
	S3	7.400	5.986	3.161	3.096	3.101	3.076	3.110	3.099	3.120	3.100	3.099	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Windenergie	S1	1.551	2.227	2.065	1.912	1.767	1.631	1.503	1.385	1.275	1.173	1.080	972	897	830	772	723	682	650	627	612	606	
	S2	1.551	2.706	1.751	1.616	1.829	1.844	1.824	1.684	1.755	1.841	1.999	1.881	1.881	1.881	1.881	1.881	1.881	1.881	1.881	1.881	1.881	1.881
	S3	1.551	2.200	2.300	2.400	2.600	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.600	2.600	2.600	2.600	2.600	2.600	2.600	2.600	2.600	2.600	2.600
Geothermie	S1	0	10	13	16	19	22	25	29	33	37	34	24	23	22	21	20	19	19	18	17	16	
	S2	0	10	10	13	17	22	28	35	43	51	62	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	
	S3	0	10	19	16	22	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	
Biomasse Strom	S1	411	197	281	253	225	197	170	142	114	86	58	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	S2	411	197	306	289	289	252	300	271	262	229	136	95	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96
	S3	411	455	445	445	435	435	435	435	435	435	405	460	480	500	520	540	560	580	600	620	640	
Wasserkraft	S1	20	38	41	42	37	32	27	23	18	14	10	9	9	8	8	7	7	6	6	5	5	
	S2	20	14	19	24	28	30	30	36	32	32	23	27	27	26	27	27	26	27	26	27	27	
	S3	20	38	150	150	150	150	150	150	150	150	150	130	110	90	70	50	30	30	30	30	30	
Biomasse Wärme	S1	832	765	688	649	624	590	540	539	491	417	319	163	164	166	168	169	171	172	174	175	177	
	S2	832	1.001	907	861	833	792	725	724	659	557	423	214	214	214	214	214	214	214	214	214	214	
	S3	832	1.103	1.446	1.808	2.075	2.385	2.743	3.157	3.171	3.190	3.283	3.278	3.081	2.878	2.770	2.673	2.588	2.513	2.449	2.395	2.353	
Solarwärme	S1	805	1.685	2.019	2.222	2.222	2.222	2.222	2.252	2.311	2.400	2.600	2.800	3.000	3.200	3.400	3.600	3.800	3.950	4.075	4.175	4.250	
	S2	805	1.212	1.595	1.989	2.382	2.791	3.151	3.525	3.799	4.027	4.170	4.320	4.480	4.650	4.831	5.025	5.231	5.450	5.685	5.935	6.202	
	S3	805	1.707	2.048	2.458	2.949	3.391	3.731	4.104	4.514	4.830	5.072	5.173	5.276	5.382	5.490	5.599	5.711	5.826	5.942	6.061	6.182	
Wärmepumpen	S1	802	489	513	536	550	563	575	588	604	622	645	704	729	751	771	790	807	823	837	851	864	
	S2	802	845	865	882	886	888	880	875	876	881	891	934	934	934	934	934	934	934	934	934	934	
	S3	802	1.040	1.248	1.398	1.565	1.659	1.726	1.795	1.867	1.941	2.019	2.080	2.142	2.185	2.250	2.318	2.387	2.459	2.508	2.558	2.609	

Tabelle 16: Zubaudaten aller Technologien in den drei nationalen Szenarien

Sparte	Technologie	Deutsche EE-Technologieexporte in Mrd. Euro(2005) für 2020	Deutsche EE-Technologieexporte in Mrd. Euro(2005) für 2030
Strom	Wasserkraft	0,37	0,32
	Windenergie	8,15	9,14
	Photovoltaik	4,44	10,06
	Geothermie	0,11	0,26
	Biomasse Strom	0,41	0,29
	Solartherm. KW	4,56	9,80
Wärme	Kollektoren (Solarwärme)	1,06	1,95
	Erdwärme (Wärmepumpen)	0,48	0,60
	Biomasse Wärme	0,31	0,29
	Summe Strom	18,04	29,87
	Summe Wärme	1,85	2,84
	Summe "verhalten"	19,88	32,71

Tabelle 17: Deutsche EE-Technologieexporte in Mrd. Euro(2005) für 2020 und 2030 (durch die GWS zur Verfügung gestellte Detailauswertung der Primärerhebung aus BMU (2011), Gesamtbild in BMU (2011), Abbildung 4-16)

Szenario*	in Mio. EUR (2005)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
S1	Photovoltaik	7.906	5.202	5.633	5.530	5.325	5.178	4.834	4.568	4.309	4.119	3.935	4.275	4.509	4.728	4.934	5.128	5.311	5.483	5.646	5.798	5.942
	Windenergie	5.341	5.622	5.902	6.183	6.463	6.744	7.024	7.305	7.585	7.866	8.146	8.245	8.345	8.444	8.543	8.643	8.742	8.841	8.941	9.040	9.139
	Wasserkraft	340	343	345	348	350	353	355	358	360	363	365	361	356	352	347	343	338	334	329	325	320
	Biomasse (Strom)	241	257	274	291	308	325	342	359	376	392	409	398	386	375	363	352	341	329	318	306	295
	Geothermie	63	68	72	77	81	86	90	95	100	104	109	124	140	155	171	187	202	218	234	249	265
	Gesamt	13.891	11.491	12.227	12.428	12.528	12.685	12.646	12.684	12.730	12.844	12.964	13.403	13.736	14.054	14.359	14.652	14.934	15.205	15.467	15.718	15.961
S2	Photovoltaik	7.906	7.906	7.907	7.907	7.907	7.908	7.665	7.589	7.459	7.400	7.352	7.814	8.131	8.400	8.629	8.824	8.991	9.135	9.262	9.375	9.478
	Windenergie	5.341	6.029	5.589	5.855	6.529	6.995	7.431	7.725	8.281	8.865	9.545	9.723	9.995	10.261	10.515	10.760	10.993	11.210	11.413	11.601	11.772
	Wasserkraft	340	304	310	319	335	348	357	377	381	392	388	392	389	384	382	378	373	371	366	364	360
	Biomasse	241	257	282	303	331	348	396	420	453	479	474	460	448	436	423	410	398	385	372	359	346
	Geothermie	63	67	62	69	77	86	95	104	111	120	138	183	210	236	262	289	316	344	373	402	431
	Gesamt	13.891	14.564	14.150	14.453	15.179	15.684	15.945	16.215	16.685	17.255	17.897	18.571	19.173	19.716	20.211	20.661	21.071	21.446	21.786	22.101	22.388
S3	Photovoltaik	7.906	7.898	6.939	7.386	7.671	7.891	7.908	7.908	7.909	7.909	7.910	8.761	9.612	10.463	11.314	12.165	13.016	13.867	14.718	15.569	16.420
	Windenergie	5.341	5.596	6.125	6.672	7.324	7.990	8.500	9.018	9.544	10.076	10.612	10.765	11.055	11.337	11.610	11.873	12.122	12.358	12.579	12.784	12.971
	Wasserkraft	340	343	456	459	470	482	494	506	518	531	544	526	505	484	462	437	411	406	402	398	394
	Biomasse	241	327	319	348	376	409	444	481	521	564	602	625	614	603	592	579	566	553	539	524	510
	Geothermie	63	66	85	77	87	99	111	120	128	136	152	198	234	269	305	342	380	419	460	501	543
	Gesamt	13.891	14.231	13.923	14.941	15.929	16.871	17.457	18.034	18.620	19.216	19.820	20.874	22.020	23.156	24.282	25.396	26.495	27.604	28.698	29.777	30.838

Tabelle 18: Exporte in Mio. Euro in der Stromsparte (* Modellergebnisse)

Szenario*	in Mio. EUR (2005)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
S1	Photovoltaik	11.038	4.474	3.866	3.452	3.137	2.871	2.572	2.364	2.179	2.027	1.887	1.903	1.906	1.913	1.923	1.935	1.948	1.963	1.978	1.993	2.009
	Windenergie	5.267	6.424	6.624	6.818	7.081	7.302	7.374	7.465	7.564	7.668	7.780	7.829	7.846	7.870	7.901	7.939	7.985	8.037	8.096	8.162	8.236
	Wasserkraft	375	400	406	410	410	406	403	399	395	395	390	386	383	379	376	373	370	366	363	360	356
	Biomasse (Strom)	1.415	1.002	1.106	1.071	1.036	999	961	923	883	842	814	742	736	730	724	718	711	704	697	690	683
	Geothermie	39	105	125	144	162	180	197	218	243	261	250	216	218	224	230	236	242	247	253	259	266
	Gesamt	18.133	12.405	12.127	11.895	11.826	11.759	11.507	11.369	11.264	11.194	11.120	11.076	11.088	11.116	11.154	11.200	11.255	11.318	11.388	11.465	11.550
S2	Photovoltaik	11.038	8.332	6.402	5.813	5.509	5.188	4.766	4.580	4.366	4.191	4.035	3.874	3.727	3.606	3.505	3.421	3.350	3.291	3.241	3.200	3.165
	Windenergie	5.267	7.090	6.159	6.342	7.179	7.675	7.954	8.039	8.491	8.973	9.580	9.718	9.937	10.154	10.362	10.564	10.761	10.945	11.121	11.287	11.442
	Wasserkraft	375	340	352	365	386	399	406	429	427	440	424	433	432	428	429	428	424	425	421	422	421
	Biomasse	1.415	1.002	1.162	1.154	1.184	1.132	1.271	1.241	1.255	1.217	1.055	954	954	951	947	943	939	935	930	925	920
	Geothermie	39	105	99	120	147	180	216	256	299	341	402	472	491	509	526	544	561	579	597	615	637
	Gesamt	18.133	16.869	14.173	13.794	14.406	14.573	14.614	14.546	14.839	15.162	15.496	15.452	15.541	15.647	15.769	15.900	16.035	16.175	16.310	16.448	16.585
S3	Photovoltaik	11.038	8.316	5.179	5.197	5.240	5.170	5.014	4.895	4.792	4.654	4.522	4.600	4.748	4.903	5.064	5.230	5.400	5.574	5.751	5.931	6.113
	Windenergie	5.267	6.384	6.973	7.578	8.446	9.303	9.657	10.033	10.411	10.790	11.169	11.257	11.501	11.741	11.975	12.203	12.423	12.635	12.837	13.028	13.207
	Wasserkraft	375	400	631	636	656	668	680	692	704	725	735	698	660	620	579	536	490	489	487	485	484
	Biomasse	1.415	1.644	1.486	1.524	1.540	1.580	1.620	1.663	1.707	1.753	1.769	1.884	1.942	2.000	2.058	2.116	2.173	2.231	2.288	2.346	2.403
	Geothermie	39	102	166	144	183	233	293	348	400	451	505	582	651	720	788	857	925	993	1.060	1.127	1.203
	Gesamt	18.133	16.846	14.434	15.078	16.066	16.954	17.264	17.630	18.014	18.372	18.701	19.022	19.503	19.985	20.465	20.941	21.412	21.921	22.423	22.917	23.411

Tabelle 19: Umsätze in Mio. Euro in der Stromsparte (* Modellergebnisse)

Szenario*	in Mrd. EUR (2005)	2010	2015	2020	2025	2030
S1	Photovoltaik	18,9	8,0	5,8	7,1	8,0
	Windenergie	10,6	14,0	15,9	16,6	17,4
	Wasserkraft	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7
	Biomasse (Strom)	1,7	1,3	1,2	1,1	1,0
	Geothermie	0,1	0,3	0,4	0,4	0,5
	Gesamt	32,0	24,4	24,1	25,9	27,5
S2	Photovoltaik	18,9	13,1	11,4	12,2	12,6
	Windenergie	10,6	14,7	19,1	21,3	23,2
	Wasserkraft	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8
	Biomasse (Strom)	1,7	1,5	1,5	1,4	1,3
	Geothermie	0,1	0,3	0,5	0,8	1,1
	Gesamt	32,0	30,3	33,4	36,6	39,0
S3	Photovoltaik	18,9	13,1	12,4	17,4	22,5
	Windenergie	10,6	17,3	21,8	24,1	26,2
	Wasserkraft	0,7	1,1	1,3	1,0	0,9
	Biomasse (Strom)	1,7	2,0	2,4	2,7	2,9
	Geothermie	0,1	0,3	0,7	1,2	1,7
	Gesamt	32,0	33,8	38,5	46,3	54,2
S1	Gesamtumsatz dt. Hersteller	32,0	24,4	24,1	25,9	27,5
	Exportumsatz	13,9	12,7	13,0	14,7	16,0
	Inlandsumsatz dt. Hersteller	18,1	11,8	11,1	11,2	11,5
S2	Gesamtumsatz dt. Hersteller	32,0	30,3	33,4	36,6	39,0
	Exportumsatz	13,9	15,7	17,9	20,7	22,4
	Inlandsumsatz dt. Hersteller	18,1	14,6	15,5	15,9	16,6
S3	Gesamtumsatz dt. Hersteller	32,0	33,8	38,5	46,3	54,2
	Exportumsatz	13,9	16,9	19,8	25,4	30,8
	Inlandsumsatz dt. Hersteller	18,1	17,0	18,7	20,9	23,4

Tabelle 20: Gesamtumsätze in Mrd. Euro in der Stromsparte (* Modellergebnisse)

Szenario	in Mio. EUR (2005)	2010*	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
S1	Photovoltaik	1.767	1.101	1.039	962	887	826	787	747	715	692	679	660	643	731	1.098	1.154	1.163	1.164	1.164	972	730	
	Windenergie	1.825	1.254	1.237	1.221	1.205	1.274	1.726	1.846	1.920	1.573	1.311	1.447	1.477	1.491	1.506	1.523	1.542	1.563	1.586	1.534	1.466	
	Wasserkraft	17	91	72	72	69	69	68	67	67	64	64	64	63	63	63	63	63	63	63	63	82	82
	Biomasse (Strom)	100	317	316	310	304	299	293	288	283	279	274	271	268	265	263	261	259	258	257	257	256	256
	Geothermie	93	53	52	54	57	64	76	81	55	31	31	31	31	32	49	53	55	57	58	58	52	47
Gesamt	3.802	2.817	2.716	2.619	2.522	2.531	2.950	3.030	3.040	2.639	2.359	2.473	2.481	2.582	2.978	3.053	3.083	3.106	3.129	2.896	2.581		
S2	Photovoltaik	1.767	1.343	1.267	1.173	1.143	1.413	1.463	1.497	1.617	1.805	1.892	1.805	1.756	1.715	1.681	1.654	1.632	1.616	1.604	1.160	1.148	
	Windenergie	1.825	1.274	1.257	1.240	1.543	2.048	2.333	2.883	3.258	2.639	2.030	2.293	2.341	2.353	2.363	2.365	2.364	2.363	2.359	2.250	2.114	
	Wasserkraft	17	66	70	93	91	103	96	68	68	65	66	65	65	64	64	64	64	64	64	65	87	99
	Biomasse	100	317	316	310	304	299	293	288	283	279	274	271	268	265	263	261	259	258	257	256	256	
	Geothermie	93	33	53	69	84	99	114	127	153	187	163	121	118	122	127	132	138	143	147	134	119	
Gesamt	3.802	3.032	2.962	2.885	3.166	3.962	4.299	4.864	5.379	4.975	4.424	4.555	4.547	4.519	4.498	4.476	4.458	4.445	4.431	3.887	3.735		
S3	Photovoltaik	1.767	1.345	1.266	1.172	1.424	1.859	1.826	1.847	1.898	2.405	3.032	3.247	3.368	3.475	3.582	3.690	3.802	3.914	4.027	2.011	1.990	
	Windenergie	1.825	1.999	2.466	2.691	2.868	2.953	3.035	3.149	3.271	2.581	2.193	2.607	2.682	2.703	2.713	2.720	2.724	2.725	2.723	2.607	2.464	
	Wasserkraft	17	426	167	137	140	141	142	133	135	110	110	109	108	107	107	107	107	108	108	109	110	
	Biomasse	100	324	316	310	305	299	294	365	380	467	535	486	483	489	496	504	513	523	533	508	475	
	Geothermie	93	71	35	92	124	144	153	162	176	205	229	238	251	266	282	297	314	330	344	338	329	
Gesamt	3.802	4.165	4.249	4.404	4.860	5.396	5.450	5.656	5.861	5.767	6.099	6.687	6.893	7.040	7.179	7.319	7.461	7.600	7.735	5.573	5.367		

Tabelle 21: Investitionen in Fertigungskapazitäten (inkl. Ersatzinvestitionen) in Mio. Euro (* Ergebnisse der Primärerhebung) in der Stromsparte

Szenario	in Mio. EUR (2005)	2010*	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
S1	Photovoltaik	21.692	7.753	6.105	5.193	4.561	4.017	3.496	3.148	2.852	2.593	2.363	2.224	2.108	2.010	1.926	1.853	1.790	1.734	1.685	1.641	1.602	
	Windenergie	2.818	4.605	4.585	4.554	4.642	4.654	4.412	4.207	4.014	3.834	3.667	3.614	3.513	3.425	3.350	3.289	3.241	3.206	3.184	3.175	3.179	
	Wasserkraft	248	290	299	302	300	290	279	269	259	255	243	241	241	241	241	241	240	240	240	239	239	
	Biomasse (Strom)	2.078	1.327	1.615	1.533	1.449	1.363	1.275	1.185	1.094	1.001	910	812	811	811	811	810	810	809	808	808	807	
	Geothermie	2	123	155	186	216	245	272	307	350	379	352	270	255	249	242	236	229	223	216	209	205	
Gesamt	26.838	14.098	12.760	11.768	11.168	10.569	9.734	9.116	8.569	8.064	7.535	7.161	6.929	6.736	6.570	6.429	6.310	6.212	6.133	6.072	6.032		
S2	Photovoltaik	21.692	15.366	10.852	9.474	8.764	8.013	7.153	6.758	6.324	5.946	5.606	4.990	4.480	4.056	3.701	3.403	3.151	2.937	2.755	2.599	2.465	
	Windenergie	2.818	5.323	4.124	4.095	4.738	5.015	4.954	4.720	4.822	4.943	5.170	5.171	5.217	5.267	5.316	5.368	5.424	5.478	5.536	5.594	5.656	
	Wasserkraft	248	231	244	257	275	281	283	299	291	300	275	287	289	289	293	296	295	300	299	304	306	
	Biomasse	2.078	1.327	1.705	1.664	1.683	1.569	1.755	1.672	1.656	1.556	1.249	1.109	1.117	1.121	1.125	1.129	1.133	1.137	1.140	1.144	1.147	
	Geothermie	2	123	118	151	193	244	303	370	443	513	608	692	696	700	703	706	708	710	711	712	720	
Gesamt	26.838	22.369	17.043	15.641	15.653	15.123	14.449	13.819	13.536	13.258	12.908	12.249	11.799	11.433	11.139	10.902	10.711	10.562	10.441	10.353	10.294		
S3	Photovoltaik	21.692	15.333	8.495	8.305	8.256	7.980	7.607	7.327	7.087	6.763	6.455	6.194	6.097	6.016	5.949	5.894	5.848	5.811	5.782	5.759	5.742	
	Windenergie	2.818	4.564	4.945	5.334	6.058	6.736	6.716	6.725	6.729	6.727	6.719	6.658	6.726	6.796	6.870	6.945	7.023	7.103	7.185	7.268	7.354	
	Wasserkraft	248	290	568	574	596	602	609	615	621	644	645	602	558	512	465	417	368	371	373	376	378	
	Biomasse	2.078	2.286	2.232	2.263	2.257	2.286	2.315	2.343	2.371	2.399	2.330	2.540	2.641	2.743	2.845	2.947	3.051	3.154	3.259	3.364	3.470	
	Geothermie	2	118	220	186	250	332	431	526	617	704	789	883	975	1.066	1.155	1.243	1.329	1.413	1.496	1.576	1.673	
Gesamt	26.838	22.591	16.461	16.662	17.417	17.936	17.677	17.537	17.426	17.237	16.939	16.877	16.996	17.133	17.284	17.447	17.619	17.853	18.095	18.344	18.617		

Tabelle 22: Anlageninvestitionen (inkl. Ersatzinvestitionen) in Mio. Euro (* Modellergebnisse) in der Stromsparte

Szenario	in Mrd. EUR (2005)	2010*	2015	2020	2025	2030
S1	Photovoltaik	23,5	4,8	3,0	3,0	2,3
	Windenergie	4,6	5,9	5,0	4,8	4,6
	Wasserkraft	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3
	Biomasse (Strom)	2,2	1,7	1,2	1,1	1,1
	Geothermie	0,1	0,3	0,4	0,3	0,3
	Gesamt	30,6	13,1	9,9	9,5	8,6
S2	Photovoltaik	23,5	9,4	7,5	5,1	3,6
	Windenergie	4,6	7,1	7,2	7,7	7,8
	Wasserkraft	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4
	Biomasse (Strom)	2,2	1,9	1,5	1,4	1,4
	Geothermie	0,1	0,3	0,8	0,8	0,8
	Gesamt	30,6	19,1	17,3	15,4	14,0
S3	Photovoltaik	23,5	9,8	9,5	9,6	7,7
	Windenergie	4,6	9,7	8,9	9,7	9,8
	Wasserkraft	0,3	0,7	0,8	0,5	0,5
	Biomasse (Strom)	2,2	2,6	2,9	3,5	3,9
	Geothermie	0,1	0,5	1,0	1,5	2,0
	Gesamt	30,6	23,3	23,0	24,8	24,0
Stromsparte	Szenario 1 Gesamtinvestitionen	30,6	13,1	9,9	9,5	8,6
	Szenario 1 Herstellungsinvestitionen	3,8	2,5	2,4	3,1	2,6
	Szenario 1 Anlageninvestitionen	26,8	10,6	7,5	6,4	6,0
	Szenario 2 Gesamtinvestitionen	30,6	19,1	17,3	15,4	14,0
	Szenario 2 Herstellungsinvestitionen	3,8	4,0	4,4	4,5	3,7
	Szenario 2 Anlageninvestitionen	26,8	15,1	12,9	10,9	10,3
	Szenario 3 Gesamtinvestitionen	30,6	23,3	23,0	24,8	24,0
	Szenario 3 Herstellungsinvestitionen	3,8	5,4	6,1	7,3	5,4
Szenario 3 Anlageninvestitionen	26,8	17,9	16,9	17,4	18,6	

Tabelle 23: Gesamtinvestitionen in Mrd. Euro für ausgewählte Jahre (* enthält Ergebnisse der Primärerhebung) in der Stromsparte

Szenario*	in Mio. EUR (2005)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
S1	Biomasse (Wärme)	230	238	246	255	263	271	279	287	295	304	312	310	308	306	304	302	300	298	296	294	292
	Solarthermie	348	419	490	561	631	702	773	844	915	986	1.057	1.147	1.236	1.325	1.415	1.504	1.594	1.683	1.773	1.862	1.952
	Wärmepumpe	248	271	294	317	340	363	386	409	432	455	478	490	502	514	526	538	550	562	574	586	598
	Gesamt	826	928	1.030	1.132	1.234	1.336	1.439	1.541	1.643	1.745	1.847	1.946	2.046	2.145	2.245	2.344	2.443	2.543	2.642	2.742	2.841
S2	Biomasse (Wärme)	230	260	269	278	287	296	305	314	322	330	336	329	327	324	322	320	318	315	313	311	308
	Solarthermie	348	360	438	531	647	768	886	1.003	1.108	1.204	1.274	1.366	1.459	1.552	1.645	1.740	1.836	1.941	2.052	2.170	2.294
	Wärmepumpe	248	334	360	386	411	436	460	483	506	529	551	558	566	574	582	590	599	608	618	627	637
	Gesamt	826	954	1.067	1.195	1.345	1.500	1.650	1.800	1.936	2.063	2.162	2.254	2.351	2.450	2.549	2.650	2.753	2.865	2.983	3.107	3.239
S3	Biomasse (Wärme)	230	268	310	347	376	407	442	473	495	521	557	584	575	566	559	554	548	543	538	534	530
	Solarthermie	348	421	493	585	710	832	949	1.066	1.184	1.290	1.373	1.466	1.559	1.650	1.740	1.829	1.917	2.013	2.112	2.216	2.323
	Wärmepumpe	248	360	409	452	498	538	576	614	652	690	726	735	753	770	789	809	829	850	869	888	908
	Gesamt	826	1.049	1.211	1.384	1.584	1.778	1.967	2.153	2.331	2.501	2.656	2.786	2.887	2.985	3.088	3.191	3.294	3.405	3.519	3.638	3.761

Tabelle 24: Exporte in Mio. Euro in der Wärmesparte (* Modellergebnisse)

Szenario*	in Mio. EUR (2005)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
S1	Biomasse (Wärme)	604	598	588	586	585	581	571	577	565	545	518	467	465	462	459	457	454	451	448	445	442
	Solarthermie	551	858	987	1.071	1.095	1.118	1.152	1.193	1.238	1.287	1.358	1.461	1.564	1.668	1.772	1.876	1.981	2.076	2.167	2.254	2.337
	Wärmepumpe	852	649	689	730	766	801	836	872	910	951	995	1.052	1.086	1.118	1.149	1.180	1.210	1.239	1.267	1.295	1.323
	Gesamt	2.007	2.105	2.264	2.386	2.446	2.500	2.560	2.641	2.713	2.783	2.871	2.980	3.114	3.248	3.380	3.512	3.644	3.766	3.883	3.994	4.101
S2	Biomasse (Wärme)	604	697	683	681	682	677	662	670	652	623	583	512	509	506	502	499	495	492	488	484	480
	Solarthermie	551	676	826	981	1.140	1.297	1.447	1.594	1.704	1.794	1.844	1.943	2.044	2.148	2.254	2.365	2.479	2.601	2.731	2.869	3.014
	Wärmepumpe	852	958	1.003	1.046	1.081	1.116	1.141	1.170	1.203	1.237	1.276	1.320	1.336	1.352	1.368	1.385	1.402	1.419	1.437	1.455	1.473
	Gesamt	2.007	2.331	2.512	2.708	2.903	3.089	3.250	3.433	3.559	3.653	3.703	3.776	3.889	4.005	4.125	4.248	4.376	4.512	4.656	4.808	4.968
S3	Biomasse (Wärme)	604	738	904	1.070	1.192	1.329	1.485	1.655	1.676	1.701	1.757	1.787	1.729	1.668	1.637	1.608	1.583	1.560	1.541	1.524	1.510
	Solarthermie	551	866	997	1.153	1.340	1.502	1.643	1.787	1.934	2.045	2.120	2.211	2.303	2.395	2.486	2.578	2.671	2.768	2.869	2.973	3.081
	Wärmepumpe	852	1.121	1.322	1.480	1.657	1.778	1.881	1.986	2.096	2.208	2.322	2.392	2.472	2.538	2.622	2.709	2.799	2.891	2.968	3.047	3.127
	Gesamt	2.007	2.725	3.223	3.703	4.188	4.609	5.009	5.429	5.705	5.953	6.199	6.391	6.504	6.600	6.745	6.896	7.052	7.220	7.378	7.544	7.717

Tabelle 25: Umsätze in Mio. Euro in der Wärmesparte (*Modellergebnisse)

Szenario*	in Mrd. EUR (2005)	2010	2015	2020	2025	2030
S1	Biomasse (Wärme)	0,8	0,9	0,8	0,8	0,7
	Solarthermie	0,9	1,8	2,4	3,4	4,3
	Wärmepumpe	1,1	1,2	1,5	1,7	1,9
	Gesamt	2,8	3,8	4,7	5,9	6,9
S2	Biomasse (Wärme)	0,8	1,0	0,9	0,8	0,8
	Solarthermie	0,9	2,1	3,1	4,1	5,3
	Wärmepumpe	1,1	1,6	1,8	2,0	2,1
	Gesamt	2,8	4,6	5,9	6,9	8,2
S3	Biomasse (Wärme)	0,8	1,7	2,3	2,2	2,0
	Solarthermie	0,9	2,3	3,5	4,4	5,4
	Wärmepumpe	1,1	2,3	3,0	3,5	4,0
	Gesamt	2,8	6,4	8,9	10,1	11,5
S1	Gesamtumsatz dt. Hersteller	2,8	3,8	4,7	5,9	6,9
	Exportumsatz	0,8	1,3	1,8	2,3	2,8
	Inlandsumsatz dt. Hersteller	2,0	2,5	2,9	3,5	4,1
S2	Gesamtumsatz dt. Hersteller	2,8	4,6	5,9	6,9	8,2
	Exportumsatz	0,8	1,5	2,2	2,2	2,2
	Inlandsumsatz dt. Hersteller	2,0	3,1	3,7	3,7	3,7
S3	Gesamtumsatz dt. Hersteller	2,8	6,4	8,9	8,9	8,9
	Exportumsatz	0,8	1,8	2,7	2,7	2,7
	Inlandsumsatz dt. Hersteller	2,0	4,6	6,2	6,2	6,2

Tabelle 26: Gesamtumsätze in Mrd. Euro in der Wärmesparte (* Modellergebnisse)

Szenario	in Mio. EUR (2005)	2010*	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
S1	Biomasse (Wärme)	91	152	148	144	140	136	132	129	126	124	122	119	117	115	113	111	109	107	106	104	103
	Solarthermie	92	918	876	778	770	792	853	925	1.048	1.145	1.179	1.220	1.261	1.303	1.346	1.364	1.366	1.375	1.382	1.226	1.043
	Wärmepumpe	32	140	138	185	237	250	260	272	286	321	329	309	308	311	315	319	323	327	332	237	237
	Gesamt	215	1.210	1.162	1.107	1.147	1.178	1.245	1.325	1.460	1.590	1.629	1.647	1.686	1.729	1.773	1.794	1.798	1.809	1.820	1.567	1.383
S2	Biomasse (Wärme)	91	152	148	144	140	136	132	129	126	124	122	119	117	115	113	111	109	107	106	104	103
	Solarthermie	92	361	1.198	1.425	1.486	1.516	1.517	1.476	1.416	1.356	1.367	1.413	1.467	1.524	1.585	1.661	1.750	1.840	1.934	1.700	1.279
	Wärmepumpe	32	338	316	304	293	286	297	309	322	350	343	312	311	315	319	323	327	331	336	266	265
	Gesamt	215	851	1.662	1.872	1.919	1.939	1.947	1.914	1.864	1.830	1.832	1.845	1.895	1.954	2.016	2.095	2.186	2.279	2.376	2.070	1.647
S3	Biomasse (Wärme)	91	712	714	704	771	848	715	532	554	554	396	337	331	325	319	314	309	305	300	296	292
	Solarthermie	92	1.132	1.460	1.629	1.604	1.597	1.698	1.739	1.684	1.549	1.454	1.467	1.498	1.531	1.566	1.614	1.671	1.727	1.784	1.651	1.470
	Wärmepumpe	32	782	755	729	654	637	655	679	704	693	681	687	705	746	773	799	803	801	818	955	985
	Gesamt	215	2.626	2.929	3.063	3.029	3.082	3.068	2.950	2.942	2.796	2.531	2.491	2.534	2.602	2.658	2.727	2.783	2.833	2.902	2.902	2.746

Tabelle 27: Investitionen in Fertigungskapazitäten (inkl. Ersatzinvestitionen) in Mio. Euro (* Ergebnisse der Primärerhebung) in der Wärmesparte

Szenario	in Mio. EUR (2005)	2010*	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
S1	Biomasse (Wärme)	994	963	919	898	881	857	818	817	775	714	638	524	521	519	516	512	509	506	502	499	495
	Solarthermie	1.031	1.848	2.110	2.231	2.168	2.099	2.065	2.049	2.050	2.064	2.144	2.288	2.433	2.579	2.726	2.875	3.024	3.145	3.253	3.346	3.426
	Wärmepumpe	1.338	887	934	980	1.016	1.050	1.086	1.121	1.163	1.209	1.263	1.359	1.408	1.455	1.500	1.543	1.584	1.624	1.663	1.701	1.738
	Gesamt	3.364	3.698	3.963	4.109	4.064	4.006	3.968	3.987	3.988	3.987	4.044	4.171	4.362	4.553	4.742	4.930	5.118	5.275	5.418	5.546	5.660
S2	Biomasse (Wärme)	994	1.153	1.101	1.078	1.061	1.032	983	983	929	847	744	594	590	586	582	577	573	568	564	559	554
	Solarthermie	1.031	1.396	1.710	2.008	2.277	2.527	2.761	2.986	3.123	3.212	3.232	3.357	3.489	3.629	3.776	3.933	4.098	4.273	4.459	4.655	4.863
	Wärmepumpe	1.338	1.417	1.466	1.513	1.544	1.574	1.589	1.610	1.640	1.674	1.716	1.796	1.816	1.835	1.855	1.876	1.897	1.918	1.939	1.961	1.982
	Gesamt	3.364	3.965	4.277	4.600	4.882	5.133	5.333	5.579	5.691	5.733	5.693	5.746	5.894	6.050	6.213	6.386	6.568	6.760	6.962	7.175	7.400
S3	Biomasse (Wärme)	994	1.235	1.539	1.853	2.081	2.340	2.636	2.972	2.983	2.995	3.065	3.082	2.961	2.835	2.773	2.717	2.666	2.622	2.584	2.552	2.525
	Solarthermie	1.031	1.869	2.136	2.438	2.776	3.038	3.248	3.466	3.689	3.826	3.896	3.997	4.100	4.205	4.313	4.424	4.537	4.652	4.770	4.890	5.013
	Wärmepumpe	1.338	1.707	2.038	2.291	2.576	2.759	2.907	3.061	3.223	3.391	3.565	3.695	3.828	3.936	4.077	4.222	4.372	4.527	4.653	4.781	4.913
	Gesamt	3.364	4.810	5.713	6.581	7.432	8.137	8.791	9.499	9.895	10.212	10.526	10.773	10.889	10.976	11.163	11.363	11.576	11.801	12.007	12.223	12.451

Tabelle 28: Anlageninvestitionen (inkl. Ersatzinvestitionen) in Mio. Euro (* Modellergebnisse) in der Wärmesparte

Szenario	in Mrd. EUR (2005)	2010*	2015	2020	2025	2030
S1	Biomasse (Wärme)	1,1	1,0	0,8	0,6	0,6
	Solarthermie	1,1	2,9	3,3	4,2	4,5
	Wärmepumpe	1,4	1,3	1,6	1,9	2,0
	Gesamt	3,6	5,2	5,7	6,7	7,0
S2	Biomasse (Wärme)	1,1	1,2	0,9	0,7	0,7
	Solarthermie	1,1	4,0	4,6	5,6	6,1
	Wärmepumpe	1,4	1,9	2,1	2,2	2,2
	Gesamt	3,6	7,1	7,5	8,5	9,0
S3	Biomasse (Wärme)	1,1	3,2	3,5	3,0	2,8
	Solarthermie	1,1	4,6	5,4	6,0	6,5
	Wärmepumpe	1,4	3,4	4,2	5,0	5,9
	Gesamt	3,6	11,2	13,1	14,1	15,2
Wärmesparte	Szenario 1 Gesamtinvestitionen	3,6	5,2	5,7	6,7	7,0
	Szenario 1 Herstellungsinvestitionen	0,2	1,2	1,6	1,8	1,4
	Szenario 1 Anlageninvestitionen	3,4	4,0	4,0	4,9	5,7
	Szenario 2 Gesamtinvestitionen	3,6	7,1	7,5	8,5	9,0
	Szenario 2 Herstellungsinvestitionen	0,2	1,9	1,8	2,1	1,6
	Szenario 2 Anlageninvestitionen	3,4	5,1	5,7	6,4	7,4
	Szenario 3 Gesamtinvestitionen	3,6	11,2	13,1	14,1	15,2
	Szenario 3 Herstellungsinvestitionen	0,2	3,1	2,5	2,7	2,7
Szenario 3 Anlageninvestitionen	3,4	8,1	10,5	11,4	12,5	

Tabelle 29: Gesamtinvestitionen in Mrd. Euro für ausgewählte Jahre in der Wärmesparte (*enthält Ergebnisse der Primärerhebung)

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Projektstruktur	19
Abbildung 2: Identifizierte Grundgesamtheit der Erneuerbaren Energien nach Branchen (Anzahl der in Deutschland ansässigen Unternehmen)	20
Abbildung 3: Rücklauf der Primärerhebung unter Unternehmen der Erneuerbare-Energien-Branche	22
Abbildung 4: Verteilung des Befragungsrücklaufs nach Sparten und Unternehmenssegmenten	22
Abbildung 5: Kurz- und mittelfristige Umsatzentwicklung der Erneuerbare-Energien-Branche	23
Abbildung 6: Verteilung der jährlichen Wachstumsrate des Umsatzwachstums	24
Abbildung 7: Auslandsumsatz der Erneuerbare-Energien-Branche	25
Abbildung 8: Kurz- und mittelfristige Beschäftigungsentwicklung der Erneuerbare-Energien-Branche	26
Abbildung 9: Verteilung der jährlichen Wachstumsrate der Beschäftigungsentwicklung	27
Abbildung 10: Kurz- und mittelfristige Investitionsabsichten in Fertigungskapazitäten der Erneuerbare- Energien-Branche	28
Abbildung 11: Investitionen in Fertigungskapazitäten der Erneuerbare-Energien-Branche	29
Abbildung 12: Investitionen in Fertigungskapazitäten der Stromsparte der Erneuerbaren Energien	30
Abbildung 13: Investitionen in Fertigungskapazitäten der Wärmesparte der Erneuerbaren Energien	31
Abbildung 14: Investitionsregion für Fertigungsstätten der Erneuerbare-Energien-Branche	32
Abbildung 15: Kurz- und mittelfristige Investitionsabsichten der Erneuerbare-Energien-Branche in Forschung und Entwicklung	33
Abbildung 16: Investitionen der Erneuerbare-Energien-Branche in Forschung und Entwicklung	34
Abbildung 17: Investitionen der Stromsparte der Erneuerbaren Energien in Forschung und Entwicklung	35
Abbildung 18: Investitionen der Wärmesparte der Erneuerbaren Energien in Forschung und Entwicklung	36
Abbildung 19: Aktuelle und mittelfristige FuE-Themen der Erneuerbare-Energien-Branche	37
Abbildung 20: Zusammenhang zwischen Investitionen, Exporten und Inlandsumsatz	40
Abbildung 21: Investitionsmodell	42
Abbildung 22: Modell zur Ermittlung der Investitionen pro kW Fertigungskapazität	50
Abbildung 23: Weltweiter Bestand und Zubau an Windkraft-Anlagen (inkl. Deutschland) im Referenzszenario	57
Abbildung 24: Zubau an PV-Anlagen in Deutschland in den drei Szenarien	58
Abbildung 25: Exporte deutscher PV-Anlagen-Hersteller basierend auf BMU, 2011 (Modellergebnisse)	60
Abbildung 26: Umsätze deutscher Hersteller in der PV-Branche (inkl. Exporte) in Mrd. Euro (Modellergebnisse)	61
Abbildung 27: Gesamtinvestitionen der PV-Branche in Deutschland in Mrd. Euro (Modellergebnisse)	63
Abbildung 28: Zubau an Windkraft-Anlagen in Deutschland in den drei Szenarien	64
Abbildung 29: Exporte deutscher Windkraft-Anlagen-Hersteller basierend auf BMU, 2011 (Modellergebnisse)	65
Abbildung 30: Umsätze deutscher Hersteller in der Windkraft-Branche (inkl. Exporte) in Mrd. Euro (Modellergebnisse)	66

Abbildung 31: Gesamtinvestitionen der Windkraft-Branche in Deutschland in Mrd. Euro (Modellergebnisse) .	68
Abbildung 32: Zubau an Geothermie-Anlagen in Deutschland in den drei Szenarien.....	69
Abbildung 33: Exporte deutscher Geothermie-Anlagen-Hersteller basierend auf BMU, 2011 (Modellergebnisse)	70
Abbildung 34: Umsätze deutscher Hersteller in der Geothermie-Branche (inkl. Exporte) in Mrd. Euro (Modellergebnisse)	71
Abbildung 35: Gesamtinvestitionen der Geothermie-Branche in Deutschland in Mrd. Euro (Modellergebnisse)	73
Abbildung 36: Zubau an Biomasse-Anlagen zur Stromerzeugung in Deutschland in den drei Szenarien	74
Abbildung 37: Exporte deutscher Biomasseanlagen-Hersteller zur Stromerzeugung basierend auf BMU, 2011 (Modellergebnisse)	75
Abbildung 38: Umsätze deutscher Hersteller in der Biomasse-Branche zur Stromerzeugung (inkl. Exporte) in Mrd. Euro (Modellergebnisse).....	76
Abbildung 39: Gesamtinvestitionen der Biomasse-Branche zur Stromerzeugung in Deutschland in Mrd. Euro (Modellergebnisse)	77
Abbildung 40: Zubau an Wasserkraft-Anlagen in Deutschland in den drei Szenarien.....	78
Abbildung 41: Exporte deutscher Wasserkraft-Anlagen-Hersteller basierend auf BMU, 2011 (Modellergebnisse)	79
Abbildung 42: Umsätze deutscher Hersteller in der Wasserkraft-Branche (inkl. Exporte) in Mrd. Euro (Modellergebnisse)	80
Abbildung 43: Gesamtinvestitionen der Wasserkraft-Branche in Deutschland in Mrd. Euro (Modellergebnisse)	82
Abbildung 44: Zubau an Biomasse-Anlagen zur Wärmeerzeugung in Deutschland in den drei Szenarien	83
Abbildung 45: Exporte deutscher Biomasse-Anlagen-Hersteller zur Wärmeerzeugung basierend auf BMU, 2011 (Modellergebnisse)	84
Abbildung 46: Umsätze deutscher Hersteller in der Biomasse-Branche zur Wärmeerzeugung (inkl. Exporte) in Mrd. Euro (Modellergebnisse).....	85
Abbildung 47: Gesamtinvestitionen der Biomasse-Branche zur Wärmeerzeugung in Deutschland in Mrd. Euro (Modellergebnisse)	87
Abbildung 48: Zubau an Solarwärme-Anlagen in Deutschland in den drei Szenarien.....	88
Abbildung 49: Exporte deutscher Solarwärme-Anlagen-Hersteller basierend auf BMU, 2011 (Modellergebnisse)	89
Abbildung 50: Umsätze deutscher Hersteller in der Solarwärme-Branche (inkl. Exporte) in Mrd. Euro (Modellergebnisse)	90
Abbildung 51: Gesamtinvestitionen der Solarwärme-Branche in Deutschland in Mrd. Euro (Modellergebnisse)	92
Abbildung 52: Zubau an Wärmepumpen in Deutschland in den drei Szenarien	93
Abbildung 53: Exporte deutscher Wärmepumpen-Hersteller basierend auf BMU, 2011 (Modellergebnisse)....	94
Abbildung 54: Umsätze deutscher Hersteller in der Wärmepumpen-Branche (inkl. Exporte) in Mrd. Euro (Modellergebnisse)	95

Abbildung 55: Gesamtinvestitionen der Wärmepumpen-Branche in Deutschland in Mrd. Euro (Modellergebnisse)	96
Abbildung 56: Investitionen in Fertigungskapazitäten in der Stromsparte in S1	98
Abbildung 57: Investitionen in Fertigungskapazitäten in der Stromsparte in S2	99
Abbildung 58: Investitionen in Fertigungskapazitäten in der Stromsparte in S3	100
Abbildung 59: Vergleich der Investitionen in Fertigungskapazitäten in den drei Szenarien in der Stromsparte	101
Abbildung 60: Investitionen in Fertigungskapazitäten in der Wärmesparte in S1	102
Abbildung 61: Investitionen in Fertigungskapazitäten in der Wärmesparte in S2	103
Abbildung 62: Investitionen in Fertigungskapazitäten in der Wärmesparte in S3	104
Abbildung 63: Vergleich der Investitionen in Fertigungskapazitäten in den drei Szenarien in der Wärmesparte	105
Abbildung 64: Gesamtinvestitionen in der Stromsparte im Vergleich zwischen den Szenarien.....	106
Abbildung 65: Gesamtinvestitionen in der Wärmesparte im Vergleich zwischen den Szenarien.....	107
Abbildung 66: Einflussfaktoren der Nettobeschäftigungseffekte	108
Abbildung 67: Methodische Grundlagen der DIW-Analyse.....	110
Abbildung 68: Methodische Grundlagen der GWS-Szenarien	112
Abbildung 69: Ergebnisse der GWS-Analyse, Abweichung zum Business-as-usual-Szenario beim deutlichen Anstieg der fossilen Energiepreise (Preisfad A); Beschäftigung in 1000	114
Abbildung 70: Ergebnisse der GWS-Analyse, Abweichung zum Business-as-usual-Szenario beim geringeren Anstieg der fossilen Energiepreise (Preisfad B); Beschäftigung in 1000	115
Abbildung 71: Investitionen in Fertigungskapazitäten im Verarbeitenden Gewerbe 2009 und der Erneuerbaren Energien-Branche 2010	126

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Fragenkomplexe und Kennziffern im Fragebogen.....	21
Tabelle 2: Zusammenfassende Darstellung der Kennziffern der Primärerhebung	37
Tabelle 3: Anteile von inländischen und importierten Vorleistungen am Bruttoproduktionswert und Importe direkt für den Markt in %	43
Tabelle 4: Wertschöpfungsanteil deutscher Anlagen- und Komponentenhersteller am deutschen Markt in %	44
Tabelle 5: Herstellungskostenanteile an den Systempreisen in %.....	44
Tabelle 6: Einordnung und Benennung der untersuchten Technologien in den drei nationalen Szenarien.....	52
Tabelle 7: Deutsche Exporte nach der Unternehmensbefragung 2007 aus BMU, 2011	55
Tabelle 8: Erwartete deutsche Exporte nach der Unternehmensbefragung 2007 aus BMU, 2011	55
Tabelle 9: Prozentuale Abweichungen zwischen Ausbauszenario und Business-as-usual-Szenario in der DIW- Analyse (in %).....	116
Tabelle 10: Prozentuale Abweichungen durch den Export- und Importeffekte des Ausbaus erneuerbarer Energien zwischen Ausbauszenario und Business-as-usual-Szenario in der DIW-Analyse (in %)	117
Tabelle 11: Entwicklung der Beschäftigungszahlen, Absolute Abweichung zum Business-as-usual-Szenario (GWS Berechnungen, 2011)	117
Tabelle 12: Ausgewählte sektorale Produktionseffekte – Abweichungen der Beschäftigung zum Business-as- Usual-Szenario in den GWS-Modellierungen (2011)	119
Tabelle 13: Gesamtdarstellung des Einflusses relevanter Faktoren auf die Beschäftigungseffekte	120
Tabelle 14: Generelle Annahmen in den drei Szenarien S1, S2 und S3	127
Tabelle 15: Spezifische Anlagenkosten der Erneuerbaren Energien bis 2020 nach Prognos, 2010	128
Tabelle 16: Zubaudaten aller Technologien in den drei nationalen Szenarien.....	129
Tabelle 17: Deutsche EE-Technologieexporte in Mrd. Euro(2005) für 2020 und 2030 (durch die GWS zur Verfügung gestellte Detailauswertung der Primärerhebung aus BMU (2011), Gesamtbild in BMU (2011), Abbildung 4-16).....	130
Tabelle 18: Exporte in Mio. Euro in der Stromsparte (* Modellergebnisse).....	131
Tabelle 19: Umsätze in Mio. Euro in der Stromsparte (* Modellergebnisse)	131
Tabelle 20: Gesamtumsätze in Mrd. Euro in der Stromsparte (* Modellergebnisse)	132
Tabelle 21: Investitionen in Fertigungskapazitäten (inkl. Ersatzinvestitionen) in Mio. Euro (* Ergebnisse der Primärerhebung) in der Stromsparte	133
Tabelle 22: Anlageninvestitionen (inkl. Ersatzinvestitionen) in Mio. Euro (* Modellergebnisse) in der Stromsparte.....	133
Tabelle 23: Gesamtinvestitionen in Mrd. Euro für ausgewählte Jahre (* enthält Ergebnisse der Primärerhebung) in der Stromsparte.....	134
Tabelle 24: Exporte in Mio. Euro in der Wärmesparte (* Modellergebnisse).....	135
Tabelle 25: Umsätze in Mio. Euro in der Wärmesparte (*Modellergebnisse)	135
Tabelle 26: Gesamtumsätze in Mrd. Euro in der Wärmesparte (* Modellergebnisse)	136

Tabelle 27: Investitionen in Fertigungskapazitäten (inkl. Ersatzinvestitionen) in Mio. Euro (* Ergebnisse der Primärerhebung) in der Wärmesparte.....	137
Tabelle 28: Anlageninvestitionen (inkl. Ersatzinvestitionen) in Mio. Euro (* Modellergebnisse) in der Wärmesparte	137
Tabelle 29: Gesamtinvestitionen in Mrd. Euro für ausgewählte Jahre in der Wärmesparte (*enthält Ergebnisse der Primärerhebung)	138

Abkürzungsverzeichnis

BIP	Bruttoinlandsprodukt
BOS	Balance-of-System
EE-Anlage	Erneuerbare-Energien-Anlage
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEWärmeG	Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz
FuE	Forschung und Entwicklung
MAP	Marktanreizprogramm
RoW	Rest of the World
SEEM	Sectoral Energy-Economic Econometric Model for Germany
THG	Treibhausgas

Literatur

- AEE & BEE. (2009). Stromversorgung 2020 - Wege in eine moderne Energiewirtschaft.
- AEE. (2010a). In Sachen Energiepflanzen.
- AEE. (2011). Entwicklung der Erneuerbaren Energien bis 2050. [Aktualisierung und Fortschreibung der Branchenprognose "Stromversorgung 2020 – Wege in eine moderne Energiewirtschaft (unveröffentlicht)."
- AEE. (15. März 2011a). Erneuerbare Energien - Ein Gewinn für den Wirtschaftsstandort Deutschland. Renew's Spezial. Nr 48/2011.
- AGEE-Stat. (2011). Zeitreihe zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland.
- Austria Solar. (2011). Der solare Weltmarkt. Abgerufen am 06. Juni 2011 von <http://www.solarwaerme.at/Sonne-und-Energie/Marktstatistik/Weltmarkt/>
- BMF. (2009a). AfA-Tabelle für die allgemein verwendbaren Anlagegüter Tabellen-Nr. 0.
- BMF. (2009b). AfA-Tabelle Maschinenbau Tabellen-Nr. 101.
- BMU. (2006). Erneuerbare Energien: Arbeitsmarkteffekte.
- BMU. (2008). Leitstudie 2008 - Weiterentwicklung der Ausbastrategie Erneuerbare Energien.
- BMU. (2009). Leitszenario 2009 - Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland.
- BMU. (2010). Leitszenario 2010 - Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland. Zur Verfügung gestellte aktualisierte Version aus Dezember 2010. Exklusiv zur Verfügung gestellt durch das DLR.
- BMU. (2010a). Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2010.
- BMU. (2011). Kurz- und langfristige Auswirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt.
- Bruhn, D. (2011). Geothermie für Grundlaststrom und Wärmeversorgung.
- BSW-Solar. (2010). Wegweiser Solarwirtschaft: PV Roadmap.
- BSW-Solar. (2011). Preisindex Photovoltaik 3. Quartal.
- Bundesbank. (2009). Hochgerechnete Angaben aus Jahresabschlüssen deutscher Unternehmen von 1997 bis 2007.
- Bundesbank. (2011). Konjunkturbefragung - Kapazitätsauslastung in der verarbeitenden Industrie Deutschland.
- Bundesnetzagentur. (2010). EEG-Statistik-Bericht 2008.

- Bundesnetzagentur. (2011a). EEG-Statistik-Bericht 2009.
- Bundesnetzagentur. (2011b). Pressemitteilung vom 21.03.2011: "Bundesnetzagentur veröffentlicht neue PV-Zahlen und EEG-Statistikbericht 2009".
- Bundesregierung [BReg.] (2010). Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung.
- BReg. (2011). Erfahrungsbericht 2011 zum Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG-Erfahrungsbericht).
- BWP. (2009). Bestand Heizungswärmepumpen in Deutschland (BWP-Branchenstudie 2009).
- CARMEN. (2011). Preisentwicklung bei Bio-Ethanol (E85). Abgerufen am 15. Juni 2011 von <http://www.carmen-ev.de/dt/energie/beispielprojekte/biotreibstoffe/ethanol/preis/index.htm>
- Centrotherm. (2009). Webcast: Centrotherm's 'grid parity factory'.
- CEPE ETH. (2001). Perspektiven für die Wasserkraftwerke in der Schweiz - Langfristige Wettbewerbsfähigkeit und mögliche Verbesserungspotenziale.
- Destatis. (2011). Kostenstruktur der Unternehmen im Verarbeitenden Gewerbe.
- DEWI. (Februar 2010). DEWI Magazin No. 36.
- DEWI. (Februar 2011). DEWI Magazin No. 38.
- DIW. (13. Oktober 2010a). Erneuerbare Energien - ein Wachstumsmarkt schafft Beschäftigung in Deutschland. Wochenbericht.
- DIW. (15. Dezember 2010b). Ausbau erneuerbarer Energien erhöht Wirtschaftsleistung in Deutschland. Wochenbericht des DIW Berlin.
- EREC. (2008). energy [r]evolution - A sustainable global energy outlook.
- EREC. (2010). energy [r]evolution - A sustainable outlook.
- EuPD Research. (2009). Standortgutachten Photovoltaik in Deutschland 2009.
- EuPD Research. (2010). Solarwärme 2010 - Markt- und Branchenanalyse Deutschland und weitere europäische Märkte.
- Europäische Kommission (2011). Konjunkturumfrage - Kapazitätsauslastung in der verarbeitenden Industrie / EWU-16.
- FNR. (2010). Biokraftstoffe Basisdaten Deutschland - Stand Juni 2010.
- GHC. (2004). Geothermal (Ground-Source) Heat Pumps - A World Overview.
- Hettinga et al. (2009). Understanding the reductions in US corn ethanol production costs: An experience curve approach. (USA Ethanol from corn USD/m³, 1983-2005).
- HIERO. (2008). Wirtschaftliche Zukunftsfelder in Ostdeutschland.
- IE. (2007). Kosten und Ökobilanzen von Biokraftstoffen.
- IEA. (2009). Solar Heat Worldwide - Markets and Contribution to the Energy Supply 2007, Solar Heating and Cooling Programme.

- IHA. (2010). International Hydropower Association Activity Report 2010.
- IÖW. (2010). Kommunale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien. Schriftenreihe des IÖW.
- IÖW. (2010b). Wertschöpfung und Beschäftigung durch Windenergie in Baden-Württemberg in den Jahren 2010 und 2020.
- Fraunhofer ISI. (2008). Das Innovationspotenzial der Erneuerbaren Energien - im Spannungsfeld zwischen technologischer Entwicklung, Förderpolitik und Innovationssystem.
- Junginger et al. (2005). Opportunities and barriers for Sustainable International bio-energy Trade.
- Junginger et al. (2006). The growing role of biofuels: opportunities, challenges and pitfalls.
- Kaltschmitt, Schröder, & Rogge. (2002). Geothermische Stromerzeugung - Umweltaspekte im Vergleich zu anderen Optionen einer Stromerzeugung aus regenerativen Energien sowie Marktchancen.
- Kramer. (2009). Integratives und nachhaltigkeitsorientiertes Wassermanagement - Kooperationspotentiale zwischen Deutschland und Zentralasien.
- Leipziger Institut für Energie. (2011). Geothermie Bohrtechnik-Kosten. Abgerufen am 18. Juni 2011 von <http://www.ie-leipzig.com/IE/Geothermie/Apr03/Kosten.htm>
- Nemet. (2009). Cost containment in climate policy and incentives for technology development" (Global Price PV module USD/Wpeak, 1976-2006).
- Nitsch et al. (2004). Erneuerbare Energien - Innovation für die Zukunft.
- Öko-Institut. (2001). Marktübersicht dezentrale Holzervergasung: Marktanalyse 2000 für Holzvergaserysteme bis 5 MW.
- Prognos. (2010). Investitionen durch den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland.
- Prokon. (2010). Geschäftsbericht 2009.
- Quaschnig. (2011). Energieaufwand zur Herstellung regenerativer Anlagen. Abgerufen im Juni 2011 von <http://www.volker-quaschnig.de/datserv/kev/index.php>
- RWI. (August 2010). Economic impacts from the promotion of renewable energy technologies: The German experience. Energy Policy.
- Van Sark et al. (2007). Incorporation of Input Prices and Scale Effects in a Multi-Factor Learning Curve for Photovoltaic Technology" (Global Price PV module USD/Wpeak, 1976-2006).
- VDB. (März 2011). Informationen: Biokraftstoffe in Deutschland. VDB facts.
- VDI, & VDE. (2010). Stand und Bewertung der Exportförderung erneuerbarer Energien sowie Evaluierung der Gesamtkonzeption, Einzelinstrumente und Erfolge der Exportinitiative Erneuerbare Energien 2007 bis Ende 2009.
- Wacker Chemie AG. (2009). Bericht 1. Quartal 2009 Januar - März 2009.
- Wirtschaftsforum Geothermie e.V. (2011). Positionspapier der Geothermie zur Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG).

Wiser, & Bolinger. (2010). 2009 Wind Technologies Market Report.

WWEA. (2011). World Wind Energy Report 2010.

Bildnachweise

www.fotolia.de: Wind turbines farm © Rafa Irusta	Cover
www.fotolia.de: Röhrenkollektor © Eberhard Rudert	Cover
www.fotolia.de: Old faithful geysir © Tom Warner	Cover
www.fotolia.de: Biogasanlage 04 © LianeM	Cover
www.fotolia.de: Solarenergie 18 © danielschoenen	Cover
www.fotolia.de: Auto im rapsfeld 08 © pmphoto	Cover
www.fotolia.de: Rapeseed field @ laurent dambies	Cover
www.fotolia.de: Ola9 © nomirg	Cover
www.fotolia.de: Wohnzimmer mit dänischem Ofen und Pellets © Arthur Braunstein	Cover