

Ökonomische Konsequenzen einer 100 %-Versorgung mit Erneuerbaren bis 2050 für Deutschland



ZSW
Prof. Dr. Frithjof Staiß
frithjof.staiss@zsw-bw.de

Andreas Püttner
andreas.puettner@zsw-bw.de

Maike Schmidt
maike.schmidt@zsw-bw.de

Der fortschreitende Klimawandel und die mit der Verknappung fossiler Brennstoffe einhergehenden steigenden Rohstoffpreise stellen die deutsche Volkswirtschaft vor große Herausforderungen. Die erforderliche Transformation des bestehenden Systems zu einer vollständig auf erneuerbaren Energien basierenden Energieversorgung bietet wirtschaftliche Chancen, birgt aber auch Risiken.

Dass eine vollständig auf regenerativen Energien basierende Energieversorgung in Deutschland bereits bis zum Jahr 2050 erreicht werden kann, haben Institute des Forschungsverbunds Erneuerbare Energien (FVEE) in ihrem Energiekonzept gezeigt [1]. *Abbildung 1* zeigt die möglichen Entwicklungen für Stromerzeugung, Wärmebereitstellung und Energiebereitstellung für den Verkehr. Danach wird das Energiesystem der Zukunft wesentlich stärker strombasiert sein als heute. So wird trotz erheblicher Anstrengungen im Bereich der Energieeffizienz, die zunächst einen rückläufigen Strombedarf bewirken, ab dem Jahr 2030 ein steigender Strombedarf zu decken sein, der insbesondere aus einem steigenden Anteil von Wärmepumpen im Bereich der Raumwärmebereitstellung und dem zusätzlichen Bedarf der Elektromobilität im Verkehrssektor resultiert. Die dann installierte regenerative Erzeugungsleistung wird zudem bereits zeitweise Stromüberschüsse produzieren, die als Wasserstoff bzw. erneuerbares Methan gespeichert werden können. Der Wärmesektor weist bis 2050 einen starken Rückgang des Wärmebedarfs auf, der vor allem durch die Nutzung der Einsparpotenziale im Gebäudebereich erreicht werden kann. Auch im Verkehrssektor muss der Energiebedarf durch Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung erheblich gesenkt werden. Ein Großteil des vorhandenen Potenzials liegt in der Umstellung von Verbrennungsmotoren auf elektrische Antriebssysteme, da hier erhebliche Wirkungsgradverbesserungen erzielt werden können.

Kostenentwicklung erneuerbarer Energien

Die vollständige Transformation des Energiesystems hin zu erneuerbaren Energien ist technisch möglich und zudem zu ökonomisch vertretbaren Kosten umsetzbar. Momentan ist die Energiebereitstellung aus regenerativen Quellen im Vergleich zum Einsatz fossiler Brennstoffe noch mit Mehrkosten verbunden, die im Folgenden als Differenzkosten¹ bezeichnet werden. Durch Lern- bzw. Erfahrungseffekte ist jedoch im Zeitverlauf mit Kostensenkungen zu rechnen bis schließlich der Break-Even-Punkt des gesamten regenerativen Energiemixes mit den fossilen Energieträgern erreicht ist. Ab diesem Zeitpunkt werden die Differenzkosten negativ, d. h. die Nutzung erneuerbarer Energien ist kostengünstiger als der Einsatz fossiler Brennstoffe. Eine mögliche Differenzkostenentwicklung des Strom- und Wärmesektors bis zum Jahr 2050 ist in *Abbildung 2* dargestellt. Als Basisannahmen für die Berechnung der Differenzkosten wurde der Preispfad A für fossile Energieträger und CO₂-Zertifikate aus der Leitstudie des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) herangezogen [2].

Das Maximum der Differenzkosten in den beiden Sektoren wird zwischen 2015 und 2016 erreicht. Danach nehmen die Differenzkosten kontinuierlich ab bis schließlich um das Jahr 2025 herum die Kostengleichheit mit den fossilen Energieträgern erreicht wird. Dies erfolgt für die verschiedenen Technologien zu jeweils unterschiedlichen Zeitpunkten. Es wird deutlich, dass es ökonomisch sinnvoll ist, den Ausbau erneuerbarer Energien kontinuierlich fortzusetzen. Die zu erbringenden Vorleistungen betragen von 2010 bis 2050 ca.

¹ Zur Ermittlung der Differenzkosten wurden die Energiegestehungskosten erneuerbarer Energien mit den durchschnittlichen Stromgestehungskosten fossiler Kraftwerke verglichen. In diesen Kosten sind bereits internalisierte Kosten, wie z. B. CO₂-Zertifikate, enthalten. Nicht-internalisierte externe Kosten des Klimawandels sind nicht berücksichtigt.

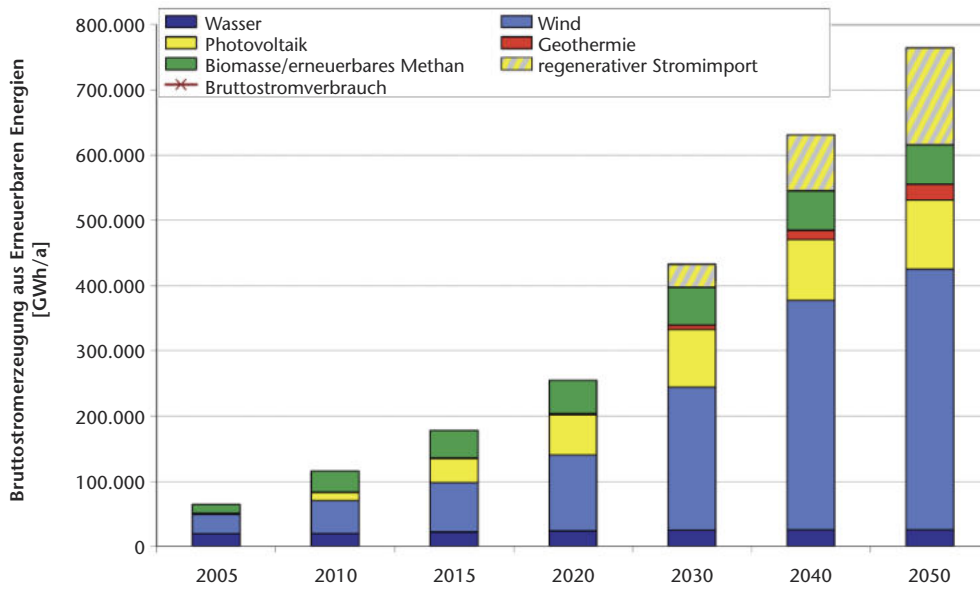


Abbildung 1
Entwicklung der regenerativen Energiebereitstellung für die Sektoren Strom, Wärme und Verkehr
(Quelle: [1])

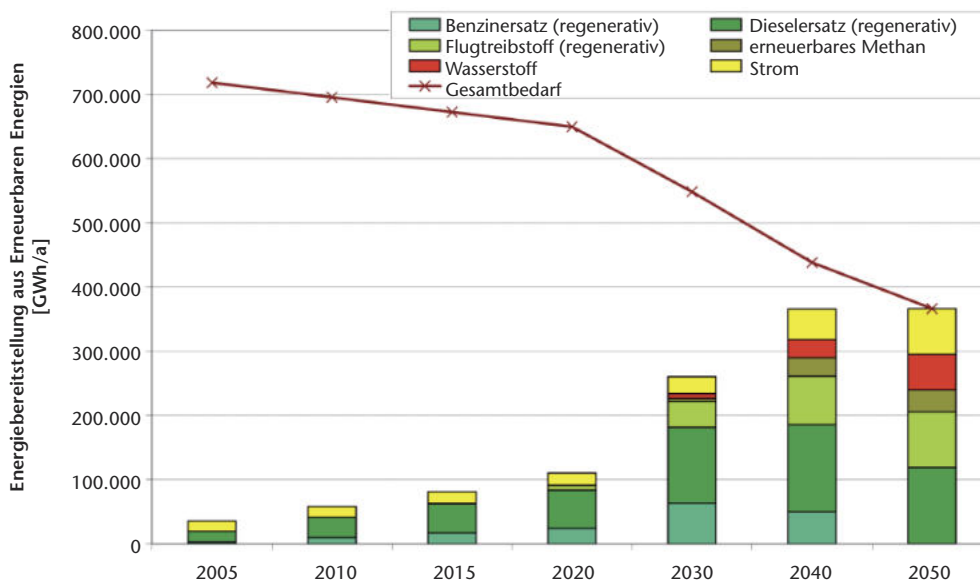
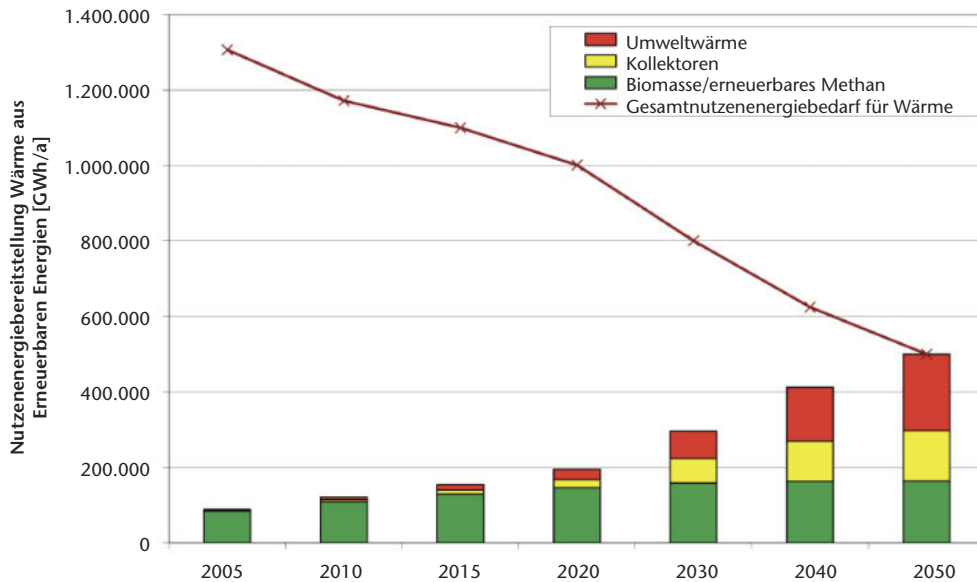
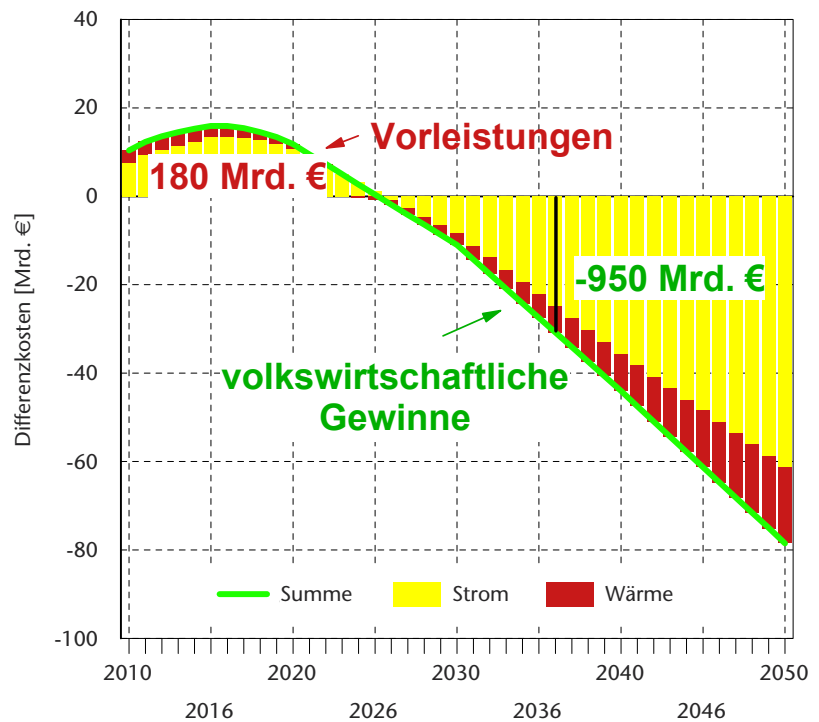


Abbildung 2
Entwicklung der Differenzkosten im Strom- und Wärmesektor bis zum Jahr 2050
(Quelle: ZSW)



180 Mrd. Euro. Dieser Mehrbelastung stehen Gewinne im Strom- und Wärmesektor in Höhe von ca. 950 Mrd. Euro nach Erreichen des Break-Even-Punkts mit den fossilen Energieträgern gegenüber. Durch den konsequenten Ausbau erneuerbarer Energien ist im Strom- und Wärmesektor bis zum Jahr 2050 eine Einsparung von rund 770 Mrd. Euro möglich. Ausführlichere Erläuterungen zu dem genannten Sachverhalt sind dem Energiekonzept der FVEE-Mitgliedsinstitute zu entnehmen.

Vergleich der Vollversorgung mit erneuerbaren Energien mit dem Energiekonzept der Bundesregierung

Am 28. September 2010 wurde von der Bundesregierung ein Energiekonzept mit Zielvorgaben für die zukünftige Energieversorgung vorgestellt. Grundlage für das Energiekonzept der Bundesre-

gierung ist eine Studie von Prognos, EWI und GWS, die im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) erstellt wurde [3]. Das Energiekonzept der Bundesregierung strebt einen Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch im Jahr 2050 von 60 Prozent an. Dies bedeutet jedoch gleichzeitig, dass in 2050 weiterhin ein hoher Anteil der Energie durch fossile Energieträger bereitgestellt werden muss. In der Studie von Prognos, EWI und GWS wurden z. T. sehr geringe Preissteigerungen von fossilen Brennstoffen angesetzt. Diese Energieträger besitzen jedoch schwer prognostizierbare Preisschwankungen. Zudem dürfte die unterstellte Preisentwicklung fragwürdig sein, da mit zunehmender Rohstoffknappheit zukünftig mit weiteren Preissteigerungen zu rechnen ist. Bei Umsetzung des Ziels des Energiekonzepts besteht das Risiko einer hohen volkswirtschaftlichen Kostenbelastung durch den Import fossiler Brennstoffe, die dann weit über das Jahr 2050 hinaus besteht, falls die angesetzte geringe Preisentwicklung fossiler Energieträger nicht eintritt. Eine Vollversorgung des Energiesystems mit erneuerbaren

Energien, wie im FVEE-Szenario dargestellt, setzt die Volkswirtschaft hingegen keinem vergleichbaren Risiko aus. Tritt eine geringere Preissteigerung fossiler Brennstoffe als in dem zuvor skizzierten

Differenzkostenfall ein – vergleichbar mit der angesetzten Preisentwicklung aus der Studie für das BMWi –, so wird sich der Kostenschnittpunkt zwischen dem Mix der erneuerbaren Energien und fossiler Energieträger um etwa 10 bis 15 Jahre verschieben, aber dennoch erreicht. Die Vorleistungen verdoppeln sich hierbei. Das Maximum der Differenzkosten wird auch bei dieser Entwicklung vor 2020 erreicht (siehe *Abbildung 3*). Der Vergleich zeigt also, dass selbst bei einem Niedrigpreisszenario eine Vollversorgung mit erneuerbaren Energien im Jahr 2050 günstiger als der Einsatz fossiler Energieträger ist. Zudem unterliegt eine Vollversorgung des Energiesystems mit erneuerbaren Energien nicht den starken Preisschwankungen konventioneller Energieträger.

Vorreiter oder Trittbrettfahrer?

Die skizzierte Differenzkostenentwicklung (siehe *Abbildung 2*) ist jedoch nicht als selbstverständlich vorauszusetzen. Vielmehr sind zur Mobilisierung der Potenziale erneuerbarer Energien erhebliche weitere Anstrengungen von Wirtschaft, Forschung und Politik erforderlich. Die Frage, ob Deutschland dabei weiterhin eine Vorreiterrolle einnehmen sollte, ist vor allem dann mit ja zu beantworten, wenn sich die entsprechenden Vorleistungen, z. B. in Form von (höheren) Differenzkosten, im Nachhinein mit hoher Wahrscheinlichkeit als lohnende volkswirtschaftliche Investition erweisen. Andernfalls könnte ein sogenanntes Trittbrettfahrerverhalten vorteilhaft sein, bei dem abgewartet wird, bis die entsprechenden Technologien durch Entwicklungen in anderen Ländern mit ggf. günstigeren Standortbedingungen billiger geworden sind und für die eigene Energieversorgung kosteneffizienter genutzt werden können. Besonders relevant ist diese Entscheidung für Technologiefelder, die

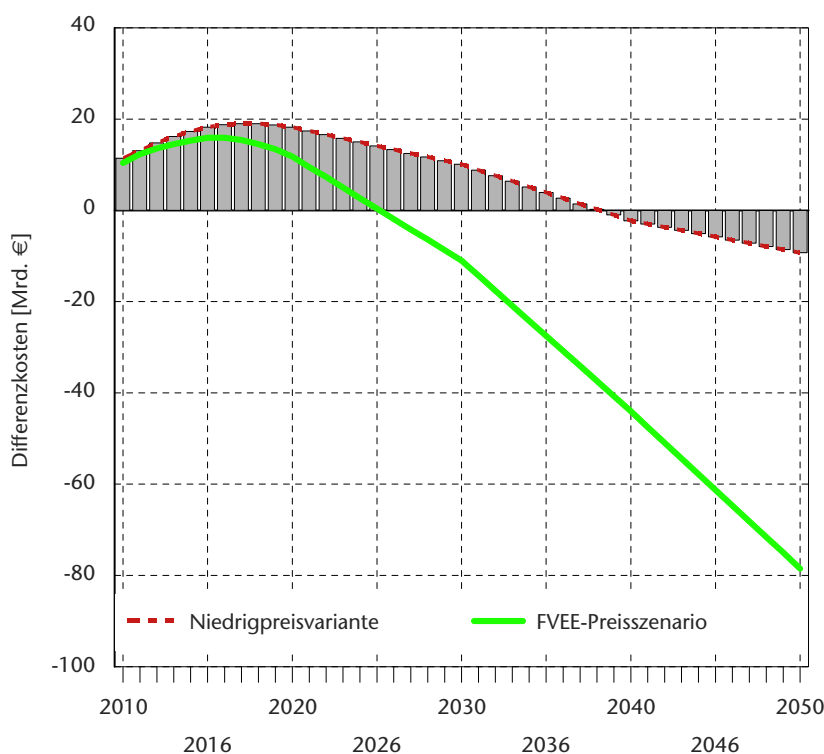


Abbildung 3
Sensibilitätsvergleich
der Preisannahmen des
FVEE-Energiekonzepts
für 2050
(Quelle: ZSW)

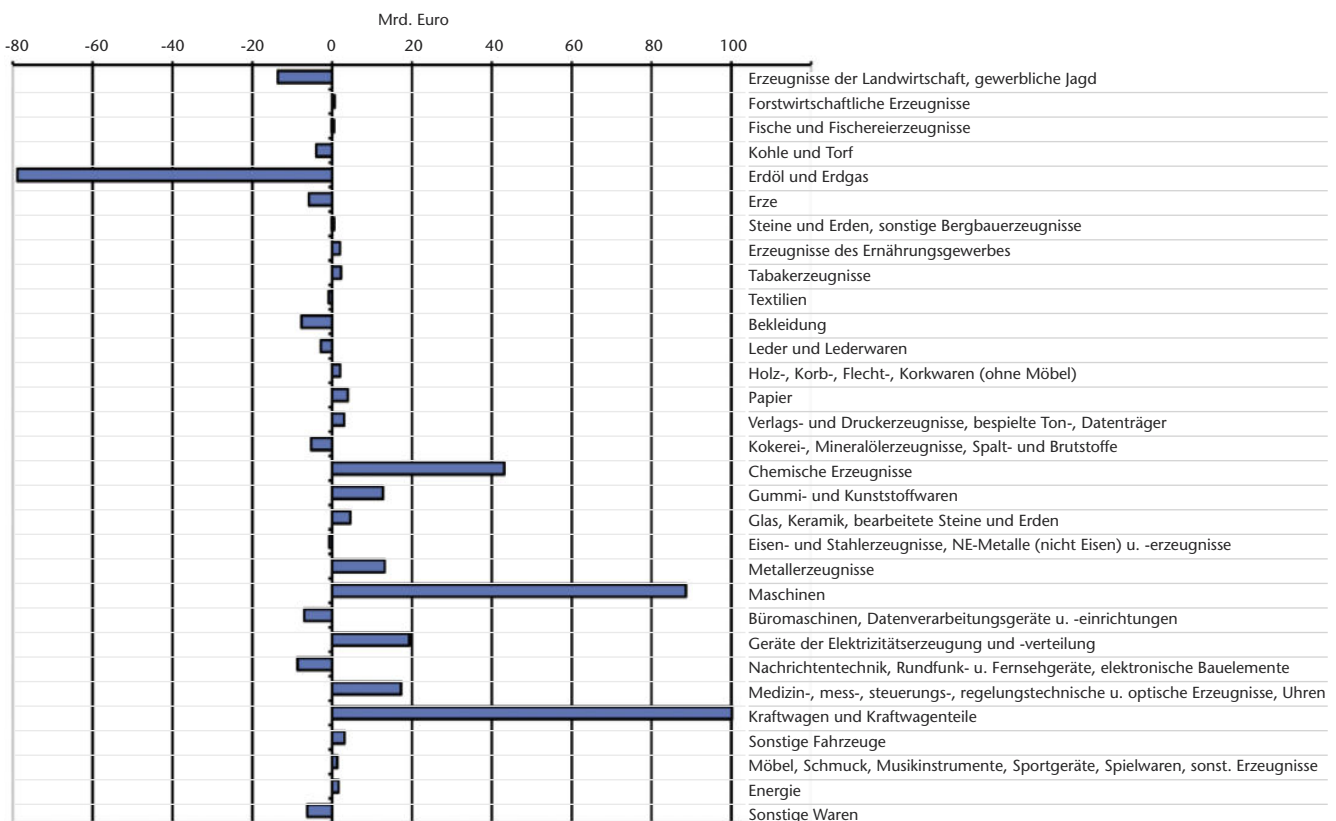
weltweit über ein großes Nutzungspotenzial verfügen und technologisch anspruchsvoll genug sind, damit sich in absehbarer Zeit ein hinreichend großer Markt für einen internationalen Austausch von Waren und Dienstleistungen bilden kann. Denn hier können sich aus der mit einer Vorreiterrolle oftmals verbundenen Technologieführerschaft für deutsche Unternehmen beträchtliche Chancen auf dem Weltmarkt ergeben.

Im Folgenden wird ein Ansatz vorgestellt, der dazu beitragen kann, im genannten Sinne die Chancen für die deutsche Wirtschaft auszuloten, aber auch festzustellen, in welchen relevanten Technologiefeldern Risiken bzw. Nachholbedarf bestehen. Exemplarisch werden die Bereiche Windenergie und Photovoltaik mit einem Ausblick auf die Elektromobilität betrachtet. Ausgangspunkt der Überlegungen ist, dass jede Volkswirtschaft ein spezifisches „Technologieprofil“ besitzt, das grundsätzliche Stärken und Schwächen in der Produktion bestimmter Produkte gegenüber anderen Ländern aufzeigt. Passt eine bestimmte Technologie in das Profil, besteht eine hohe

Wahrscheinlichkeit, dass die Produkte erfolgreich für den Weltmarkt produziert werden und die Volkswirtschaft davon profitieren kann. Um aufzuzeigen, in welchen Bereichen eine Volkswirtschaft solche komparativen Vorteile besitzt, kann das Verhältnis von Import und Export verschiedener Wirtschaftszweige betrachtet werden. Ein positiver Wert steht für einen Exportüberschuss, ein negativer Wert für ein Außenhandelsdefizit.

Abbildung 4 macht deutlich, dass Deutschland vor allem bei chemischen Erzeugnissen, Maschinen, Geräte der Elektrizitätserzeugung und -verteilung sowie Kraftwagen und Kraftwagenteile auf dem Weltmarkt stark vertreten ist. Die Sektoren Maschinen und Kraftwagen, die im Jahr 2008 einen Anteil von über 32% am gesamtdeutschen Export hatten, treten hierbei besonders hervor. Außenhandelsdefizite besitzt Deutschland hauptsächlich in den Bereichen Erdöl und Erdgas, Erzeugnisse der Landwirtschaft, Bekleidung, Datenverarbeitungsgeräte und elektronische Bauelemente.

Abbildung 4
Außenhandelssaldo der deutschen Wirtschaft im Jahr 2008
(Berechnungen des ZSW auf Grundlage von Daten des Statistischen Bundesamtes).



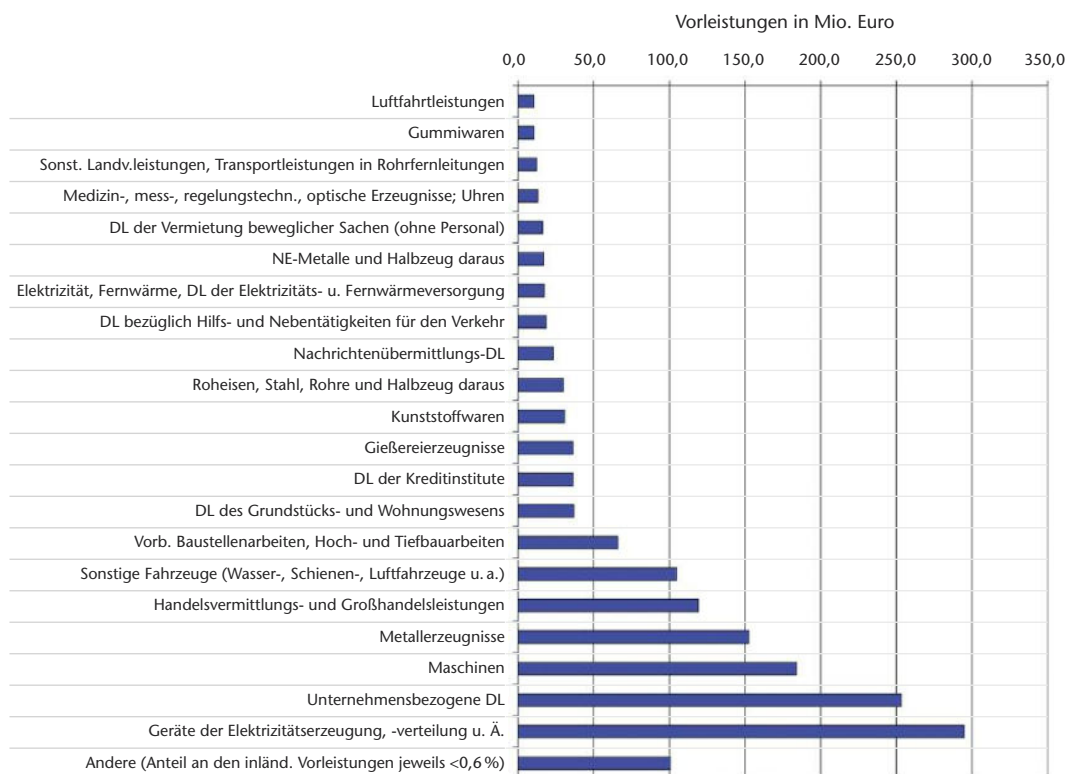


Abbildung 5
Vorleistungen für die inländische Produktion von Windenergieanlagen
(Quelle: [3])

Um daraus Aussagen für den Bereich der erneuerbaren Energien abzuleiten, wurde zunächst die Vorleistungsstruktur von Windenergieanlagen [4] herangezogen. Hier werden vor allem Erzeugnisse aus den Wirtschaftszweigen Maschinen, Metallerzeugnisse und Geräte der Elektrizitätserzeugung benötigt (Abbildung 5), in denen Deutschland über besondere Stärken auf dem Weltmarkt verfügt. Hinzu kommen umfangreiche Erfahrungen z. B. in der Getriebe- und Generatorenherstellung. Dass die Stärken des Technologieprofils gut genutzt wurden, spiegelt sich in der Entwicklung der deutschen Windenergieunternehmen wider: Deutsche Windenergieanlagenhersteller verfügten im Jahr 2009 über einen Anteil von 17,5 % [5] am weltweiten Umsatz. Und obwohl der relative Anteil aufgrund des starken Wachstums im Ausland abnimmt, ist in Zukunft mit weiter steigenden absoluten Umsatzzahlen der deutschen Windindustrie zu rechnen. Nach Angaben des Deutschen Windenergie-Instituts betrug die Exportquote deutscher Hersteller im Jahr 2009 75 %.

Wird der Ausbau der Windenergie weiter forciert, kann die deutsche Wirtschaft von dieser Entwicklung auch künftig profitieren und über die beste-

henden 87.100 (2009) Arbeitsplätze hinaus weitere schaffen [6]. Eine Herausforderung stellt das zunehmende Engagement Chinas dar, dessen Weltmarktanteil kontinuierlich steigt. Durch die Berücksichtigung von Systemdienstleistungen, die Stärkung der Offshore-Windindustrie usw. dürfte es Deutschland jedoch weiterhin gelingen, eine technologische Spitzenposition einzunehmen, so dass auch bei einem weiteren Absinken des Weltmarktanteils ein in absoluten Zahlen steigender Umsatz erreicht wird.

Für das Beispiel der Windenergie lässt sich sehr stark vermuten, dass es vorteilhaft für die deutsche Ökonomie war, in der Vergangenheit kein Trittbrettfahrerverhalten zu zeigen, sondern eine Vorreiterrolle einzunehmen. Denn durch das Ausnutzen des deutschen Technologieprofils ist eine neue zukunftsträchtige Branche entstanden.

Bei der Photovoltaik zeigt sich hingegen auf den ersten Blick ein anderes Bild. Die Vorleistungskette für die Produktion von Photovoltaikanlagen in Deutschland weist eine Dominanz des Wirtschaftszweigs elektronische Bauelemente aus (Abbildung 6). Bei Betrachtung des Außenhandelsaldos

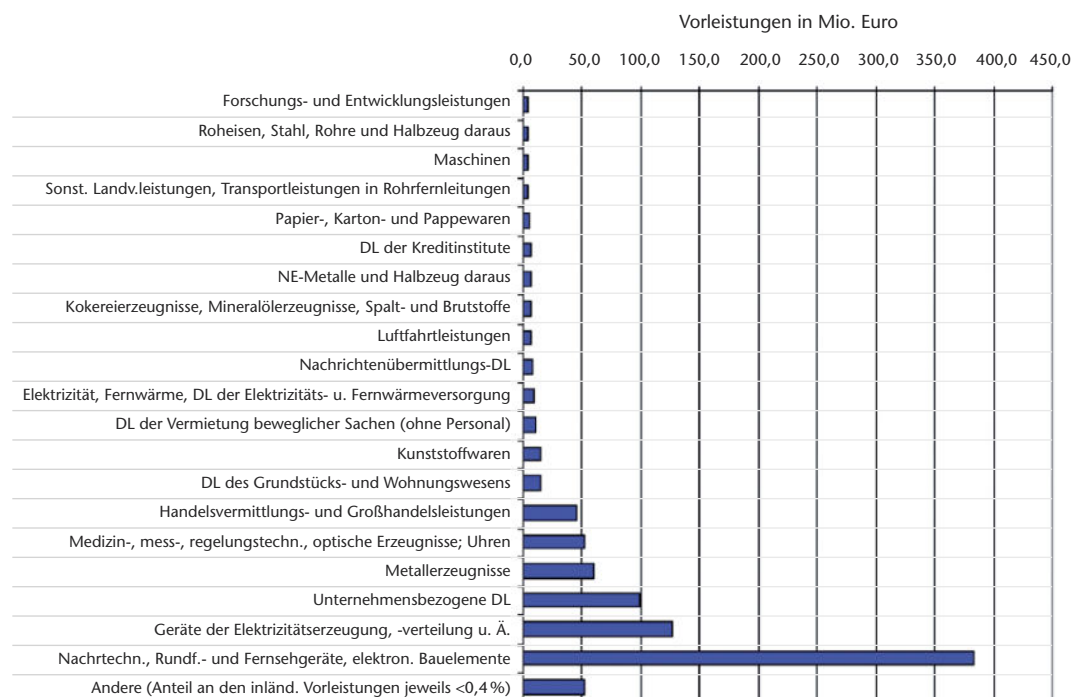
zählt dieser Sektor zu den Schwächen des deutschen Technologieprofils. Komparative Vorteile besitzen hier vor allem die asiatischen Volkswirtschaften, die weltweit einen Großteil der Unterhaltungselektronik sowie Computer und Bildschirme produzieren. Ein Indiz dafür, dass sich die Länder dies auch für den Energiebereich zunutze machen, ist der stark wachsende Weltmarktanteil chinesischer und anderer asiatischer Staaten an der Photovoltaik-Zellproduktion, wodurch deutsche Hersteller zunehmend unter Druck geraten.

Allerdings lassen sich die Daten der Außenhandelsstatistik nur bedingt auf die Photovoltaik übertragen, da deren Bestandteile nicht unmittelbar mit der Unterhaltungselektronik vergleichbar sind, die den Handelsbilanzsektor elektronische Bauelemente dominieren.

Deshalb ist im Unterschied zur Betrachtung der Windenergiebranche ein weiterer Detaillierungsschritt erforderlich, um die Wertschöpfungsstruktur der Photovoltaik besser abbilden zu können, die *Abbildung 7* exemplarisch zeigt.

Hier wird deutlich, dass die gesamte Wertschöpfung bis zum fertigen Modul gut die Hälfte des Systempreises einer Photovoltaikanlage und somit auch des Gesamtumsatzes aus Photovoltaiksystemen ausmacht. Die andere Hälfte entfällt auf Wechselrichter, Elektrik/Verkabelung, Montagegestell sowie Planung/Installation. Legt man über diese Komponenten Deutschlands Technologieprofil, so sind lediglich die Module im Sektor elektronische Bauelemente angesiedelt und liegen diesbezüglich im Bereich möglicher Schwächen, was sich aber nach Betrachtung der gesamten Wertschöpfungskette der Photovoltaik für kristallines Silizium bis zum Modul nicht bestätigt. So halten deutsche Hersteller durchaus respektable Weltmarktanteile: 2009 stammten 22 Prozent des weltweit produzierten (Solar-)Siliziums, 15 Prozent der Wafer, 13 Prozent der Solarzellen sowie 16 Prozent der Module aus Deutschland [7]. Den größten Anteil hält Deutschland jedoch mit 24 Prozent im Bereich der Dünnschichtmodule. Deutschland ist somit trotz möglicher Schwächen im Technologieprofil sehr gut aufgestellt, wobei nicht unerwähnt bleiben darf, dass die Weltmarktanteile mit Blick auf die tatsächlich vorhan-

Abbildung 6
Vorleistungen für die inländische Produktion von Photovoltaikanlagen
(Quelle: [3])



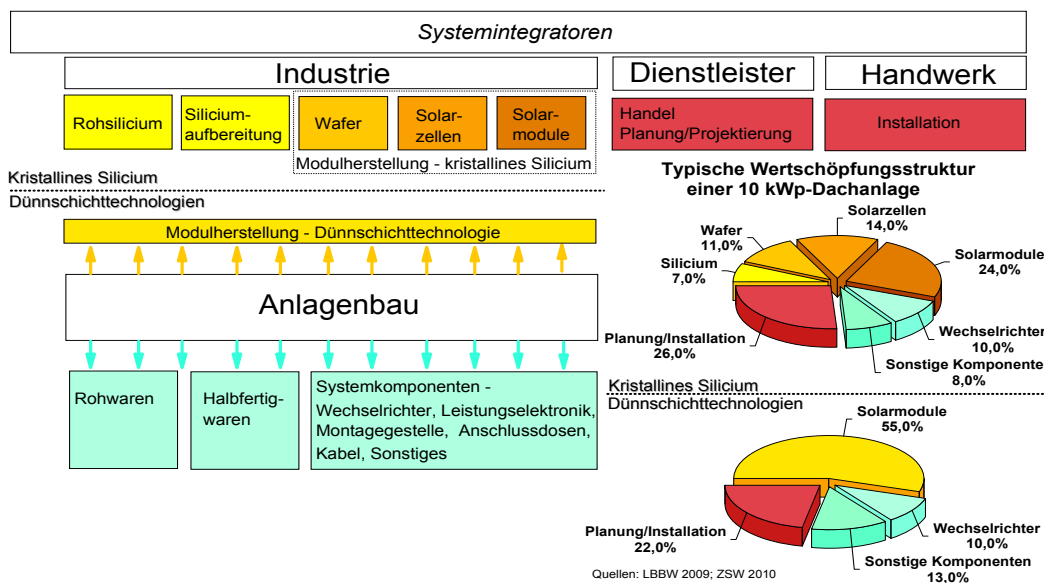


Abbildung 7
Wertschöpfungsstruktur
in der Photovoltaik
(Quelle [7, 8]).

denen Produktionskapazitäten niedriger ausfallen, denn die deutschen Produktionsanlagen waren auf allen Wertschöpfungsstufen im Jahr 2009 besser ausgelastet als die der Konkurrenz.

Der Teil der Wertschöpfung, der außerhalb des Herstellungsprozesses bis zum fertigen Modul liegt, ist noch wesentlich deutlicher im Bereich der Stärken des deutschen Technologieprofils angesiedelt. Besonders hervorzuheben sind auf der Ebene der Systemkomponenten die Wechselrichter. In diesem Segment ist Deutschland mit einem aktuellen Weltmarktanteil von knapp 60 Prozent eindeutig Weltmarktführer, wobei sowohl der absolute Weltmarktführer, als auch die weltweite Nummer Zwei Unternehmen aus Deutschland sind [9]. Gerade im Bereich der Leistungselektronik haben die deutschen Unternehmen einen deutlichen Technologievorsprung, der ihnen ihre starke Position auch auf längere Zeit sichern kann, sofern sie diesen über eine entsprechende Forschungs- und Entwicklungsleistung aufrecht erhalten können. Jedoch nimmt auch in diesem Bereich der Druck der asiatischen Konkurrenz zu [10].

Ein weiterer für den Industriestandort Deutschland besonders interessanter Aspekt, liegt vor der obengezeigten Wertschöpfungskette vom Silicium zum fertigen System, nämlich im Produktionsan-

lagenbau. Hier kann Deutschland seine international sehr gefragte Maschinenbauexpertise nutzen und weiter ausbauen: in 2009 generierten Produktionsanlagenbau bereits 2 Mrd. Euro Umsatz, einen Großteil davon im Ausland, wie die Exportquote von 82 Prozent [11] belegt. Die Palette reicht dabei von Anlagen für Nasschemische, Beschichtungs-, Laser- und Vakuum-Prozesse, Laminatoren, Robotik und Automatisierung bis zu Handlingsystemen und Maschinen zur Qualitätssicherung. Die deutschen Anlagenbauer haben derzeit einen Weltmarktanteil von mehr als 50 Prozent, d. h. über die Hälfte aller Produktionsstätten weltweit werden mit modernster Technik aus Deutschland ausgerüstet [11]. Mit 62 Prozent des Gesamtauftragsvolumen ist es gerade die Nachfrage aus dem asiatischen Raum, von der der deutsche Anlagenbau profitiert, der im Gegenzug aber die Photovoltaikproduzenten in Deutschland auch zukünftig stark unter Druck setzen wird. Dabei bietet die zunehmende Technisierung der Produktion, die einen höheren Grad der Automatisierung zur Folge hat, neue Chancen für den Standort Deutschland, weil die noch bestehenden Lohnkostenvorteile asiatischer Länder zukünftig bei der Entscheidung für Produktionsstandorte kaum mehr Bedeutung haben werden.

Innovation als Standortfaktor

Insgesamt verfügt die deutsche Photovoltaik-industrie international nach wie vor über eine sehr gute Wettbewerbsposition. Mit wachsenden Märkten bauen die Zielländer zwar zunehmend eigene Industrien auf, profitieren dabei aber vielfach von deutschem Know-how, auf das sie aufsetzen können. Es besteht die Gefahr, dass sich Lieferströme dauerhaft umkehren, wie dies aktuell beim Import chinesischer Photovoltaikprodukte zu beobachten ist. Die Kostenvorteile auf chinesischer Seite sind jedoch zu großen Teilen auf die staatliche Förderung in Form des Zugangs zu günstigem Kapital zurückzuführen. Obwohl solche Entwicklungen auch in Zukunft nicht auszuschließen sind, dürfte ein Subventionswettbewerb auf Dauer kein Land gewinnen können. Wohl aber einen Innovationswettbewerb: es wird deshalb für die deutsche Branche zukunftsentscheidend sein, sich erfolgreich über die technische Leistungsfähigkeit zu differenzieren, um standortbedingte Nachteile auszugleichen. Dafür sind die Unternehmen in erster Linie selbst verantwortlich, der Wissenschaft kommt dabei die Aufgabe zu, wichtige technologische Impulse zu geben. Der Staat kann dies gezielt fördern, in dem Markt- und Forschungsprogramme entsprechend ausgestattet werden und in denjenigen Bereichen angesiedelt werden, in denen das Technologieprofil Deutschlands besondere Stärken aufweist oder aber indem Defizite in besonders wertschöpfungsrelevanten Bereichen gezielt abgebaut werden.

Dies gilt es besonders auch für neue Technologiefelder wie die Elektromobilität zu beachten, deren Entwicklung mit weitreichenden Folgen für die deutsche Volkswirtschaft verbunden sein wird. Dabei geht es nicht allein um die Schlüsselkomponenten Batterie und Brennstoffzelle, die übrigen Komponenten und die Systemintegration im Fahrzeug, sondern auch um die Fahrzeuge selbst. Weitere Themen sind die Integration von Elektrofahrzeugen in die elektrische Energieversorgung und speziell die Kopplung mit regenerativen Energien, denn ohne diese Kombination lassen sich die entscheidenden Vorteile der Elektromobilität nicht darstellen. Um in diesen komplexen Systemzusammenhängen die richtigen industriepolitischen Weichen zu stellen, können die skizzierten Technologieprofilanalysen wichtige Entscheidungshilfen liefern.

Fazit

- Eine Vollversorgung mit erneuerbaren Energien ist nicht nur technisch, sondern auch zu ökonomisch vertretbaren Kosten möglich.
- Im FVEE-Szenario sind bereits bis 2050 die volkswirtschaftlichen Gewinne (Differenzkosten) etwa 5-mal so groß wie die Vorleistungen.
- Selbst bei einer geringeren Preissteigerung fossiler Energieträger, wird der Kostenschnittpunkt mit den erneuerbaren Energien zwischen 2035 und 2040 erreicht. Ein hoher Anteil fossiler Brennstoffe an der Energieversorgung im Jahr 2050 birgt hingegen das Risiko einer hohen volkswirtschaftlichen Kostenbelastung über das Jahr 2050 hinaus.
- Im Vergleich zur hohen Volatilität der Ölpreise ist die Kostenentwicklung erneuerbarer Energien gut vorhersehbar.
- Die deutsche Branche für erneuerbare Energien ist gut aufgestellt und konnte in vielen Bereichen das Technologieprofil Deutschlands ausnutzen. Dies konnte am Beispiel der Windenergie und der Photovoltaik gezeigt werden.
- Da der internationale Wettbewerbsdruck immer mehr zunimmt, ist es für deutsche Unternehmen wichtig, sich dem Innovationswettbewerb zu stellen und die eigene Kompetenz und Wettbewerbsfähigkeit weiter zu steigern, um eventuelle Standortnachteile ausgleichen zu können. Unternehmen sind dafür in erster Linie selbst verantwortlich. Der Wissenschaft kommt dabei die Aufgabe zu, wichtige technologische Impulse zu geben.
- Der Staat kann dies gezielt durch eine entsprechende Ausstattung von Markt- und Forschungsprogrammen fördern. Diese Programme sollten in denjenigen Bereichen angesiedelt werden, in denen das Technologieprofil Deutschlands besondere Stärken aufweist oder aber indem Defizite in besonders wertschöpfungsrelevanten Bereichen gezielt abgebaut werden. Dies gilt besonders auch für neue Technologiefelder wie die Elektromobilität.

Literatur

- [1] „Energiekonzept 2050 – Eine Vision für ein nachhaltiges Energiekonzept auf Basis von Energieeffizienz und 100 % erneuerbaren Energien“. Beitrag der Institute: Fraunhofer IBP, Fraunhofer ISE, Fraunhofer IWES, ISFH, IZES gGmbH, ZAE Bayern und ZSW, die gemeinsam mit weiteren Instituten im Forschungsverbund Erneuerbare Energien (FVEE) zusammengeschlossen sind, für das Energiekonzept der Bundesregierung. Juni 2010.
- [2] „Leitstudie 2008 – Weiterentwicklung der „Ausbaustrategie Erneuerbare Energie“ vor dem Hintergrund der aktuellen Klimaschutzziele Deutschlands und Europas“. Herausgeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Oktober 2008.
- [3] „Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung“. Herausgeber: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, August 2010.
- [4] „Erneuerbare Energien: Arbeitsplatzeffekte – Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt“. Herausgeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Juni 2006.
- [5] „Exportschlager Windindustrie – Deutsche Windindustrie nutzt die Chancen des Weltmarkts“. www.dewi.de/dewi/index.php?id=47&L=1, abgerufen am 3. September 2010.
- [6] „Erneuerbare Energien in Zahlen – Nationale und internationale Entwicklung“. Stand: Juni 2010. Herausgeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- [7] „Solardarwinismus – die Besten bleiben. Branchenanalyse Photovoltaik 2009“. Landesbank Baden-Württemberg, 2009.
- [8] Eigene Abschätzung auf Basis veröffentlichter Daten von der EPIA (2010), von der Zeitschrift Photon (2010), von der Zeitschrift Sonne, Wind & Wärme (2009); von EuPD (2009), vom Bankhaus Sarasin (2009), von der Landesbank Baden-Württemberg (2010), von JRC (2009), von Solarbuzz (2010) sowie von GreentechMedia (2009). Unveröffentlicht.
- [9] Siemer J., „Wir haben 2009 unterschätzt“, in: Photon, Mai 2010, S. 26-35.
- [10] „Solarwechselrichter: Deutsche Marktführerschaft bedroht“, Pressemeldung der Zeitschrift Photon, Aachen, 2. September 2010.
- [11] Maiser, E. „VDMA Photovoltaik-Produktionsmittel: Umsatz im vierten Quartal rettet Jahresbilanz 2009“ Pressemeldung des Verbands Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), Frankfurt, 1. Juni 2010.