

// Auf dem Weg ins Zeitalter der erneuerbaren Energien

Approaching the Age of Renewable Energy







// 2010 – Jahr der Zielsetzungen für erneuerbare Energien

Für die erneuerbaren Energien war 2010 das Jahr weitreichender Zielsetzungen. Entsprechend der bereits im Vorjahr in Kraft getretenen EU-Richtlinie, die Deutschland verpflichtet, bis zum Jahr 2020 18 % seines Bruttoendenergieverbrauchs mit erneuerbaren Energien zu decken, übermittelte die Bundesregierung im Sommer den Nationalen Aktionsplan an die Brüsseler Kommission.¹ Er zeigt, wie Deutschland dieses Ziel erreichen will. So ist für 2020 im Strombereich bereits ein erneuerbarer Anteil von gut 38 % vorgesehen. Das ist mehr als eine Verdoppelung in nur 10 Jahren.

// 2010: the year of target-setting for renewable energy

2010 was a year with far-reaching objectives for renewable energy sources. As per the EU Directive enacted last year, obliging Germany to cover 18% of its gross final energy consumption with renewable energy by 2020, the Federal Government handed over the National Renewable Energy Action Plan to the Commission in Brussels last summer. It outlines the way Germany wants to achieve this target. A share of 38% renewable electricity is intended for 2020. This is more than a doubling in just 10 years.



Im September 2010 hat die Bundesregierung mit ihrem Energie-konzept eine langfristige Zielsetzung bis zum Jahr 2050 vorgelegt, mit der die Treibhausgasemissionen gegenüber dem Basisjahr 1990 um 80% bis 95% reduziert werden sollen. Eie bedeutet, dass 2050 mindestens 80% des Strombedarfs und mindestens 60% des Bruttoendenergieverbrauchs, d. h. einschließlich Wärme und Kraftstoffen, aus erneuerbaren Energien gedeckt werden sollen. Dass solche Zielsetzungen heute politisch möglich sind, ergibt sich nicht zuletzt aus der Erfolgsgeschichte der erneuerbaren Energien in Deutschland. Mit hoher Kontinuität über inzwischen 20 Jahre haben Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft eine Entwicklung getragen, die Deutschland international in weiten Bereichen zu einem Vorreiter gemacht hat. Dabei wurden die gesteckten Ziele immer wieder deutlich übertroffen.

// Konzeption einer regenerativen Vollversorgung

Angesichts der bereits erreichten und der absehbaren technischen und wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit der Systeme zur Nutzung erneuerbarer Energien sollten wir auch über den Weg zu einer vollständig regenerativen Energieversorgung nachdenken (siehe Abb. 1). Ein solches Konzept wurde im Sommer 2010 von sieben Mitgliedsinstituten des ForschungsVerbundes Erneuerbare Energien (FVEE) unter maßgeblicher Beteiligung des ZSW in die gesellschaftliche Diskussion eingebracht (siehe Abb. 2).3

In September 2010, the Federal Government presented their Energy Concept including long-term objectives for the year 2050, according to which greenhouse gas emissions have to be reduced by 80% to 95% compared to 1990. This means that by 2050, at least 80% of the electricity demand and at least 60% of the gross final energy consumption, including heat and fuels, has to be covered by renewable energy sources. That such goals are politically possible today is mainly a result of the success story of renewable energy in Germany. With a high degree of continuity over the last 20 years, politics, industry, science and society have supported a development allowing Germany to pioneer many areas worldwide. In doing so, objectives were exceeded time and again.

// The conception of an entirely renewable energy supply

Given the already achieved and the foreseeable technical and economic performance of the systems utilising renewable energy sources, we should also start to think about the path leading to a fully renewable energy supply (see fig. 1). Such a concept was brought to public debate by seven member institutions of the Renewable Energy Research Association (FVEE) with significant participation of the ZSW (see fig. 2) during the summer of 2010.³

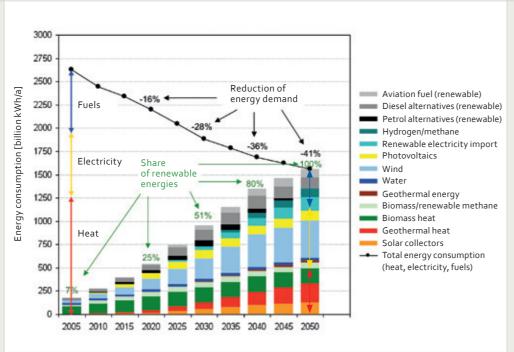
// Abb. 1: Vergleich einer 100%-Versorgung mit erneuerbaren Energien bis 2050 gemäß FVEE-Szenario mit dem Energiekonzept der Bundesregierung vom 28.9.2010.

// Fig. 1: Comparison of a 100% energy supply with renewables by 2050 according to the FVEE scenario with the German government's Energy Concept of 29th September 2010.

Та	argets for the year		2020		2030		2040		2050		
		2009 value	Federal FVEE Government		Federal FVEE Government		Federal FVEE Government		Federal FVEE Government		
ga	eduction of greenhouse as emissions relative o 1990	22%*	-40%	_	-55%	-	-70%	_	-80-95%	-100%	
со	hare of total energy onsumption provided by enewable energy sources	10%	18%	25%	30%	51%	45%	80%	60%	100%	
ge	hare of electricity enerated by renewable nergy sources	16%	35%	45%	55%	77%	65%	94%	80%	100%	

* Energy-related greenhouse gas emissions in 2008

// Abb. 2: Mengengerüst einer 100 %-Versorgung mit erneuerbaren Energien bis 2050 (gemäß Energiekonzept 2050). // Fig. 2: Quantity structure of a 100% supply with renewables by 2050 (according to Energy Concept 2050).



45
40
35
30
25
20
00:00 03:00 06:00 09:00 12:00 15:00 18:00 21:00 00:00 03:00 06:00 09:00 12:00 15:00 18:00 21:00 25:12:2009

// Abb. 3: Integration der Windkraft am Beispiel Weihnachten 2009: 60 % Windkraft im deutschen Stromnetz (Quelle: Fraunhofer IWES). // Fig. 3: Wind power integration: Status today (Christmas 2009: Up to 60% wind power in German electricity grid; source: Fraunhofer IWES).

© Bundesverband WindEnergie e.V.

Danach sind die zentralen Bausteine der Transformation der Energieversorgung:

- > eine deutliche Senkung des Wärmebedarfs von Gebäuden
- > der Ausbau von Kraft-Wärme-Kopplung und Wärmenetzen
- > der Einsatz von thermischen Speichern zum Heizen und Kühlen
- > der Ausbau der Stromerzeugung insbesondere aus Wind und Sonne sowie des Imports von regenerativ erzeugtem Strom
- die Kopplung von Stromerzeugung und Erdgasnetz durch die Erzeugung und Einspeisung von regenerativem Methan/ Wasserstoff
- > der Einstieg in die regenerative Elektromobilität mit Batterie- und Brennstoffzellenfahrzeugen
- > der Einsatz von flüssigen Biokraftstoffen vorrangig im Schwerlast- und Luftverkehr

Energieeinsparung und eine höhere Umwandlungseffizienz sowie die Nutzung erneuerbarer Energien sind zwei Seiten einer Medaille. Einsparpotenziale bestehen in erster Linie im Raumwärmemarkt. Deshalb müssen nicht nur der von der Bundesregierung bis 2020 geplante Neubaustandard des "klimaneutralen Gebäudes", sondern auch die angekündigten Maßnahmen zur deutlichen Erhöhung der Sanierungsrate im Gebäudebestand umgesetzt werden. Den zweiten großen Block für Effizienzmaßnahmen stellt der Verkehr dar. Der Einstieg in die Elektromobilität mit Batteriefahrzeugen für Reichweiten von etwa 200 km und Brennstoffzellenfahrzeugen für größere Reichweiten ist bereits im Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung angelegt, der bis 2020 rund 1 Million und 10 Jahre später mindestens 5 Millionen Elektrofahrzeuge vorsieht. ⁴ Langfristig kann der weitaus größte Teil des Verkehrs umgestellt werden. Das ZSW arbeitet intensiv daran,

In this concept, the central components of the transformation of energy supply are:

- > a significant reduction of the heat demand of buildings
- > the expansion of combined heat and power plants and of district heating
- > the application of thermal storage for cooling and heating
- > the further expansion of renewable electricity generation, mainly wind and solar power, and import of renewable electricity
- > linking electricity generation to natural gas grids by producing and feeding regenerative methane/hydrogen into the gas grid
- > venturing into regenerative e-mobility with battery electric and fuel cell vehicles
- > the utilisation of liquid biofuels primarily in heavy goods transport and air traffic

Energy savings and a higher conversion efficiency as well as the utilisation of renewable energy sources are two sides of the same coin. Saving potentials are primarily to be found in the space heating sector. Therefore, not only the announced measures for significantly improving the renovation rate of the building stock have to be implemented but also the planned new building standards of the Federal Government for the "climate-neutral building" in 2020. The second important sector for efficiency measures is transportation. The entry into e-mobility based on battery electric vehicles for distances up to 200 km and fuel cell vehicles for longer distances is already laid out in the National Development Plan for E-Mobility of the Federal Government, which envisions about 1 million electric vehicles by 2020 and and at least 5 million

den Einstieg in die Elektromobilität technologisch voranzubringen: Unser Tätigkeitsspektrum reicht von der Materialforschung über die Entwicklung von Produktionsverfahren bis hin zu Lebensdauer- und Sicherheitstests für Komponenten und Systeme. Dabei stützen wir uns auf mehr als 20 Jahre Erfahrung im Bereich von Lithium-Ionen-Batterien und Brennstoffzellen für mobile und stationäre Anwendungen.

// Transformation der Stromversorgung

Insgesamt wird die Energieversorgung damit stärker auf Strom basieren als bisher. Und während heute bereits jede sechste Kilowattstunde aus erneuerbaren Energien erzeugt wird, soll es 2020 bereits mehr als jede dritte sein. Deutlich zunehmen wird insbesondere die Stromerzeugung aus Wind und Sonne. Nach dem Nationalen Aktionsplan der Bundesregierung sollen bis 2020 rund 10.000 MW Offshore-Windleistung, rund 36.000 MW Windleistung an Land und knapp 52.000 MW Photovoltaik-Leistung am Netz sein. Neben der steuerbaren Stromerzeugung aus Wasserkraft, Biomasse und Geothermie werden damit annähernd 100.000 MW fluktuierende Stromerzeugung am Netz sein (siehe Abb. 3), die zeitweise allein in der Lage sind, den Strombedarf vollständig zu decken.

ten years later.⁴ In the long run, the vast majority of traffic can be switched to electric drives. The ZSW is working hard to bring about the technological requirements for an entry into e-mobility: Our activities range from materials research and the development of manufacture methods to life cycle and safety tests for components and systems. We can draw upon over 20 years of experience in lithium-ion batteries and fuel cells for mobile and stationary applications.

// The transformation of power supply

Overall, energy supply will be more heavily based on electricity than ever before. While one in six kilowatt hours is generated from renewable energy sources today, it will be more than one in three by 2020. In particular electricity generation based on wind and the sun will increase significantly. According to the National Renewable Energy Action Plan presented by the Federal Government, around 10,000 MW of offshore wind power capacity, 36,000 MW of land-based wind power capacity and nearly 52,000 MW of photovoltaic power capacity will be connected to the grid by 2020. In addition to the controllable electricity production from hydropower, biomass and geothermal energy, nearly 100,000 MW of fluctuating electricity generation will be connected to the grid (see fig. 3) and be partially able to meet the total electricity demand.

// Abb. 4: Mögliche Realisierung des "Power-to-Gas"-Konzepts in Verbindung mit einer Biogasanlage (als CO₂-Quelle). // Fig. 4: Possible realisation of the "Power-to-Gas" concept in combination with a biogas plant (as a CO₂ source).



Daraus ergeben sich erhebliche Herausforderungen für die Transformation des Stromsektors:

- > Ausbau der Stromnetze
- > gut regelbare Kraftwerke im konventionellen Bereich
- > Management der regenerativen Erzeugung
- > Maßnahmen zur Beeinflussung der Stromnachfrage
- > Speichertechnologien
- > stärkerer europäischer Strommarktverbund

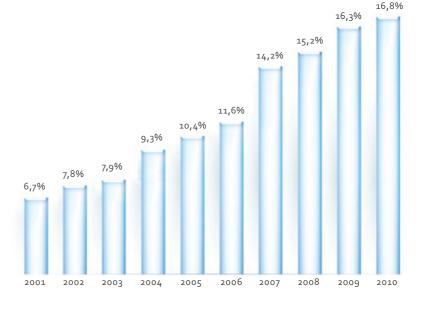
Die verschiedenen Maßnahmenbereiche müssen gut aufeinander abgestimmt sein, um ein optimales Funktionieren zu gewährleisten. Sowohl die kurzzeitigen als auch die saisonalen Schwankungen von Sonne und Wind sind auszugleichen. Für die Pufferung der kurzzeitigen Schwankungen der weit verteilten gebäudemontierten Photovoltaik-Anlagen bieten sich als ein Element dezentrale Batteriespeicher an, die ins Niederspannungsnetz integriert werden können. Das ZSW entwickelt hierfür geeignete Konfigurationen und stationäre Batterietechnologien. Für die längerfristige Speicherung im großen Stil bietet sich die elektrolytische Erzeugung von Wasserstoff und dessen Einsatz im Verkehr oder Beimischung zum Erdgas an. Darüber hinaus wurde vom ZSW mit dem "Powerto-Gas"-Konzept eine Speicheroption entwickelt, die eine Speicherung von Strom in der Megawatt-Klasse erlaubt. Durch die Kopplung von Strom- und Erdgasnetz wird dabei erstens auf vorhandene Infrastrukturen zurückgegriffen, zweitens eine saisonale Speicherung großer Strommengen möglich und drittens die Bereitstellung CO₂-neutraler Kraftstoffe in Form von regenerativ erzeugtem Erdgas möglich.

This will result in significant challenges for the transformation of the electricity sector:

- > expansion of power grids
- > easily controllable fossil fuel power plants
- > management of renewable-based electricity generation
- > measures influencing the demand for electricity
- > storage technologies
- > stronger interconnection of the European electricity market

The various areas need to be inter-coordinated in order to ensure optimal functioning. Both the short-term and the seasonal fluctuations of the sun and wind have to be balanced. To buffer the short-term fluctuations of the widely distributed building-mounted photovoltaic systems, decentralised battery storages which can be integrated into the low voltage grid are a viable option. For this purpose, ZSW developed suitable configurations and stationary battery technologies. In addition, ZSW also developed the "Powerto-Gas" concept, a storage option that allows for storage of electricity in the megawatt range. By linking power grids and natural gas grids, existing infrastructures can be utilised and the seasonal storage of large amounts of electricity becomes possible along with the provision of CO₂-neutral fuels in the form of the renewable energy source natural gas.

// Der Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch in Deutschland ist seit 2001 von 6,7 % auf 16,8 % 2010 gestiegen. // The share of renewable energy sources in the gross electricity consumption in Germany has increased from 6.7% in 2001 to 16.8% in 2010.



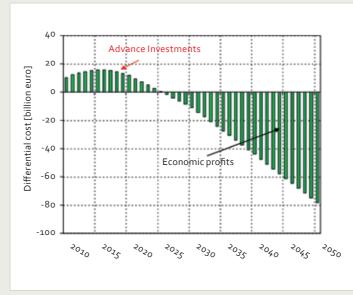
// Kosten und Nutzen der Systemtransformation

Die Transformation des Energiesystems dient dem Klimaschutz, der Reduktion von Energieimporten mit ihren ökonomischen und politischen Risiken sowie der Erschließung von Innovationspotenzialen. Andererseits sind damit jährliche Investitionen im zweistelligen Milliarden-Euro-Bereich verbunden, so dass das Verhältnis von Kosten und Nutzen einer sorgfältigen Abwägung unterzogen werden muss. Neben dem Aufbau der notwendigen Systeminfrastruktur spielen dabei die Kostenentwicklung konventioneller Energieträger einerseits und der erneuerbaren Energien andererseits eine große Rolle. Es kann gezeigt werden, dass bei einem moderaten Anstieg der Preise für fossile Energieträger von etwa 2 % pro Jahr die Wettbewerbsfähigkeit des Mixes erneuerbarer Energien um das Jahr 2025 erreicht werden kann. Die volkswirtschaftlichen Gewinne würden dann bis 2050 die erbrachten Vorleistungen mehrfach übersteigen (siehe Abb. 5).

// Costs and benefits of the system transformation

The transformation of the energy system serves to protect the climate, to cut down on energy imports along with incurred economic and political risks and to unlock innovation potential. On the other hand, annual investments in the tens of billions of euro are required, so cost-benefit ratio has to be considered carefully. In addition to building the required system infrastructure, the cost development of fossil and renewable energy sources plays a major role. It can be shown that with a moderate rise in fossil fuels prices of about 2% per year, the mix of renewable energy sources could be competitive by the year 2025. The economic benefits would amount to several times the provided inputs (see fig. 5) by 2050.

// Abb. 5: Differenzkostenentwicklung des 100%-Szenarios des FVEE – Beispiel Strom- und Wärmeerzeugung. // Fig. 5: Differential cost development of the 100% scenario – example for electricity and heat generation.



Basisannahmen für fossile Energien:

- > Der Ölpreis steigt bis 2050 auf 210 US\$ je Barrel.
- > Die Kosten für CO₂-Emissionen steigen auf 70 € je Tonne.
- > Der anlegbare Strompreis für erneuerbare Energien steigt von etwa 6 ct/kWh auf 15 ct/kWh (entsprechend 2,3 %/a).
- > Der anlegbare Wärmepreis steigt von etwa 10 ct/kWh auf 22 ct/kWh (entsprechend 2,0 %/a).

Der Kostenschnittpunkt des Mixes erneuerbarer Energien wird um das Jahr 2025 erreicht. Den Vorleistungen stehen langfristig erheblich höhere volkswirtschaftliche Gewinne gegenüber.

Basic assumptions for fossil fuels:

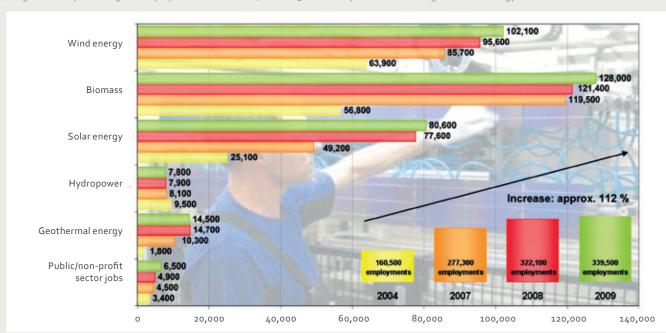
- > The cost of oil increases to US\$210 per barrel by 2050.
- > The costs for CO₂ emissions increase to €70 per tonne
- > The applicable price for renewable electricity increases from approx. 6 c/kWh to 15 c/kWh (corresponds to 2.3%/a).
- > The applicable price for heating increases from approx. 10 c/kWh to 22 c/kWh (corresponds to 2.0%/a).

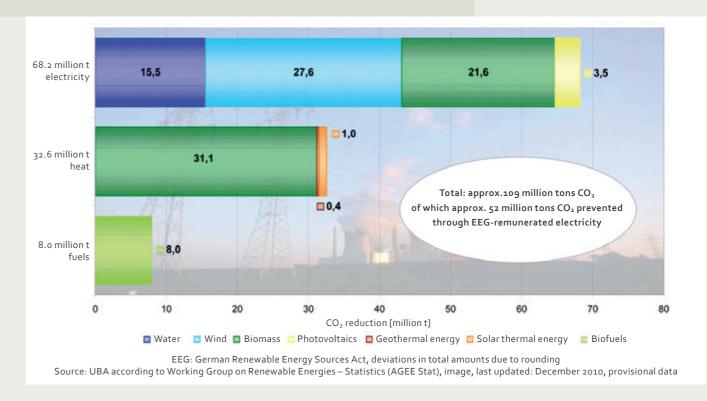
The renewable energy mix achieves cost parity around 2025. From then on, the prior investments will reap considerably higher, long-term economic profits.

Im Zentrum der Debatte, ob die Höhe der Förderung erneuerbarer Energien angemessen ist, steht das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG).⁵ Es regelt die Zahlung von Einspeisevergütungen, die einen wirtschaftlichen Betrieb der Anlagen ermöglichen sollen und dementsprechend nach Technologien, Anlagengrößen usw. differenziert sind. Mit dem sprunghaften Anstieg der Installation von Photovoltaikanlagen nahmen die EEG-Vergütungszahlungen insgesamt deutlich zu. Auf der Grundlage der daraus berechneten Differenzkosten legt die Bundesnetzagentur jährlich die sogenannte EEG-Umlage fest, mit der die Differenzkosten auf die Stromverbraucher verteilt werden. Als die Behörde im Oktober 2010 bekannt gab, dass die Umlage 2011 von 2,05 Cent auf gut 3,5 Cent pro Kilowattstunde steigen wird, gerieten die Erneuerbaren, allen voran die Photovoltaik, erneut ins Kreuzfeuer der Kritik. Denn 5,3 Mrd. € Differenzkosten durch das EEG im Jahr 2009 sind in der Tat auf den ersten Blick eine stattliche Summe, die absehbar noch etwas ansteigen wird, bevor sie in einigen Jahren ihr Maximum durchläuft. Übersehen wird bei der Diskussion über die Kosten jedoch allzu oft der volkswirtschaftliche Nutzen, den der Ausbau der erneuerbaren Energien mit sich bringt. So wurden im Jahr 2009 rund 20 Mrd. € in Erneuerbare-Energien-Anlagen investiert, wovon knapp 17 Mrd. € auf das EEG zurückzuführen sind. Angesichts dieser Zahlen verwundert auch nicht, dass sich die erneuerbaren Energien in den vergangenen Jahren zum Jobmotor entwickeln konnten: 2009 zählte die Branche bereits insgesamt fast 340.000 Beschäftigte, wobei der größte Teil im Bereich der stromerzeugenden Systeme entstanden ist (siehe Abb. 6).

The German Renewable Energy Sources Act (EEG) is at the centre of the debate on whether the amount of subsidies for renewable energy is appropriate. 5 It regulates remuneration, which is supposed to allow for a profitable operation of the systems, and it distinguishes between the employed type of technology, plant size, etc. With the surge in installations of photovoltaic systems, the total amount of EEG remuneration payments increased considerably. On the basis of the calculated differential costs, the Federal Network Agency annually determines the EEG reallocation charge with which the differential costs are allocated to the electricity consumers. In October 2010, when the Agency announced that the reallocation charge of 2.05 cent was to increase to 3.5 cent per kilowatt hour, renewable energy, and especially photovoltaics, found themselves caught in a crossfire of criticism. Indeed, € 5.3 billion in differential costs due to the EEG from 2009 is a considerable amount and it is predicted to increase somewhat before reaching its maximum in a few years. What, however, is often overlooked in the discussion about costs are the economic benefits brought about by the expansion of renewable energy. In 2009, some € 20 billion were invested into renewable energy plants, of which about € 17 billion were due to the EEG. In view of these figures, it is not surprising that renewable energy has become a job engine over the past few years: In 2009, the industry already had a total of nearly 340,000 employees, with the majority in the area of systems generating electricity (see fig. 6).







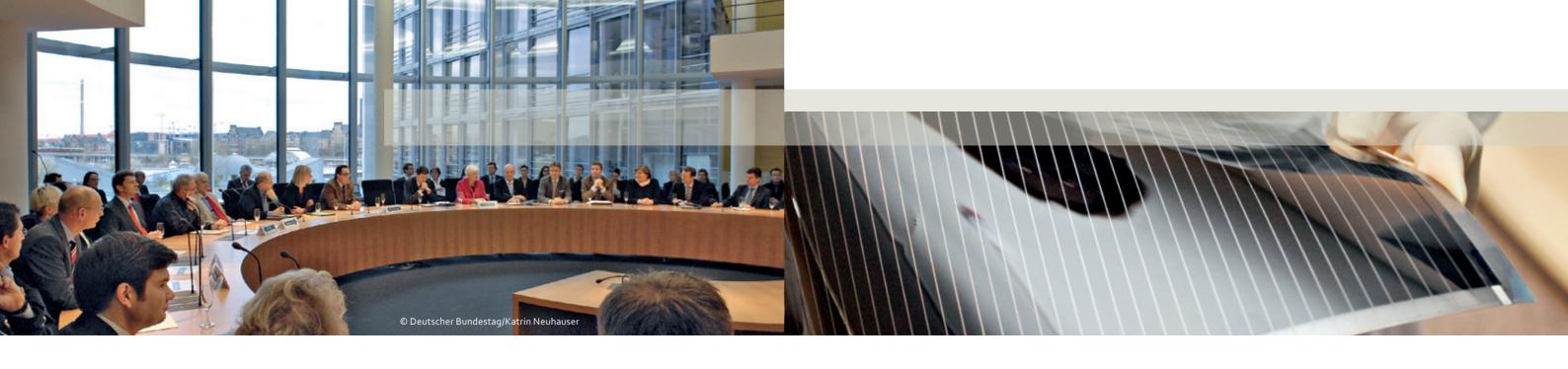
// Abb. 7: Vermiedene CO₂-Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland 2009. // Fig. 7: CO₂ emissions prevented in Germany in 2009 by using renewable energy.

Ebenfalls nicht zu vergessen ist der ökologische Nutzen: Rund 109 Mio. Tonnen CO₂-Emissionen hat die Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland im Jahr 2009 vermieden. Ohne die erneuerbaren Energien wären unsere CO₂-Emissionen somit 14 % höher als tatsächlich gewesen. Von den Einsparungen sind allein 52 Mio. Tonnen auf das EEG zurückzuführen, das damit auch das derzeit erfolgreichste Klimaschutzinstrument in Deutschland ist. Zusätzlich konnten 2009 Energieimporte im Wert von rund 5,7 Mrd. € vermieden werden (siehe Abb. 7).

Wichtig ist weiterhin, darauf hinzuweisen, dass die nach der im EEG festgelegten Methodik ausgewiesenen Differenzkosten nur die halbe Wahrheit sagen. Denn das Angebot an Regenerativstrom führt dazu, dass fossile Kraftwerke mit relativ hohen Grenzkosten nicht zur Deckung der Stromnachfrage eingesetzt werden müssen (sog. Merit-Order-Effekt). Dadurch üben die erneuerbaren Energien einen dämpfenden Einfluss auf den Preis an der Strombörse aus. Dies trifft in besonderem Maße auf die Photovoltaik zu, die schwerpunktmäßig zur mittäglichen Spitzenlastzeit einspeist. Der Belastung durch das EEG auf der einen Seite steht somit auf der anderen Seite eine Entlastung gegenüber. Studien zeigen, dass die Höhe des Merit-Order-Effekts zumindest in den vergangenen Jahren etwa in der gleichen Größenordnung wie die Differenzkosten lag.

The environmental benefit should not be forgotten either: Thanks to renewable energy, around 109 million tonnes in CO_2 emissions were saved in Germany in 2009. Of this amount, 52 million tonnes are due to the EEG, which is therefore the most successful climate protection instrument available in Germany today. In addition, the necessity of energy imports valued at around $\mathfrak{E}_{5.7}$ billion was sidestepped in 2009 (see fig. 7).

It is also important to point out that the methodology defined in the EEG for determining the differential costs is only half the story. As a consequence of the supply with regenerative power, it is not necessary to use fossil power plants with relatively high marginal costs to cover the electricity demand (so-called meritorder effect). Renewable energy has a dampening effect on the energy exchange price. This is particularly true for photovoltaics, feeding primarily during the mid-day peak hours. The burden caused by the EEG is counterbalanced by this fact. Studies show that in recent years, the merit-order effect was at least of the same order of magnitude as the differential costs.



// Politik und Politikberatung als Erfolgsfaktoren

An der Entwicklung der erneuerbaren Energien wird deutlich, dass oftmals die richtigen politischen Weichenstellungen zur rechten Zeit entscheidend sind, um Technologien voranzubringen. Ohne weitsichtige Politik hätten die erneuerbaren Energien ihre Erfolgsgeschichte nicht schreiben können. Anreizinstrumente wie das EEG können aber nur dann dauerhaft erfolgreich sein, wenn sie einer regelmäßigen Evaluierung unterzogen und angepasst werden. An diesen Stellen setzt die wissenschaftliche Beratung des ZSW-Fachgebietes Systemanalyse an. Es unterstützt die Bundesregierung und politische Akteure seit der Einführung des EEG im Jahr 2000 und erarbeitete die Grundlagen für die Novellierungen des EEG 2004 und 2009. Und auch aktuell koordiniert das Fachgebiet Systemanalyse mehrere Forschungsvorhaben zur Vorbereitung des nächsten EEG-Erfahrungsberichts, der 2011 vorgelegt werden soll. Ebenso wie die Bundesregierung unterstützt das ZSW die Landesregierung Baden-Württemberg. Im Rahmen des Energiekonzepts 2020 wurde ein Pfad für den mittelfristigen Ausbau von erneuerbaren Energien und Kraft-Wärme-Kopplung vorgezeichnet, dessen Verfolgung durch die Unterstützung des Monitorings überwacht wird. ⁶ Im Rahmen des "Klimaschutzkonzepts 2020 plus" ⁷ entwickelten wir zudem eine Vision, wie die vollständige Umstellung auf erneuerbare Energien auch in Baden-Württemberg langfristig aussehen kann.

Im Rahmen von Evaluierungen, wie wir sie nicht nur für das EEG, sondern auch für das Marktanreizprogramm des Bundes für erneuerbare Wärme des Oder das Gesetz zur Nutzung erneuerbarer Wärme in Baden-Württemberg durchführten, werden Förderinstrumente auf ihre Effizienz und Zielgenauigkeit hin überprüft. Zum einen kann auf diese Weise das Erreichen von Ausbauzielen sichergestellt werden, zum anderen können nur so Mitnahmeeffekte vermieden und damit die Akzeptanz für die Förderung erhalten werden. Bei Evaluierungen des EEG steht stets im Vordergrund, die Vergütungssätze regelmäßig der Kostenentwicklung anzupassen. Manchmal sind technologischer Fortschritt und Marktentwicklung dabei deutlich schneller als erwartet. So hat die weltweit rasante Entwicklung der Photovoltaik dazu geführt, dass die Anlagenpreise innerhalb kurzer Zeit drastisch gesunken

// Politics and political consulting as success factors

When looking at the overall development of renewable energy, it becomes apparent that the right political choices made at the right time are key in advancing technologies. Without such a farsighted policy, renewable energy sources would not have been able to write their own success story. Incentives such as the EEG can only be permanently successful if they are continuously evaluated and adjusted. This is where the scientific consultation provided by the ZSW Systems Analysis department comes into play. It has been supporting the Federal Government and their political actors since the introduction of the EEG in 2000 and laid the groundwork for the amendments to the EEG in 2004 and 2009. Currently, the Systems Analysis department is coordinating several research projects in preparation for the next EEG report, which is to be presented in 2011. Along with the Federal Government, the ZSW supports the State Government of Baden-Württemberg. As part of the Energy Concept 2020, a path for the medium-term expansion of renewable energy and combined heat and power was mapped out, whose implementation is overseen with the aid of monitoring.⁶ As part of the "Climate Protection Concept 2020 plus" 7, we also developed a vision as to how the full transition towards renewable energy in Baden-Württemberg could be achieved.

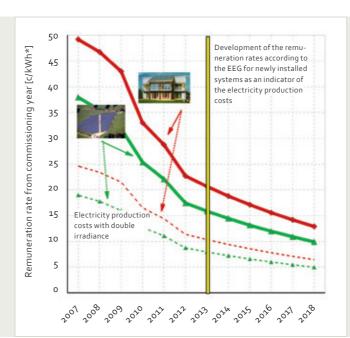
In the context of evaluations we performed not only for the EEG but also for the federal market incentive programme for renewable heat or the law on utilising renewable heat in Baden-Württemberg, funding instruments were examined as to their efficiency and accuracy. On the one hand, reaching extension objectives is ensured and on the other hand, free-rider effects are avoided and acceptance of funding is maintained. When evaluating the EEG, adapting the remuneration rates to the price development is in the foreground. Sometimes, technological progress and market development are significantly faster than expected. The rapid global development of photovoltaics resulted in sytem prices dropping

sind und eine Überförderung durch das EEG drohte. Daher wurden die Vergütungssätze im Jahr 2010 vom Gesetzgeber außerplanmäßig reduziert – ebenfalls auf der Grundlage von Analysen der ZSW-Systemanalytiker.

Das EEG ist auch vor dem Hintergrund notwendiger Kostensenkungen bei Technologien ein sehr erfolgreiches Instrument. Denn durch die jährliche Absenkung der Vergütungssätze für Neuanlagen ("Degression") besteht ein erheblicher Kostendruck. Wie Abbildung 8 am Beispiel der Photovoltaik zeigt, ist es gelungen, die Solarstromkosten innerhalb weniger Jahre annähernd zu halbieren. Das EEG wirkt darüber hinaus als Innovationsbeschleuniger, denn ohne technologische Fortschritte wäre diese Entwicklung nicht möglich gewesen. Das ZSW leistet mit seiner Forschung und Entwicklung zu CIGS-Dünnschicht-Solarzellen dafür einen wichtigen Beitrag. Nachdem es im vergangenen Jahr gelungen ist, mit 20,3 % Wirkungsgrad den Weltrekord für Dünnschicht-Solarzellen aus den USA nach Deutschland zurückzuholen, 9 wird sich die kostendämpfende Wirkung höherer Wirkungsgrade zeitnah auch in kommerziellen Produkten niederschlagen.

within short periods of time along with risks of possible over-funding by the EEG. Therefore, in a non-scheduled move, the remuneration rates were lowered by the legislature in 2010 – again on the basis of analyses provided by ZSW systems analysts.

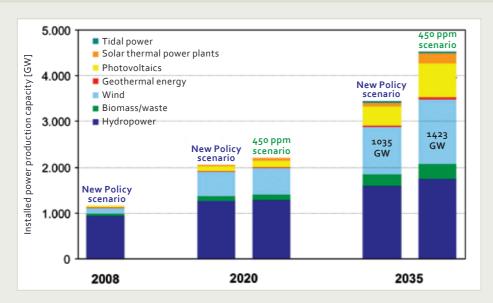
The EEG is also a very successful tool against the background of necessary cost reductions related to technologies. Due to the annual reduction in remuneration rates for new systems ("degression"), there is a significant cost pressure. As figure 8 shows using the example of photovoltaics, solar power costs were nearly halved within a few years. The EEG also serves as an innovation accelerator, as this development would not have been possible without technological progress. The ZSW makes an important contribution in the form of research and development of CIGS thin-film solar cells. After succeeding in winning back the world record for efficiency rates of thin-film solar cells from the USA 9 with a value of 20.3%, the cost-reducing effect of higher efficiency rates is set to soon be reflected in commercial products.



// Abb. 8: Beispiel Photovoltaik: Wie die degressiven Vergütungssätze des EEG für Neuanlagen erneuerbare Energien in die Wirtschaftlichkeit führen. // Fig. 8: As the example of photovoltaics shows: Degressive remuneration rates lead renewable energy systems to feasibility.

*Nominal values, expected degression 2012: 13%, 2013: 21%, from 2014: at least 9%

// Abb. 9: Entwicklung der Stromerzeugungskapazität in verschiedenen IEA-Szenarien. // Fig. 9: Development of installed power production capacity in different IEA scenarios.



// Entwicklung der weltweiten Märkte für erneuerbare Energien

Entscheidend ist, dass langfristig in einstrahlungsreicheren Ländern Stromgestehungskosten der Photovoltaik von deutlich unter 10 ct/kWh erreicht werden, sodass weltweit ein sich selbst tragender Photovoltaikmarkt entstehen kann. Eine ähnliche Entwicklung vollzieht sich bereits seit einigen Jahren im Bereich der Windenergie. Inzwischen sind weltweit rund 200.000 MW Windleistung installiert, die etwa 2 % der globalen Stromerzeugung decken. Voraussichtlich werden in zehn Jahren bereits etwa 10 % des Weltstrombedarfs aus Wind gedeckt werden können. Die solaren Technologien bewegen sich heute im Bereich von 35.000 MW installierter Leistung, gelten aber als Schlüssel der weiteren globalen Entwicklung. Interessant ist hierbei, dass diese Einschätzung neben vielen Studien auch von der Internationalen Energie-Agentur (IEA) in ihrem aktuellen World Energy Outlook¹⁰ geteilt wird (siehe Abb. 9). Je nach Szenario steigt die weltweit installierte Leistung bei Wind auf bis zu 1,3 Mio. MW und bei der Photovoltaik auf 700.000 MW an, also das 20-fache der heutigen Leistung.

// Chancen für die deutsche Wirtschaft

Die Internationale Energie-Agentur geht davon aus, dass mit dem Ausbau erneuerbarer Energien im Strommarkt in den nächsten 25 Jahren ein Investitionsvolumen von insgesamt 5.700–6.900 Mrd. US\$ verbunden ist. Davon können deutsche Unternehmen erheblich profitieren, denn sie sind in vielen Bereichen führend.

// Global market development for renewable energy sources

It is essential that, in the long term, photovoltaic electricity generation costs of well below 10 c/kWh are reached for countries with an abundance of solar irradiation, so that a self-sustaining photovoltaic market can be established. A similar development has already been taking place in the field of wind energy for several years now. In the meantime, over 200,000 MW of wind capacity have been installed worldwide, covering about 2 % of the global demand for electricity. It is expected that in ten years' time, wind energy could cover about 10 % of the global demand. Solar technologies are now within the range of 35,000 MW of installed capacity but are considered key to the further global development. It is interesting to note that this assessment, in addition to many other studies, is shared by the International Energy Agency (IEA) in their latest World Energy Outlook 10 (see fig. 9). Depending on the scenario, the world's installed wind energy capacity will increase to up to 1.3 million MW and the photovoltaic capacity to 700,000 MW -20 times the capacity today.

// Opportunities for the German economy

The International Energy Agency estimates that the expansion of renewable energy during the next 25 years will bring about a total investment of 5,700–6,900 billion US\$ into the electricity market. German companies could profit from this as they are leading in several areas. The wind energy industry generated a



So erwirtschaftete die Windbranche im Jahr 2009 mit etwa 100.000 Arbeitsplätzen bei einer Exportquote von 75 % einen Umsatz von 6,4 Mrd. €. Daneben dürfte Deutschland beim Photovoltaik-Produktionsanlagenbau oder bei Wechselrichtern nach wie vor einen Weltmarktanteil von rund 50 % haben.

Beide Bereiche zeigen, dass die Chance für die deutsche Wirtschaft besonders im Bereich der technologisch anspruchsvollen Komponenten, Anlagen und Systeme liegt. Nach einer Untersuchung zu den Beschäftigungswirkungen der Erneuerbare-Energien-Branche, an der auch das ZSW beteiligt war, kann sich unter günstigen Rahmenbedingungen die Zahl der Arbeitsplätze bis 2030 auf bis zu 600.000 in etwa verdoppeln. Dies setzt aber voraus, dass die guten Rahmenbedingungen für die Unternehmen in Deutschland erhalten bleiben und der Umbau der Energieversorgung fortgesetzt wird. Als Impulsgeber kommt der Wissenschaft dabei eine wichtige Funktion zu. Mit welchem Engagement und welchen Erfolgen die Wissenschaftler und Ingenieure des ZSW diese Aufgabe erfüllen, zeigen die Berichte aus unseren Fachgebieten im vorliegenden Jahresbericht.

total revenue of about € 6.4 billion in 2009 – with about 100,000 jobs and an export quota of 75%. In addition, Germany is likely to retain a global market share of about 50% in photovoltaic systems manufacture and inverters.

Both areas show that there is a chance for the German economy especially in the areas of technologically sophisticated components, plants and systems. According to a study on the employment effects of the renewable energy industry, in which the ZSW was involved, the number of jobs could double to approximately 600,000 by 2030 under favourable conditions. ¹¹ This presupposes, however, that the appropriate framework conditions for companies in Germany remain intact and that the transformation of the energy supply system is continued. Science plays an important role here, as it is a driving force. The reports on the various fields of activity in this annual report bear witness to the commitment and the successes with which the scientists and engineers at the ZSW perform this task.

- ¹ www.erneuerbare-energien.de/inhalt/46202
- www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/energiekonzept_bundesregierung.pdf
- 3 www.fvee.de/fileadmin/politik/10.06_FVEE-Eckpunktepapier.pdf
- 4 www.bmwi.de/Dateien/BMWi/PDF/nationaler-entwicklungsplan-elektromobilitaet-der-bundesregierung,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf
- www.bmu.de/erneuerbare_energien/downloads/doc/40508.php
- www.energiekonzept-bw.de/
- www.uvm.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/76162/
- www.bmu.de/erneuerbare_energien/downloads/doc/46978.php
- $^9\ www.zsw-bw.de/fileadmin/ZSW_files/Infoportal/Presseinformationen/docs/pi11-2010-ZSW-Weltrekord2-DS-CIGS.pdf$
- www.iea.org/publications/free_new_Desc.asp?PUBS_ID=2311
- 11 www.bmu.de/erneuerbare_energien/downloads/doc/46538.php

// Authors Dr. Frank Musiol Prof. Dr. Frithjof Staiß

// Standorte Locations



// Stuttgart



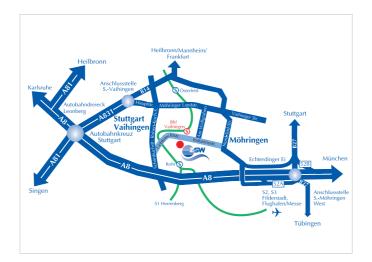
Industriestraße 6 70565 Stuttgart

Ansprechpartner / Contact

Claudia Brusdeylins

Phone: +49(0)7117870-278

E-Mail: claudia.brusdeylins@zsw-bw.de



// Widderstall



Widderstall 14 89188 Merklingen

Ansprechpartner / Contact

Olaf Schanz

Phone: +49 (0) 7337 92 394-0 E-Mail: olaf.schanz@zsw-bw.de

// Ulm

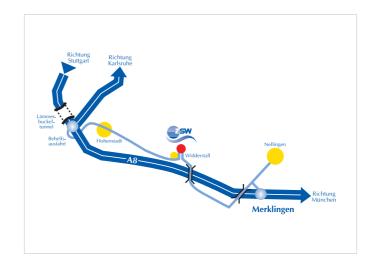


Helmholtzstraße 8 89081 Ulm

Ansprechpartner / Contact

Tiziana Bosa

Phone: +49(0)7319530-601 E-Mail: tiziana.bosa@zsw-bw.de





Stuttgart:

Industriestraße 6 70565 Stuttgart

Fon: +49(0)7117870-0 Fax: +49(0)7117870-100

www.zsw-bw.de

Solar-Testfeld Widderstall:

Widderstall 14 89188 Merklingen

Fon: +49(0)7337 92 394-0 Fax: +49(0)7337 92 394-20

www.zsw-bw.de

Ulm:

Helmholtzstraße 8 89081 Ulm

Fon: +49(0)7319530-0 Fax: +49(0)7319530-666

www.zsw-bw.de

Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg Zertifiziert nach DIN EN ISO 9001:2008

