

ERNEUERBARE ENERGIEN

VBI-Leitfaden

Impressum

Herausgeber

Verband Beratender Ingenieure VBI
Budapester Str. 31
10787 Berlin
Fon: 030.26062-0
Fax: 030.26062-100
Mail: vbi@vbi.de
www.vbi.de

Verantwortlich

VBI, Berlin

Redaktion

RENAC, Berlin

Gestaltung und Satz

VBI, Berlin

© 2019

Verband Beratender Ingenieure VBI
Alle Rechte vorbehalten

Erneuerbare Energien VBI-Leitfaden
2. Auflage, Feb. 2019

Wichtiger Hinweis: Die Inhalte dieser Broschüre sind nicht als Rechtsberatung aufzufassen. Das Lesen dieser Broschüre kann eine umfassende Rechtsberatung nicht ersetzen.

Erneuerbare Energien VBI-Leitfaden

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	8
2	Marktsituation und aktuelle Zahlen für die Erneuerbaren Energien	10
2.1	Bestandsaufnahme der Energiewende in Deutschland	14
2.2	Internationale Klimapolitik und Emissionshandel.....	17
2.3	Anreizmechanismen.....	28
3	Die Technologien	34
3.1	Die kombinierte Nutzung erneuerbarer Energien	34
3.1.1	Solarthermische Wärmebereitstellung.....	37
3.1.2	Solarthermische Stromerzeugung	40
3.1.3	Photovoltaik	46
3.1.4	Biomasse.....	49
3.1.5	Biogasanlagen.....	52
3.1.6	Windenergie On- und Offshore und ihre Netzanbindung	56
3.1.7	Geothermie	59
3.1.8	Wasserkraft	69
3.1.9	Hybridsysteme	74
3.1.10	Kraft-Wärme-Kopplung	81
3.2	Verteilung	86
3.2.1	Stromnetze - Herausforderungen durch erneuerbare Energien	86
3.2.2	Gasnetze.....	105
3.2.3	Wärme- und Kältenetze	106
3.3	Speicherung.....	109
3.3.1	Mechanische Speicherung	109
3.3.2	Thermische Speicherung.....	118
3.3.3	Elektro-/Elektrochemische Speicherung.....	124
3.3.4	Chemische Speicherung.....	132
3.3.5	Untergroundspeicherung	139
4	Planung und Realisierung	144
4.1	Vorgehensweise bei Einführung und Ausbau der erneuerbaren Energien ...	144
4.2	Ingenieurdienstleistungen	149
4.3	Potenzialanalyse erneuerbare Energien	152
4.4	Bedarfsanalyse	156
4.5	Standortwahl und Trassenfindung	159
4.6	Projektmanagement	161
4.7	Bankable Feasibility Study	166
4.8	Energienutzungsplan.....	168
4.9	Akzeptanzmanagement für internationale Infrastrukturprojekte	171
5	Wirtschaftlichkeit und Finanzierung	176
5.1	Kosten der erneuerbaren Energien im Vergleich.....	176
5.2	Projektfinanzierung und ingenieurtechnischer Beitrag.....	181
5.3	Fördermöglichkeiten von erneuerbaren Energieprojekten.....	187
5.4	Independent Power Producer Strukturen	189
5.5	Lokale und regionale Direktvermarktung von Solarstrom.....	191
6	Vergütung und Ingenieurdienstleistungen	196
7	Abkürzungen	200

Autoren

Oliver Baudson; TSK Flagsol
M. Eng. Francois Botreau; Lahmeyer International GmbH
Dipl.-Ing. Arch. Bettina Dittemer; atelier4d Architekten
Dr. Stefan Drenkard; Lahmeyer International GmbH
Dipl.-Ing. (TU) Dr. h.c. Adolf Feizlmayr; ILF Beratende Ingenieure GmbH
Dr. rer. nat. Ulrich R. Fischer; Brandenburgische Technische Universität Cottbus
M.Sc. Wi.-Ing. Paul Freunsch; GOPA-International Energy Consultants GmbH
Dipl.-Ing. Reinhard Fritzer; ILF Beratende Ingenieure GmbH
M.Sc. Julia Hage; Fichtner GmbH & Co. KG
B.Sc. Econ Philipp Alexander Hiersemenzel; Aggreko Microgrid & Storage Solutions und Lumenion
M.Sc. Jerrit Hilgedieck; Technische Universität Hamburg-Harburg (TUHH)
Dipl.-Ing. Ingolf Hoffmann; Lahmeyer International GmbH
Jürgen Hogrefe; hogrefe consult
Prof. Martin Kaltschmitt; Technische Universität Hamburg-Harburg (TUHH)
M.Sc. Michel Kneller; ILF Beratende Ingenieure GmbH
Dr.-Ing. Andreas Koch; EIFER Europäisches Institut für Energieforschung
Dipl. Wirtsch.-Ing. Jens Kottsieper; ILF Beratende Ingenieure GmbH
Dipl.-Ing. Thomas Kraneis; Verband Beratender Ingenieure VBI
Dr. Enrique Kremers; EIFER Europäisches Institut für Energieforschung
Dipl.-Ing. Fabian Kuhn; Fichtner GmbH & Co. KG
M.Sc. Renewable Energy Alex Loosen; Lahmeyer International GmbH
M.Sc. Annika Magdowski; Technische Universität Hamburg-Harburg (TUHH)
Dr. Atom Mirakyan; Lahmeyer International GmbH
Dipl.-Ing. Hans Neumeister; ILF Beratende Ingenieure GmbH
Dipl.-Ing. Henry Och; Dr. Born - Dr. Ermel GmbH - Ingenieure
Dipl.-Ing. Heiko Peters; Dr. Born - Dr. Ermel GmbH - Ingenieure
Dipl.-Ing. Christopher Vagn; Philipsen Drees & Sommer
Prof. Dr. rer. nat. Dipl.-Geol. Ingo Sass; Technische Universität Darmstadt
Dipl.-Geol. Steffen Schmitz, DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH
Dr.-Ing. Dirk Schramm; Ingenieurbüro für Energiewirtschaft
Dipl.-Ing. Heiner Schröder; Dr. Born - Dr. Ermel GmbH - Ingenieure

LL.M. (Boston) Thomas Schubert; Dentons Europe LLP
Prof. Dr.-Ing. Harald Schwarz; Brandenburgische Technische Universität Cottbus
M.Sc. Manuel Seidenkranz; ILF Beratende Ingenieure GmbH
Dipl.-Psych. Christian Semmler; Alternative Energien Wachsen
Dipl.-Ing. Arno Stomberg; Dr. Born - Dr. Ermel GmbH - Ingenieure
Univ. Prof. Dipl. Ing. Dr. techn. Wolfgang Streicher; Universität Innsbruck
M.Sc. (GIS) Ing. Walter Walkobinger; ILF Beratende Ingenieure GmbH
Mag. Manfred Watzal; ILF Beratende Ingenieure GmbH
Prof. Dr.-Ing. Andreas Wiese; GOPA-International Energy Consultants GmbH
Dr. Sc. ETH Mech. Eng. Giw Zanganeh; ALACAES SA

Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser,

die globale Erderwärmung soll bis 2050 auf unter 2 Grad begrenzt werden. Dieses Ziel wurde auf der Pariser Klimakonferenz festgelegt und ist nur durch die konsequente Implementierung von klimafreundlichen Energielösungen möglich. Erneuerbare Energien und Energieeffizienz senken die Abhängigkeit von fossilen Ressourcen, leisten einen Beitrag zum Klimaschutz und helfen dabei, Kosten zu senken und die Wettbewerbsfähigkeit zu stärken.

Aus den Erfahrungen mit der deutschen Energiewende wissen wir, dass die Verknüpfung von unterschiedlichen Quellen erneuerbarer Energien, Strom- und Wärmenetzen, Energiespeichern und innovativen Technologien zu intelligenten Energiesystemen immer bedeutender wird. Die Digitalisierung spielt dabei für eine sichere Energieversorgung mit hohen Anteilen volatiler erneuerbarer Energien eine zentrale Rolle.



Der VBI-Leitfaden erklärt die Bandbreite der Technologien, die für eine Energiewende geeignet und unerlässlich sind. Dieses Grundverständnis ist wichtig für die Planung einer zukunftsweisenden, modernen und klimafreundlichen Energieversorgung mit erneuerbaren Energien und Energieeffizienz als die wichtigsten Säulen einer Energiewende. Er führt durch die einzelnen Phasen der Planung und Realisierung solcher oftmals komplexen Projekte und gibt wertvolle Hinweise zu Finanzierungsfragen, aber auch zur notwendigen transparenten Kommunikation in Bezug auf Infrastrukturprojekte.

Der VBI-Leitfaden richtet sich an Entscheidungsträger und Projektbeteiligte wie lokale Politiker, Ingenieure, Architekten, Investoren und Dienstleister insbesondere auch im Ausland, um sie an den Erkenntnissen aus der deutschen Energiewende und dem daraus resultierenden Know-how teilhaben zu lassen.

Die Exportinitiative Energie hat den VBI gerne bei der Realisierung dieses Leitfadens finanziell unterstützt. Mit dieser Initiative will das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie dazu beitragen, dass durch die Verbreitung deutscher klimafreundlicher Energietechnologien und -dienstleistungen ein Beitrag zum Klimaschutzziel von Paris geleistet wird. Gerade die Kreativität, Kompetenz und Innovationskraft der Ingenieure ist der Schlüssel zum Erfolg.

Ich wünsche Ihnen eine interessante und hilfreiche Lektüre!

Christina Wittek

Referatsleiterin Exportinitiative Energie, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

1 Einleitung

Adolf Feizlmayr, Thomas Kraneis

Auf der Weltklimakonferenz in Paris Anfang Dezember 2015 (COP21) hat sich die Staatengemeinschaft verpflichtet, die globale Erderwärmung auf deutlich unter 2 Grad im Vergleich zu dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen. Über diese Verpflichtung hinaus gibt es das ehrgeizige Ziel aller Verantwortlichen, diesen Temperaturanstieg auf 1,5 Grad zu begrenzen. Die lange Geschichte von der im Jahr 1972 veröffentlichten Studie „Die Grenzen des Wachstums“ des Club of Rome bis zum historischen Durchbruch 2015 wird in Kapitel 2.2 beschrieben.

Um das in Paris 2015 vereinbarte Ziel zu erreichen, bedarf es einer globalen Energiewende, die im Wesentlichen folgende Maßnahmen umfasst:

- Reduzierung des Energieverbrauchs
- Erhöhung der Energieeffizienz
- Reduzierung und/oder Vermeidung des Einsatzes fossiler Energiequellen durch den erhöhten Einsatz erneuerbarer Energien wie Wasserkraft, Windkraft, Solarenergie, Geothermie, Biomasse und Nutzung der Gezeiten.
- Abscheidung von CO₂ aus den Rauchgasen fossiler Brennstoffe und Speicherung untertage (Carbon Capture & Storage) bzw. technische Nutzung (Carbon Capture & Utilisation).

Die Umsetzung der beschriebenen Maßnahmen im Rahmen der Energiewende erfordert Kreativität und Kompetenz von Politikern und Ingenieuren. Die Ausnahme ist die Einsparung von Energie durch Reduzierung des Verbrauchs.

Für die Beratung können positive wie negative Erfahrungen der deutschen Energiewende herangezogen und den besonderen Anforderungen des jeweiligen Landes angepasst werden. Die empfohlene systematische Vorgehensweise und die verfügbaren Ingenieurdienstleistungen bei Einführung und Ausbau von erneuerbaren Energien werden im Kapitel 4 beschrieben. Die größte Herausforderung bei der Umsetzung der Energiewende nach der in Kapitel 4 beschriebenen Vorgehensweise ist die Auswahl eines ausgewogenen Energiemixes, um das international vereinbarte Klimaziel zu erreichen. Dabei geht es aber nicht nur um die Zieldefinition selbst, sondern auch um den Weg dorthin.

Voraussetzung für die Erarbeitung des Energiemixes ist die fundierte Kenntnis aller Technologien, die in Frage kommen, um ein Gesamtkonzept zu entwerfen. Deshalb werden im Kapitel 3 die Technologien der erneuerbaren Energien nach dem aktuellen Stand der Technik behandelt. Weil in vielen Bereichen eine dynamische Entwicklung stattfindet, ist es notwendig, die Energiekonzepte den technischen Entwicklungen kontinuierlich anzupassen, um so den technischen Fortschritt und neueste Forschungsergebnisse zu nutzen.

Auch wenn es das langfristige Ziel der Energiewende ist, fossile Energien komplett durch erneuerbare zu ersetzen, gehören auf dem Weg zur Dekarbonisierung zu einem ausgewogenen Energiemix normalerweise auch fossile Energieträger dazu.

Grundsätzlich wird diese Dekarbonisierung zu einer zunehmenden Elektrifizierung der Energieversorgung führen. Die Beherrschung von naturgegebenen kurzzeitigen Schwankungen im Energieangebot aus Wind und Sonne stellt bei zunehmendem Anteil an erneuerbarer Energie im Energiemix eine große Herausforderung dar. Diese soll durch die Digitalisierung der Energieversorgungssysteme, durch den Ausbau der Netze und durch entsprechende Kurzzeit- und Langzeitspeicher gemeistert werden – hier sind noch viele Forschungsarbeiten und unternehmerischer Pioniergeist erforderlich.

Bei der Konzeption des ausgewogenen Energiemixes und dem entsprechenden Gesamtkonzept der Energieversorgung, geben drei Faktoren den Ausschlag: Absenkung der CO₂-Emissionen, Gewährleistung der Versorgungssicherheit sowie Bezahlbarkeit der Energie. Deshalb behandelt das Kapitel 5 die wirtschaftlichen Gesichtspunkte bei der Umsetzung der Energiewende. Erfreulich aus Sicht des Klimaschutzes: Die erneuerbaren Energien sind bei der Stromerzeugung im Wettbewerb mit fossilen Energieträgern mittlerweile im Vergleich zu neu gebauten fossilen oder atomaren Kraftwerken konkurrenzfähig. Bei deren Markteinführung und in der frühen Ausbauphase waren zum Teil kräftige staatliche Fördermaßnahmen erforderlich. Welche Möglichkeiten es gibt, über finanzielle Anreizmechanismen und Fördermöglichkeiten die Branche der Erneuerbaren Energien zu unterstützen, wird im Kapitel 2.3 beschrieben. Global betrachtet wird es große Unterschiede zwischen den Energiekonzepten geben. In den industrialisierten Ländern geht es um den massiven Umbau ihrer bestehenden Energieversorgung. Ziel ist es, Lösungen zu finden, bei denen die CO₂-Vermeidungskosten möglichst gering sind, damit bei zuverlässiger Versorgungssicherheit die Energie weiterhin bezahlbar bleibt.

In den weniger weit entwickelten Ländern ist anzustreben, die Energieversorgung von vornherein so aufzubauen, dass sie dem Abkommen von Paris entspricht. Weltweit hat immer noch knapp eine Milliarde Menschen keinen Zugang zu elektrischer Energie. Der weitaus überwiegende Teil davon lebt in afrikanischen Staaten südlich der Sahara und in Teilen Asiens. Für die weitere Entwicklung in diesen Regionen ist die Energieversorgung von entscheidender Bedeutung. Ein großer Vorteil, der für die Nutzung erneuerbarer Energien spricht, ist, dass sie sich für dezentrale Lösungen besonders gut eignen.

Allerdings gibt es keine Patentrezepte. Für jedes Land ist ein maßgeschneidertes Energiekonzept erforderlich, welches unter Beachtung der lokalen Bedingungen die Klimaschutzziele des Abkommens von Paris in möglichst optimaler Weise erfüllt.

Die im VBI organisierten, planenden und beratenden Ingenieure entwickeln solche für die Energiewende notwendigen Energiekonzepte und wirken an deren Umsetzung mit.

2 Marktsituation und aktuelle Zahlen für die erneuerbaren Energien

Thomas Kraneis

Die wirtschaftliche Stärke der Erneuerbaren Energien zeigt sich unter anderem an internationalen Beschäftigungseffekten und an der Ökostrom-Produktion: Obwohl die Fertigung weitgehend hochautomatisiert ist, arbeiten Mitte 2018 weltweit 10,5 Mio. Menschen in der Branche. Der jährliche Zuwachs betrug 2017 aus durchschnittlich 5,4 Prozent, wobei es bei der Sonnenenergie knapp 10% waren. Über 70% der neuen Arbeitsplätze entstanden in China, Brasilien, USA, Indien, Deutschland und Japan.

In Deutschland wurden im Jahr 2018 insgesamt mehr als 228 Milliarden kWh Ökostrom erzeugt, der Anteil der Erneuerbaren am Stromverbrauch betrug Deutschland ca. 35%.

Mitte 2018 waren weltweit Photovoltaik (PV) - Anlagen mit einer Leistung von über 400 GW installiert, was in etwa der Leistung von 94 Kernkraftwerken entspricht. Die PV Anlagen können jedoch systembedingt bei gleicher Leistung maximal 1/8 des Stromes der Kernkraftwerke erzeugen.

Die Nutzung von Bioenergie und Erd-/Umweltwärme nimmt bis zu 10% jährlich zu. Insbesondere durch die Bioenergienutzung werden hunderttausende Arbeitsplätze in ländlichen Gebieten geschaffen. Optimierte Bohrtechniken machen auch die Geothermie immer wirtschaftlicher. Die Bohrkosten aus Geothermie liegen mittlerweile bei weniger als 3 US Cent per kWh.

Somit waren Ende 2017 weltweit 2.345 GW zur Stromerzeugung aus regenerativen Energien installiert.

Weltweit werden im Bereich Erneuerbare Energien mehr Investitionen getätigt, als für traditionelle Kraftwerken mit fossilen Brennstoffen. Das Verhältnis beträgt momentan etwa 65 zu 35% zugunsten der Erneuerbaren Energien. Berücksichtigt sind darin auch alle Wasserkraftwerksprojekte. Gerade in diesem Bereich hat beispielsweise Afrika noch viel Potenzial: Bisher wird dort weniger als 10% der möglichen Wasserkraftpotenziale genutzt.

Immer mehr nationale und internationale Finanzinstitute lehnen eine Finanzierung von Kraftwerken ab, die mit fossilen Brennstoffen betrieben werden. Dies führt mittlerweile zu dramatischen Einbrüchen bei den Bestellungen im Bereich fossiler Kraftwerke. Die schlechte Auftragslage hat bereits zu Freistellungen von Arbeitskräften weltweit geführt.

Begünstigt wird der Ausbau der erneuerbaren Energietechnologien einerseits durch finanzstrategische Entscheidungen von Banken, Kraftwerke mit fossilen Brennstoffen nicht mehr zu finanzieren. Andererseits erleichtern aktuell niedrige Zinsen die Geldbeschaffung in vielen Teilen der Welt. Dieser Trend unterstützt das Ziel, die negativen Auswirkungen des Klimawandels zu begrenzen.

Technologie	Installierte Leistung
Wasserkraft	1.267 GW
Meeresenergie	547 MW
Windenergie	539 GW
Solarenergie	
Thermische Leistung	472 GW
Solarthermische Stromerzeugung	5,1 GW
Photovoltaische Stromerzeugung	397 GW
Geothermie	
Wärmeerzeugung	79 GW
Oberflächennahe Geothermie	56 GW
Tiefe Geothermie	23 GW
Stromerzeugung	14 GW
Biomasse	314 GW
Biogas	25 GW
Verstromung von Biomasse	112 GW
Kraftstoffbereitstellung	
Bioethanol	105,5 Mrd. Liter
Biodiesel	36,6 Mrd. Liter

Tabelle 2.1: Installierte Leistung erneuerbare Energietechnologien | Quelle: BWK, Erneuerbare Energien Special 7/8 – 2018

Mit dem Klimaschutzübereinkommen der Pariser Klimaschutzkonferenz (COP21), welches im Jahr 2016 in Kraft trat, ist das Ziel erreichbar, den globalen Temperaturanstieg auf maximal 2 Grad bis 2030 durch den vermehrten Einsatz erneuerbarer Energien zu begrenzen. Viele nationale sowie internationale Anstrengungen und Vereinbarungen markieren den Weg. Allerdings verläuft der beabsichtigte weltweite Ausstieg aus der Kohlenutzung schleppend und bleibt eine große Herausforderung bei der Energiewende. Dementsprechend werden sich die CO₂-Emissionen nur langsam senken lassen. Die Eismassen schmelzen zwar langsam, aber unaufhaltsam. Der Meeresspiegel wird künftig ansteigen und große Flächen überfluten. Die dort lebenden Menschen müssen evakuiert und umgesiedelt werden. Allein aus Bangladesch werden in den nächsten 30-50 Jahren zirka 80 Millionen Menschen flüchten müssen.

Durch die zunehmende Massenproduktion von Produktionstechnik und Endprodukten im Bereich erneuerbare Energien sind Investitionskosten bei Herstellern und Nutzern stark gesunken. Beispiel Solarenergie: Die Produktionskosten von PV-Anlagen und CSP-Technik sanken in den letzten 15 Jahren um knapp 90%. Die Massenproduktion von PV-Modulen in Asien hat Weltmarktpreise ermöglicht, die vor 10 Jahren noch undenkbar schienen. Künftig sind weitere Kostenreduktionen zu erwarten.

Ähnlich ist die Situation bei der Windenergie. Besonders die Größe der Einzelanlagen von bis zu 10 MW im Offshore-Bereich hat starke Preisreduktionen mit sich gebracht. Auch in anderen Bereichen der erneuerbaren Energien sind vergleichbare Trends zu erkennen. Profitieren wird hiervon besonders die ländliche Elektrifizierung, wo erneuerbare En

Mit dem Klimaschutzübereinkommen der Pariser Klimaschutzkonferenz (COP21), welches im Jahr 2016 in Kraft trat, ist das Ziel erreichbar, den globalen Temperaturanstieg auf maximal 2 Grad bis 2030 durch den vermehrten Einsatz erneuerbarer Energien zu begrenzen. Viele nationale sowie internationale Anstrengungen und Vereinbarungen markieren den Weg. Allerdings verläuft der beabsichtigte weltweite Ausstieg aus der Kohlenutzung schleppend und bleibt eine große Herausforderung bei der Energiewende. Dementsprechend werden sich die CO₂-Emissionen nur langsam senken lassen. Die Eismassen schmelzen zwar langsam, aber unaufhaltsam. Der Meeresspiegel wird künftig ansteigen und große Flächen überfluten. Die dort lebenden Menschen müssen evakuiert und umgesiedelt werden. Allein aus Bangladesch werden in den nächsten 30-50 Jahren zirka 80 Millionen Menschen flüchten müssen.

Durch die zunehmende Massenproduktion von Produktionstechnik und Endprodukten im Bereich erneuerbare Energien sind Investitionskosten bei Herstellern und Nutzern stark gesunken. Beispiel Solarenergie: Die Produktionskosten von PV-Anlagen und CSP-Technik sanken in den letzten 15 Jahren um knapp 90%. Die Massenproduktion von PV-Modulen in Asien hat Weltmarktpreise ermöglicht, die vor 10 Jahren noch undenkbar schienen. Künftig sind weitere Kostenreduktionen zu erwarten.

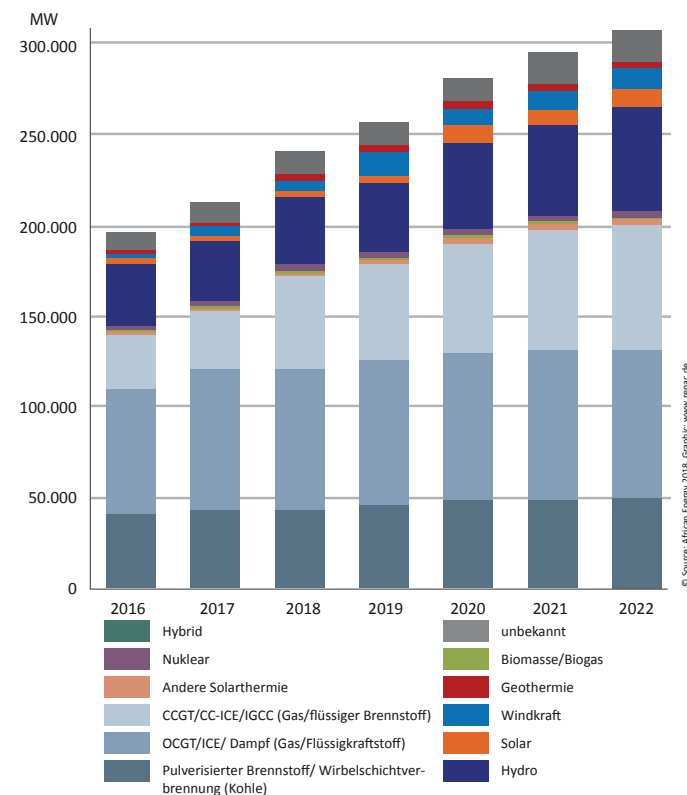


Abb. 2.1: Installed Capacity by Technology Type in Africa 2016 – 2022 | Quelle: African Energy 2018

Ähnlich ist die Situation bei der Windenergie. Besonders die Größe der Einzelanlagen von bis zu 10 MW im Offshore-Bereich hat starke Preisreduktionen mit sich gebracht. Auch in anderen Bereichen der erneuerbaren Energien sind vergleichbare Trends zu erkennen. Profitieren wird hiervon besonders die ländliche Elektrifizierung, wo erneuerbare Energien ihren Anteil an der Elektrizitätserzeugung weiter steigern werden. So sind mittlerweile Power Purchase Agreements (PPA) mit erneuerbaren Energien absolut konkurrenzfähig zu traditionellen Technologien. Sie ermöglichen inzwischen Energiepreise für die Verbraucher zwischen 3,5 bis 5 US Cent pro kWh. Dieser Trend ist besonders in den USA, Vereinigten Arabischen Emiraten und dem Königreich Saudi-Arabien ausgeprägt.

2.1 Bestandsaufnahme der Energiewende in Deutschland

Thomas Kraneis

Die Umsetzung der deutschen Energiewende wird erfolgreich sein, wenn die Energieeffizienz gesteigert werden kann, der Ausbau erneuerbarer Energien weiter voranschreitet und Energieeinsparungen umgesetzt sowie das Thema Speicherung gelöst werden können. Dieses Kapitel konzentriert sich auf den Ausbau der erneuerbaren Energien, insbesondere auf die so genannte Stromwende.

Die Stromwende in Deutschland ist eine Erfolgsgeschichte. Im Jahre 2018 werden erneuerbare Energien erstmals einen Marktanteil an der Stromerzeugung in Deutschland von knapp 40% erreichen. Dies liegt neben dem gestiegenen Zubau in den vergangenen Jahren auch an der günstigen Witterung in 2018 – sowohl Wind, als auch Sonneneinstrahlung sind 2018 besonders hoch. Generell gilt: Die Stromerzeugung aus Windenergieanlagen, On- und Offshore, liefert mit 16,3% den größten Anteil der erneuerbaren Energietechnologien an der Bruttostromerzeugung. Photovoltaik sowie Biomasse werden mit über 13% besonders stark vertreten sein.

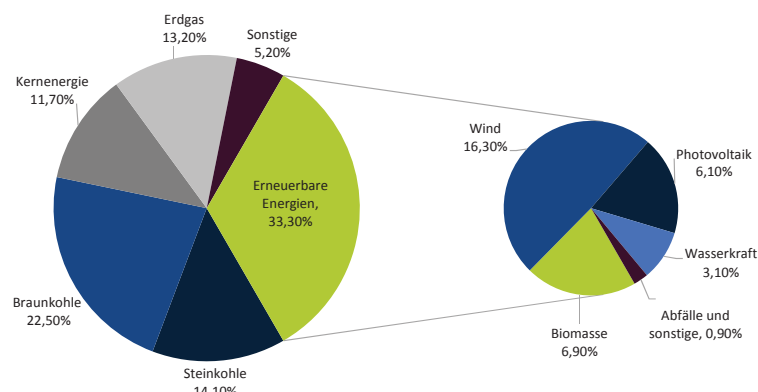


Abb. 2.1.1: Bruttostromerzeugung in Deutschland 2018 | Quelle: Weltenergieat Deutschland 2018

Knapp 27 Mrd. Euro insgesamt, davon gut 17 Mrd. Euro für Strom werden 2018 in Deutschland in die Errichtung von erneuerbaren Energieanlagen investiert. In dieser Branche gibt es Mitte 2018 deutschlandweit über 350 Tsd. Arbeitsplätze. Nach wie vor liefern jedoch mit einem Anteil von ca. 67% fossile Brennstoffe und Kernkraft den Löwenanteil zur Stromerzeugung in Deutschland.

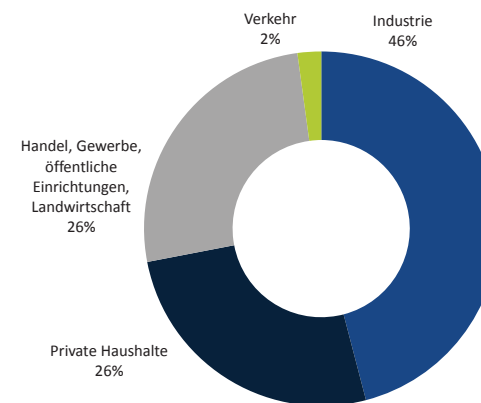


Abb. 2.1.2: Anteile der Sektoren am Nettostromverbrauch Deutschland 2017 | Quelle: Weltenergieat Deutschland 2018

Für 2017 hat der BDEW (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.) folgende Volllaststunden ermittelt: Der deutsche Netto-Stromverbrauch von 530 TWh (ohne Netzverluste und Kraftwerkseigenverbrauch) verteilte sich 2017 auf Industrie (46,9%), private Haushalte (26,6%), Handel, Gewerbe, öffentliche Einrichtungen und Landwirtschaft (26,4%) sowie Verkehr (2,2%). BDEW

Technologie	Volllaststunden 2017
Kernenergie	6.880
Braunkohle	6.490
Biomasse	5.720
Lauf- und Speicherwasser	3.570
Steinkohle	3.570
Windkraft offshore	3.690
Erdgas	2.820
Windkraft onshore	1.820
Erdöl	1.130
Pumpwasserkraftwerke	1.020
Photovoltaik	940

Tabelle 2.1.1: Volllaststunden von Anlagen zur Stromerzeugung in Deutschland 2017 | Quelle: BDEW

Insgesamt 70% des deutschen Energieverbrauchs wurde 2017 durch Importenergie abgedeckt. Die Russische Föderation ist dabei der wichtigste Rohstofflieferant. Erneuerbare Energien haben 2017 über 36% der Stromerzeugung geliefert und somit zu einer Einsparung fossiler Brennstoffimporte von mehr als 10 Mrd. Euro beigetragen.

Da alle deutschen Kernkraftwerke bis 2022 abgestellt werden, muss die entstehende Versorgungslücke bei installierter Leistung und Stromerzeugung entweder durch die Nutzung von fossilen Primärenergieträgern wie Kohle oder Erdgas ersetzt werden oder durch erneuerbare Energiequellen, Effizienzsteigerungen und Einsparungen. Aus heutiger Sicht wird der Kapazitätszuwachs sowohl in der Windkraft als auch in der PV und sonstiger erneuerbaren Energien bis 2022 diese entstehende Lücke schließen können.

Ende Februar 2018 waren nach Informationen von BDEW, VGB, Bundesnetzagentur (BNetzA) und Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE) insgesamt 215.846 MW in Deutschland installiert, mehr als 50% in den Technologien der erneuerbaren Energien.

Insgesamt gibt es in Deutschland 1,6 Mio. Strom erzeugende Haushalte, die den Energieversorgungsunternehmen (EVU) gleichgestellt sind. Meistens sind es PV-Dachanlagen, die Strom erzeugen. Bevorzugt wird der erzeugte Strom selbst genutzt, überschüssiger Strom fließt in die Netze und wird entsprechend der Verträge von den Netzbetreibern vergütet.

Hintergrund für das wachsende Interesse an der Selbstversorgung mit Strom aus Solarenergie: Energiesteuern, EEG-Umlage und Abgaben in Deutschland sind im Vergleich zu anderen Industriestaaten so hoch, dass die Selbstversorgung für Privatpersonen wirtschaftlich sinnvoller ist als der Strombezug aus dem Netz.

Durch die von der Bundesregierung seit 2016 initiierten Ausschreibungsverfahren für erneuerbaren Energiekapazitäten werden die finanziellen Förderungen für Windkraft-, und PV-Anlagen deutlich sinken. Offshore Windkraftanlagen mit Einzelleistungen von bis zu 10 MW sind schon heute nicht mehr von Fördermitteln abhängig. Es finden sich internationale Investoren für Offshore Windparks in den deutschen Hoheitsgewässern. Diese modernen Windkraftanlagen im Meer sind höher als 145 m. Die durchschnittliche Nabenhöhe der neuesten Anlagen liegt über 100 m.

Der 2016 noch rechtzeitig zur UN-Klimakonferenz in Marrakesch vom deutschen Kabinett verabschiedete Klimaschutzplan für 2050 bildet die Grundlage für die Umsetzung der langfristig angelegten Klimaschutzstrategie Deutschlands. Er bietet Orientierung für alle Akteure in Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft. Ob die mit dem Plan angestrebte Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft zur weitgehenden Treibhausgasneutralität tatsächlich bis 2050 realisierbar sein wird, ist allerdings noch nicht absehbar.

Deutschland hat als Industrieland sehr hohe Stromkosten. Dies führt immer stärker dazu, dass stromintensive Produktionen ins Ausland abwandern. Die Bundesregierung ver-

sucht, diesem Trend durch Sondervereinbarungen mit der Industrie entgegenzuwirken. Neben Dänemark hat Deutschland die höchsten Haushaltstarife für Strom.

Nach wie vor ist die Frage der Energiespeicher nur rudimentär gelöst. Hier müssen weitere Technologien durch Forschung entwickelt werden, sodass die erneuerbaren Energien sich in die Sektor-Kopplung, der Vernetzung der energiewirtschaftlichen Sektoren Strom, Wärme und Mobilität, einbringen können. „Unter Sektorenkopplung wird die Vernetzung der Sektoren der Energiewirtschaft sowie der Industrie verstanden, die gekoppelt, also in einem gemeinsamen holistischen Ansatz optimiert werden“ [1].

Nur wenn die Energiespeicherproblematik gelöst wird, ist mit einer Reduktion der notwendigen Reserveleistung zu rechnen.

2.2 Internationale Klimapolitik und Emissionshandel

Thomas Schubert

Von Rio über Kyoto nach Paris

Die Anfänge der Weltklimapolitik gehen zurück auf die zweite Hälfte des vergangenen Jahrhunderts.

Es war wohl die im Auftrag des Club of Rome von Donella und Dennis Meadows erstellte und im Jahr 1972 veröffentlichte Studie „Die Grenzen des Wachstums“, welche die Weltbevölkerung wachrüttelte und insbesondere in den wesentlichen Industrieländern ein Umdenken auslöste bzw. die Gesellschaften zumindest für das Thema Umweltschutz und Nachhaltigkeit sensibilisierte. Auch wenn in der ursprünglichen Studie die Klimawirkung von Treibhausgasen noch nicht abschließend berücksichtigt worden war, so wurden doch die Folgen der Ausbeutung von Rohstoffreserven und der Zerstörung von Lebensraum behandelt. Eine der Schlussfolgerungen der Studie lautete, dass die absoluten Wachstumsgrenzen zum Ende des 21. Jahrhunderts erreicht sein werden, sofern die Zunahme der Weltbevölkerung, Industrialisierung, Umweltverschmutzung, Nahrungsmittelproduktion und Ausbeutung von Rohstoffen unverändert bleibt. Je eher sich die Weltbevölkerung jedoch dazu entschließt, umzudenken und einen ökologischen und wirtschaftlichen Gleichgewichtszustand herzustellen, desto wahrscheinlicher kann dieser auch erreicht werden. Hierfür sei eine internationale Zusammenarbeit zur Umsetzung globaler Maßnahmen erforderlich.

Einige Jahrzehnte später fand im Juni 1992 in Rio de Janeiro die erste internationale Umweltkonferenz, die UN-Konferenz über Umwelt und Entwicklung (United Nations Conference on Environment and Development, UNCED) statt. Auf dieser wurden von Vertretern aus 178 Staaten die Rahmenbedingungen für eine globale Entwicklungs- und Umweltpolitik geschaffen. Unter anderem verabschiedeten die Delegierten dort die

Klimarahmenkonvention (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC), welche die völkerrechtliche Grundlage für die internationalen Klimaverhandlungen bildet. Die Klimarahmenkonvention ist mittlerweile von 190 Staaten ratifiziert. Höchstes Gremium der Klimarahmenkonvention ist die Vertragsstaatenkonferenz (Conference of the Parties, COP), welche seit 1995 jährlich tagt.

1997 fand in Kyoto die 3. Vertragsstaatenkonferenz (COP3) statt. Im Ergebnis der Konferenz wurde das so genannte Kyoto-Protokoll verabschiedet. Dieses sieht eine Reduktion des Treibhausgas-Ausstoßes der Industrieländer vor. Ebenso verpflichteten sich die teilnehmenden Industrieländer einen Fonds einzurichten, um Projekte zur Anpassung an die Folgen der Erderwärmung zu finanzieren. Auch wurden flexible Mechanismen zur Erreichung der Reduktionsziele vereinbart. Das Kyoto-Protokoll ist 2005 in Kraft getreten. Es ist auf der 18. Vertragsstaatenkonferenz in Doha (COP18) bis zum Jahr 2020 verlängert worden.

Zu den im Kyoto-Protokoll enthaltenen flexiblen Mechanismen zählen der Clean Development Mechanism (CDM) sowie die Joint Implementation (JI). Ansatz ist hier, dass es nicht zwingend erforderlich ist, Emissionen dort zu vermeiden, wo sie im jeweiligen Land entstehen. Vielmehr können sie – was volkswirtschaftlich sinnvoller sein kann – dort vermieden werden, wo die Kosten hierfür am geringsten sind. Staaten können sich somit CO₂-Vermeidungen aus anderen Ländern gutschreiben lassen, sofern die Investitionen dazu aus dem eigenen Land kommen. Ferner bildet das Kyoto-Protokoll die Grundlage für den internationalen Emissionshandel, der es Industrieländern erlaubt, untereinander mit Emissionsrechten zu handeln. Hierdurch soll eine Reduktion der weltweiten Treibhausgasemissionen erreicht werden.

Um auch für die Zeit nach 2020 weiterhin global den Klimaschutz voranzubringen, waren neue Vereinbarungen erforderlich, die von der Mehrzahl der Staaten mitgetragen werden konnten. Daher wurde auf der 20. Vertragsstaatenkonferenz in Lima (COP20) der Entwurfstext für die Konferenz von Paris vorbereitet. Ziele sind dabei die Emissionsminderung, Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel, die Klimafinanzierung, Technologieentwicklung und -transfer sowie eine erhöhte Transparenz bei der Überprüfung der Umsetzung von vereinbarten Maßnahmen. Die Vertragsstaaten waren aufgerufen, bis zur Konferenz in Paris beabsichtigte nationale Beiträge zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen (Intended Nationally Determined Contribution, INDC) zu unterbreiten.

Paris – COP21

Den Wendepunkt hin zu einer nachhaltigen weltweiten Klimapolitik brachte die 21. Vertragsstaatenkonferenz, die Welt-Klimakonferenz in Paris Anfang Dezember 2015 (COP21).

Der damalige US-Präsident Barak Obama bezeichnete das Abkommen als „turning point for the world“. Denn auf der Pariser Klima-Konferenz wurde von den Vertragsstaaten der Klimarahmenkonvention ein Klimaschutzabkommen beschlossen, in dem verbindlich vereinbart ist, die globale Erderwärmung auf deutlich unter 2 Grad im Vergleich zu dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen. Ferner sollen gemeinsame Anstrengungen unternommen werden, den Temperaturanstieg auf 1,5 Grad zu begrenzen, da mit einer Erwärmung um 2 Grad bereits erhebliche Risiken für bestimmte Länder verbunden sind.

Die teilnehmenden Staaten kamen überein, dass zur Erreichung dieses Ziels die Treibhausgas-Emissionen massiv zurückgefahren werden müssten. Die Netto-Treibhausgas-Emissionen sollen im Zeitraum 2045 bis 2060 auf Null reduziert werden. Auch wird es künftig erforderlich sein, das bereits emittierte CO₂ wieder aus der Atmosphäre zu entfernen. Um eine Erderwärmung von weniger als 1,5 Grad zu erreichen, müsse umgehend eine konsequente Klimaschutzpolitik umgesetzt werden. Diese erfordert, die Verbrennung fossiler Energieträger bis 2040 komplett einzustellen, was auch eine vollständige Umstellung der Energieversorgung auf erneuerbare Energien bedeutet.

Basis für die Reduzierung der Treibhausgasemissionen bilden dabei die freiwilligen Mindestverpflichtungen der jeweiligen Vertragsstaaten (INDC). Die konkrete Zielhöhe wird von den Vertragsstaaten individuell und selbständig festgelegt. Diese Klimaziele sollen ab 2025 und dann im 5-Jahres-Rhythmus angepasst werden, wobei die jeweiligen Beiträge so ehrgeizig wie möglich sein und über die bisherigen Anstrengungen der einzelnen Staaten hinausgehen sollen. Die Vertragsstaaten sollen Klimaschutzpläne vorlegen, die alle fünf Jahre zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen sind. In Deutschland sind die Ziele und Umsetzungsmaßnahmen der Bundesregierung im Klimaschutzplan 2050 niedergelegt.

Weiteres Ziel ist auch die Anpassung an den Klimawandel. Für die Umsetzung haben sich die Vertragsstaaten verpflichtet, nationale Anpassungspläne vorzulegen.

Um die Zielerreichung und Einhaltung der Erfüllungsverpflichtungen überprüfen zu können, sollen einheitliche Kontrollinstanzen eingerichtet werden. Vorgesehen ist ein einheitliches und regelmäßiges Berichts- und Überprüfungssystem.

Zur Finanzierung der Klimaschutzmaßnahmen wurde vereinbart, dass Industriestaaten die weniger finanzkräftigen Entwicklungsländer ab dem Jahr 2020 bis 2025 unterstützen. Vereinbart worden sind insgesamt 100 Mrd. USD jährlich, um beim Klimaschutz sowie der Anpassung an die Folgen des Klimawandels zu helfen.

Das Pariser Klimaschutzabkommen wurde im April 2016 von 175 Staaten unterzeichnet, zu denen neben Deutschland auch die USA, China und Indien gehören. Es trat am 4. November 2016 in Kraft, nachdem es durch 55 Staaten, die gemeinsam mehr als 55% der Treibhausgasemissionen weltweit ausmachen, ratifiziert worden war.

Die Ergebnisse der Pariser UN-Klimakonferenz 2015 sind auf Ebene der Vertragsstaaten umzusetzen. Allerdings, so überwältigend die breite Zustimmung und klare Handlungsbereitschaft auf internationaler Ebene auch ist, so schwer fällt es vielen Vertragsstaaten, konkrete Maßnahmen zu ergreifen und nachhaltige Projekte umzusetzen. Hier scheint trotz all der Dringlichkeit zum Handeln noch ein weiter Weg zu gehen zu sein. Bislang reichen die INDC noch nicht aus, um die Erderwärmung unter dem vereinbarten 2-Grad-Ziel zu halten. Der Wille zur Erreichung der Ziele ist jedoch, trotz einiger Rückschläge wie beispielsweise der Ankündigung von Präsident Trump, die USA aus dem Abkommen austreten zu lassen, ungebrochen.

Marrakesch – COP22

Die erfolgreiche Ratifizierung des Pariser Abkommens brachte Aufwind für die sich im November 2016 anschließende 22. Vertragsstaatenkonferenz in Marrakesch (COP 22). Die damalige Bundesumweltministerin Barbara Hendricks führte zutreffend aus: „In standen die Zeichen besser für den Schutz unseres Weltklimas. Jetzt gilt es, den Worten auch Taten folgen zu lassen.“

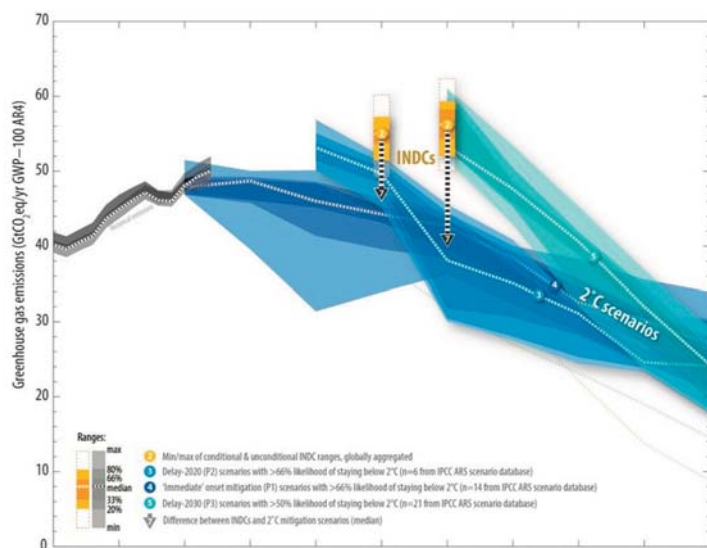


Abb. 2.2.1: Entwicklung der Treibhausgasemissionen | Quelle: <http://unfccc.int>

Gegenstand der UN-Klimakonferenz in Marrakesch waren im Wesentlichen der Austausch über konkrete Maßnahmen und Projekte zur praktischen Umsetzung der in Paris vereinbarten Ziele. Es wurden Finanzierungsstrategien und Rahmenlinien für eine transparente Umsetzung der Reduzierung von Treibhausgasen besprochen und ein gemeinsamer Fahrplan für die Umsetzung der Klimaschutzziele von Paris bis 2018 verabschiedet.

Ferner beschlossen 48 stark vom Klimawandel betroffene Staaten den vollständigen Ausstieg aus der Kohleindustrie. Deutschland und Marokko gründeten eine Partnerschaft zur Zusammenarbeit bei der Umsetzung von Klimaschutzziele. Dieser Partnerschaft sind mittlerweile weitere Staaten, Industrienationen und Entwicklungsländer, sowie internationale Organisationen beigetreten.

Bonn – COP23

Im November 2017 fand die 23. Vertragsstaatenkonferenz in Bonn unter dem Vorsitz von Fidschi statt. Bei der Konferenz wurden weitere wichtige Schritte zur Umsetzung des Pariser Klimaschutzabkommens erzielt.

Die Konferenz diente der Vorbereitung der 24. Vertragsstaatenkonferenz von Kattowitz in Polen. Dort sollen konkrete Umsetzungsregeln für die in Paris vereinbarten Maßnahmen beschlossen werden.

Um den Ehrgeiz bei Klimaschutzanstrengungen zu erhöhen, wurde vereinbart, jeweils bereits 2018 und 2019 zu bilanzieren, wie weit die Vertragsstaaten bei der Reduzierung von Treibhausgasen sowie bei der Erfüllung ihrer Finanzzusagen gekommen sind. Ein neues Dialogformat (Facilitative Dialogue) soll den Austausch der Beteiligten darüber erleichtern, wie weit die Staaten mit ihren jeweiligen Emissionsminderungen voranschreiten, wie Erfolge erreicht werden und wie die Zielerreichung verbessert werden kann. Auch haben Vertragsstaaten Verbesserungen beim Messen und Dokumentieren ihrer Treibhausgasemissionen erreicht.

Ferner veranstaltete eine Initiative aus Städten und Regionen in Bonn ein großes Auftakttreffen zu lokalen Klimaschutzmaßnahmen. Diesen Aktivitäten kommt mehr und mehr Bedeutung zu, da bereits mehr als die Hälfte der Weltbevölkerung in urbanen Gebieten lebt.

USA unter Trump – aber nun Kommunen und Bundesstaaten als Träger der Energiewende

Entscheidend dafür, dass die in Paris vereinbarten Ziele erreicht werden, ist die Zusammenarbeit der Nationen und die tatsächliche Umsetzung in den jeweiligen Staaten. In diesem Zusammenhang wirkt es anachronistisch, wenn sich die USA, ihres Zeichens

weltweit größter Verursacher von Treibhausgasen, unter Präsident Donald Trump aus dieser internationalen Verantwortung zurückziehen.

Zeitgleich mit diesem Rückzug auf Bundesebene kommt in den USA aber den Bundesstaaten und Kommunen mehr und mehr Bedeutung zu. In den Bundesstaaten werden auf Grundlage von Landesrecht Maßnahmen umgesetzt, die den Ausbau von erneuerbaren Energien fördern und Treibhausgasemissionen reduzieren. Darin wird nicht nur ein Beitrag zur Verbesserung des Weltklimas, sondern unmittelbar auch eine Stärkung der Wirtschaftskraft der eigenen Region gesehen. Durch diese Initiativen aus der Mitte der Gesellschaft wird somit die Zurückhaltung auf Bundesebene kompensiert und es bleibt zu hoffen, dass die USA ihrer globalen Verantwortung bei der Reduktion von Treibhausgasen gerecht werden können.

Europäische Union

In der Europäischen Union kommt die Umsetzung des Klimaschutzes vergleichsweise gut voran. Die im Klima- und Energiepaket für 2020 (2020 Climate & Energy Package) gesetzten Klimaschutzziele lauteten: 20% Reduzierung der Treibhausgasemissionen verglichen mit dem Jahr 1990, 20% Anteil von Erneuerbaren an der Energieerzeugung und 20% Steigerung der Energieeffizienz.

Zur Umsetzung dieser Ziele sind europaweite Zielvereinbarungen getroffen worden. Gleichzeitig wurden Verordnungen und von den Mitgliedstaaten umzusetzende Richtlinien erlassen. Diese Ziele werden nach Schätzungen der Europäischen Umweltagentur nicht nur erfüllt, sondern übertroffen werden.

Im Rahmen ihrer Klima- und Energiepolitik bis 2030 hat sich die Europäische Union (EU), basierend auf dem Beschluss des Europäischen Rates vom Oktober 2014, die folgenden drei Hauptziele gesetzt:

- Die Treibhausgasemissionen sollen um 40% im Vergleich zum Jahr 1990 sinken. Dies ist als verbindliches Mindestziel auch für die Mitgliedstaaten festgeschrieben.
- Der Ausbau erneuerbarer Energien soll bis 2030 um 27% gesteigert werden.
- Ebenso soll die Energieeffizienz bis 2030 um mindestens 27%, gegebenenfalls bis 30% gesteigert werden. Um das im Pariser Abkommen vereinbarte Klimaschutzziel zu erreichen, die globale Erderwärmung bei weniger als 2 Grad zu halten, sollen in der Europäischen Union die Treibhausgasemissionen bis 2050 um mindestens 80% sinken.

Bei der Energieerzeugung aus nachhaltigen Quellen, also dem Ausbau der erneuerbaren Energien, macht Europa gute Fortschritte. Gleiches gilt auch für den Bereich der Energieeffizienz, wo die selbstgesteckten Ziele bis 2030 voraussichtlich erreicht werden. Größte Herausforderung bleibt jedoch die gewünschte Reduzierung der Treibhausgas-

emissionen. Hier müssen insbesondere noch im Verkehrssektor große Anstrengungen unternommen werden, um die Zielmarke zu erreichen.

Mit der von der EU-Kommission als Teil des so genannten Winterenergiepakets vorgeschlagenen Reform der Erneuerbare-Energien-Richtlinie soll der wirtschaftliche Ausbau von erneuerbaren Energien vorangetrieben werden. Die Governance-Verordnung zur Energieunion soll die Erreichung der Klimaschutzziele der EU sicherstellen. Ein verändertes Strommarktdesign soll die Öffnung der nationalen Strommärkte sowie die bessere Integration der erneuerbaren Energien ermöglichen. Ein weiteres wesentliches Element ist die Reform europäischen Emissionshandels.

Deutschland – Klimaschutzplan 2050

Die im Pariser Abkommen vereinbarten Ziele sowie die europäische Klimaschutz- und Energiepolitik haben unmittelbare Auswirkungen auf die Klimaschutzpolitik Deutschlands. Auch hier gilt die Zieltrias: Senkung der Treibhausgasemissionen, Ausbau der erneuerbaren Energien und Erhöhung der Energieeffizienz.

Die klimaschutzpolitischen Grundsätze und Ziele der Bundesregierung sind im Klimaschutzplan 2050 zusammengefasst, der im November 2016 verabschiedet worden ist. Damit hatte Deutschland als eines der ersten Länder eine Langfriststrategie zum Klimaschutz erstellt und diese bei den Vereinten Nationen vorgelegt, wie dies im Pariser Abkommen von 2015 vorgesehen ist. Langfristziel ist, eine weitgehende Treibhausgasneutralität für Deutschland bis Mitte des Jahrhunderts zu erreichen. Bis 2050 sollen die Treibhausgasemissionen um 80 bis 95% im Vergleich zu den Werten von 1990 reduziert werden. Dieses von der damaligen Bundesregierung bereits im Jahr 2010 beschlossene Ziel wird durch den Klimaschutzplan 2050 noch einmal bestätigt. Mittelfristig sollen bis 2030 die Treibhausgasemissionen um mindestens 55% gegenüber dem Niveau von 1990 reduziert werden.

Um in einer sich Richtung Treibhausgasneutralität bewegenden Welt wettbewerbsfähig zu bleiben, ist ein grundlegender Umbau der Wirtschaft der Bundesrepublik Deutschland als wirtschaftlich stärkstem Mitgliedsstaat der EU erforderlich. Die betroffenen Handlungsfelder bzw. Wirtschaftssektoren sind dabei insbesondere die Energieversorgung, die Gebäudewirtschaft, der Verkehrsbereich, die gesamte Industrie sowie die Land- und Forstwirtschaft. Die Bundesregierung setzt dabei auf Technologieneutralität und Innovationsoffenheit. Es soll ein offener Wettbewerb um die besten Ideen und Technologien zum Erreichen der Treibhausgasneutralität entstehen. Erneuerbare Energien und Energieeffizienz sollen künftig Standard für Investitionen sein. Durch einen frühzeitigen Strukturwandel hin zu einer treibhausgasneutralen Wirtschaft, kann die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands nicht nur erhalten, sondern im Bereich der Umwelttechnologie global weiter gestärkt werden.

Handlungsfeld	1990 (in Mio. Tonnen CO ₂ -Äq.)	2014 (in Mio. Tonnen CO ₂ -Äq.)	2030 (in Mio. Tonnen CO ₂ -Äq.)	2030 (Minderung in % gegenüber 1990)
Energiewirtschaft	466	358	175 - 183	62 - 61%
Gebäude	209	119	70 - 72	67 - 66%
Verkehr	163	160	95 - 98	42 - 40%
Industrie	283	181	140 - 143	51 - 49%
Landwirtschaft	88	72	58 - 61	34 - 31%
Teilsumme	1.209	890	538 - 557	56 - 54%
Sonstige	39	12	5	87%
Gesamtsumme	1.248	902	543 - 562	56 - 55%

Tabelle 2.2.1: Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung | Quelle: Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung

Eine gewisse Standardisierung ist bereits bei der Herstellung und dem Bau von Anlagen zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien eingetreten. Im letzten Jahrzehnt hat die Energieerzeugung aus erneuerbaren Quellen erhebliche Fortschritte gemacht, wobei Deutschland an dieser Entwicklung einen erheblichen Anteil hatte. Beginnend mit dem über das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) angeschobenen Ausbau der Stromerzeugung aus Biomasse, Onshore-Windkraftanlagen sowie durch PV-Anlagen werden nun in großem Umfang Offshore-Windkraftanlagen errichtet. Die Technologie in Bereich der Stromerzeugung scheint – nach derzeitigem Kenntnisstand – bereits sehr weit ausgereift. Die weltweit aufgebauten Produktionskapazitäten sowie der Konkurrenzdruck haben zu einem massiven Preisverfall bei der Neuinstallation von Erzeugungsanlagen geführt. Damit ist Strom aus erneuerbaren Erzeugungsanlagen konkurrenzfähig zu konventionell erzeugtem Strom geworden.

Das Potenzial für die Entwicklung neuer Technologien wird vom Klimaschutzplan 2050 beispielsweise bei neuen Speichertechnologien, der Veränderung von Industrieprozessen und Verwendungs- und Verwertungsmöglichkeiten von Kohlendioxid (Carbon Capture Usage) gesehen. Ein weiterer Industriebereich der sich gegenwärtig im Umbau befindet ist der gesamte Mobilitätssektor. Beginnend bei Hybrid- und Elektro-Mobilität bis hin zu vollständig geänderten Nutzungsverhalten kann dieser Sektor in erheblichem Umfang zur Erreichung der Klimaschutzziele beitragen.

Auch wenn die jeweiligen Ziele für einzelne Wirtschaftssektoren festgesetzt sind, so dürfen diese nicht getrennt betrachtet werden. Vielmehr sollten die unterschiedlichen

Sektoren und die Wechselwirkung zwischen ihnen als Gesamtheit betrachtet werden, um auf diesem Weg eine Steigerung der Energieeffizienz und Minderung von Treibhausgasemissionen zu erreichen. Eine solche Sektorkoppelung gilt insbesondere für die drei energieintensiven Bereiche Elektrizität, Wärmeversorgung und Mobilität (Integrated Energy Approach).

Ein weiteres Element bundesdeutscher Klimapolitik ist laut Klimaschutzplan die internationale Kooperation bei der Treibhausgasemissionen sowie bei der Weiterentwicklung des globalen Emissionshandels.

Emissionshandel (emission trading)

Der internationale Emissionshandel basiert auf dem Kyoto-Protokoll. Die Funktionsweise ist grundsätzlich so, dass jedem Land eine bestimmte Menge an Emissionsrechten zugeteilt wird. Die Menge ist so festgelegt, dass bei Ausschöpfung der zugeteilten Menge der betreffende Staat sein im Kyoto-Protokoll festgesetztes nationales Emissionsreduktionsziel erfüllt. Wenn ein Staat seine Emissionen stärker reduziert als im Kyoto-Protokoll festgelegt, so können die überschüssigen Emissionsrechte an einen anderen Staat verkauft werden. Die Emissionsrechte werden meistbietend verkauft. Der Preis wird durch den Markt bestimmt.

Daher ist der Emissionshandel grundsätzlich ein äußerst marktwirtschaftliches Instrument, um die Reduktion von Treibhausgasen zu erreichen. Denn wird das Recht, Emissionen in die Atmosphäre abzugeben, mit einem Preis versehen, so geht hiervon eine Steuerungswirkung aus, welches die Marktakteure aus eigenwirtschaftlichem Interesse Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen ergreifen lässt.

Auf Ebene der EU ist der Emissionshandel (European Emissions Trading System, EU-ETS) ein zentrales Instrument des Klimaschutzes. Seit 2005 wird mit EU-Emissionszertifikaten gehandelt, welche heute ca. 45% der europäischen Treibhausgasemissionen erfassen. Dabei wurden in den verschiedenen Handelsperioden unterschiedliche Höchstgrenzen (caps) und teils unterschiedliche Regeln festgesetzt.

Während der ersten Handelsperiode (2005 – 2007) und der zweiten Handelsperiode (2008 – 2012) wurden über nationale Zuteilungspläne die Gesamtmenge der Zertifikate und deren Verteilung festgelegt. Die Zertifikate wurden den beteiligten Betreibern von Anlagen auf Grundlage ihrer bisherigen Emissionen zugeteilt. In der zweiten Handelsperiode wurden dabei nicht mehr alle Emissionszertifikate kostenlos zugeteilt, sondern ein Teil der Berechtigungen musste von den Anlagenbetreibern erworben werden.

Um gleiche Wettbewerbsbedingungen in der EU sicher zu stellen, wurde der Emissionshandel in der dritten Handelsperiode (2013 – 2020) stärker europaweit harmonisiert und zentralisiert. Neben CO₂ sind nun auch weitere klimarelevante Gase einbezogen

und es wurden Emissionsgrenzen für die Herstellung bestimmter Produkte festgesetzt. Hinzu kam eine EU-weite Obergrenze für zulässige Treibhausgasemissionen der einbezogenen Anlagen. Ferner wurden EU-weite einheitliche Zuteilungsregelungen eingeführt. Die Zuteilung erfolgt danach nicht mehr nach historischen Emissionswerten, sondern anhand von Benchmarks für die betreffenden Anlagen. Die EU-weit verfügbare Menge von Zertifikaten wird jährlich um 1,74% verringert. Ferner wird nun ein Großteil der Zertifikate auch nicht mehr kostenfrei vergeben, sondern an die beteiligten Unternehmen versteigert. Übergangsweise gibt es für Industriesektoren, die einem besonders starken internationalen Wettbewerb ausgesetzt sind, weiterhin eine kostenlose Zuteilung von Emissionszertifikaten. Gegenwärtig nehmen rund 11.000 Anlagen aus der energieintensiven Industrie und der Energiewirtschaft am Emissionshandel teil. Die Luftverkehrswirtschaft ist hinsichtlich innereuropäischer Flüge seit 2012 einbezogen. Wenn ein Unternehmen durch Emissionsminderungsmaßnahmen seine Emissionswerte unterschreitet, so können die nicht benötigten Emissionszertifikate am Markt verkauft werden. Sofern das Unternehmen droht, seine Emissionsminderungsziele nicht zu erreichen, und die festgesetzten Emissionswerte zu überschreiten, so können Emissionszertifikate am Markt zugekauft werden. Damit ist es für Unternehmen wirtschaftlich attraktiv, Emissionen zu reduzieren.

Jedoch setzt das System voraus, dass der Preis für Emissionszertifikate hinreichend hoch ist, um die beteiligten Unternehmen aus wirtschaftlichen Erwägungen zu Emissionsminderungsmaßnahmen zu motivieren. Dies erfordert eine angemessene Begrenzung der verfügbaren Zertifikate. Ist eine zu große Menge überschüssiger Zertifikate am Markt, so verfällt deren Preis. Gegenwärtig gibt es am europäischen Markt ein solches Überangebot von Emissionszertifikaten – mit dem damit einhergehenden Preisverfall. Die im Jahr 2015 beschlossenen Maßnahmen zur Rückführung von Emissionszertifikaten (backloading) haben nicht die erhoffte Wirkung gezeigt. Daher soll das europäische Emissionshandelssystem in der vierten Handelsperiode (2021 – 2030) weiter reformiert werden.

Ziel der Reform des Emissionshandelssystems in der vierten Handelsperiode ist es, das von der EU für das Jahr 2030 angestrebte Emissionsminderungsziel von 40% zu erreichen. Dazu soll ab dem Jahr 2021 die Gesamtmenge der Emissionszertifikate um jährlich 2,2% reduziert werden. An dem Prinzip der Versteigerung der zu vergebenden Zertifikate soll festgehalten werden. Zwar sollen auch weiterhin Industriebranchen unter starken internationalen Wettbewerb eine kostenlose Zuteilung von Zertifikaten erhalten, um eine Produktionsverlagerung ins Ausland vorzubeugen. Jedoch soll die Anzahl der begünstigten Sektoren stark reduziert werden. Die bereits ab dem Jahr 2018 eingerichtete Marktstabilitätsreserve soll Angebot und Nachfrage auf dem Markt für Emissionszertifikate im Gleichgewicht halten und ein Überangebot von Zertifikaten am Markt vermeiden.

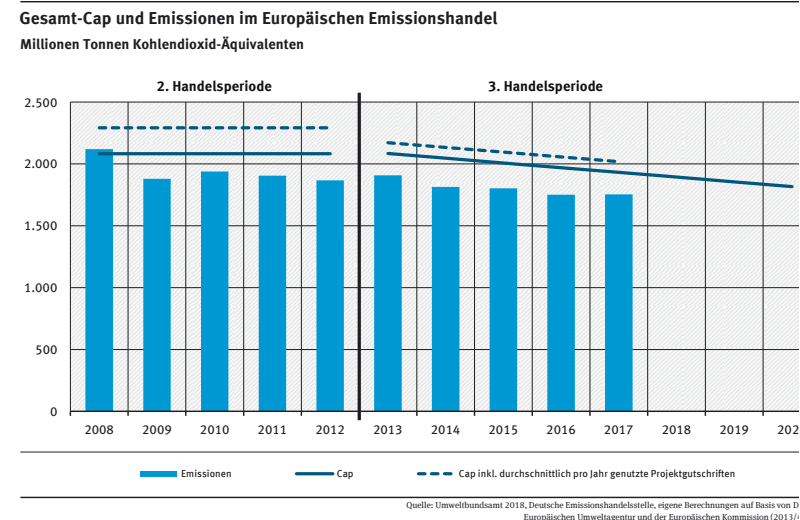


Abb. 2.2.2: Gesamt-Cap und Emissionen im Europäischen Emissionshandel | Quelle: UBA

Es bleibt abzuwarten, ob diese Mechanismen das europäische Emissionshandelssystem zu einem Erfolgsmodell machen. Dann könnten hierdurch nicht nur die europäischen Emissionsminderungsziele erreicht werden, sondern dieses Modell könnte auch als Vorbild für andere Regionen der Welt dienen.

Auf jeden Fall ist ein Zusammenwirken aller Nationen erforderlich, um die Treibhausgasemissionen massiv zu reduzieren, und so die globale Erwärmung unter 2 Grad halten. Der Weg ist noch lang, aber der Anfang ist gemacht. Wichtig ist nun, dass die gemeinsamen Anstrengungen zur Zielerreichung intensiviert werden.

2.3 Anreizmechanismen

Thomas Schubert

Überblick

Die im Pariser Abkommen vereinbarten Ziele sowie die europäische Klimaschutz- und Energiepolitik haben unmittelbare Auswirkungen auf die Klimaschutzpolitik Deutschlands. Auch hier gilt die Zieltrias: Senkung der Treibhausgasemissionen, Ausbau der erneuerbaren Energien und Erhöhung der Energieeffizienz.

Der Ausbau der Energieerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen ist eines der Steuerungselemente, um die Treibhausgasemissionen zu reduzieren und so den Klimawandel einzudämmen.

Jedoch nicht nur vor dem Hintergrund einer nachhaltigen Energiewirtschaft ist die Energieerzeugung aus erneuerbaren Energien wie Sonne, Wind und Wasser attraktiv. Durch Effizienzsteigerungen aufgrund technologischer Weiterentwicklungen und dem mit der Zunahme von Produktionskapazitäten einhergehenden Preisverfall sind Erneuerbare bei den Gestehungskosten vielerorts bereits konkurrenzfähig zur Stromerzeugung aus konventionellen Kraftwerken geworden. Es ist somit auch ohne Berücksichtigung der Emissionsminderung ökonomisch sinnvoll, auf erneuerbare Stromerzeugung umzusteigen.

Ferner werden Erneuerbare mehr und mehr zur dezentralen, also versorgungsnetzunabhängigen, Stromerzeugung eingesetzt. Dies bringt Flexibilität und ermöglicht die Stromversorgung auch in Gebieten, welche andernfalls von der Stromversorgung abgeschnitten wären bzw. auf die Erzeugung durch Dieselgeneratoren angewiesen sind. Durch den Ausbau und die Weiterentwicklung von Speichertechnologien wird sich dieser Trend zur dezentralen Stromerzeugung durch Erneuerbare sicher noch verstärken.

Dennoch waren bzw. sind bei der Markteinführung und den Ausbau von Erneuerbaren bestimmte staatliche Fördermaßnahmen erforderlich. Viele Staaten weltweit haben unterschiedlichste Anreiz-Mechanismen eingeführt. Die Gestaltungsmechanismen sind vielfältig. Neben der Einspeisevergütung für Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen oder die Gewährung von handelbaren Zertifikaten gehören zu den Förderungsmechanismen auch steuerliche Vergünstigungen, die staatliche Unterstützung bei der Projektfinanzierung oder direkte staatliche Subventionen. Ferner können Projekte durch die staatliche Übernahme von Projektrisiken, wie beispielsweise der Planungsrisiken, gefördert werden, welche andernfalls der Projektentwickler zu tragen hätte. Auch von der Übernahme oder Sozialisierung von Netzanschlusskosten oder der Gewährung eines Einspeisevorrangs geht eine Förderungswirkung aus.

Weltweit sind vielerorts Parallelen zu den in Deutschland seit dem Jahr 2000 eingesetzten Mechanismen nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) zu erkennen. Die Ten-

denz scheint zu sein, das beginnend mit einer fixen Einspeisevergütung und/oder der Ausgabe von Zertifikaten für die Erzeugung die Anfänge gemacht werden. Ab einer bestimmten Reife des Marktes bzw. Ausbaustand wird dann für größere Projekte auf Ausschreibungsmodelle umgestellt. In einer anschließenden Stufe kann bzw. wird dies dazu führen, dass die Stromerzeugung aus Erneuerbaren vollständig konkurrenzfähig ist, so dass ohne Förderungsmechanismen Strom erzeugt und an die Abnehmer verkauft werden kann.

Einige der anzutreffenden Fördermechanismen, welche an der nachhaltigen Stromproduktion selbst ansetzen, sollen nachfolgend näher dargestellt werden.

Einspeisevergütung (FIT und FIP)

Bei der Einspeisevergütung (Feed-in tariff, FIT) erhält der Betreiber einer erneuerbaren Erzeugungsanlage pro Einheit erzeugter elektrischer Energie eine gesetzlich vorab festgelegte fixe Vergütung. Diese Vergütungsform ist üblicherweise mit einer Abnahmegarantie verbunden. Das heißt, der Anlagenbetreiber hat einen Anspruch darauf, dass grundsätzlich die gesamte erzeugte Energie zu dem festgesetzten Preis vom Netzbetreiber abgenommen wird.

Bei der Vergütungshöhe wird üblicherweise nach der Anlagengröße differenziert. Da mit der wachsenden Größe der Erzeugungsanlage die Investitionskosten je installierter Erzeugungskapazität fallen, fällt auch die für den erzeugten Strom gewährte Vergütung entsprechend. Auch können regionale Korrekturmechanismen eingebaut werden, so dass klimatischen Besonderheiten in einem Land Rechnung getragen werden kann. Die Dauer der Vergütungszahlung wird sich regelmäßig über einen solchen Zeitraum erstrecken, dass die Rückzahlung der gesamten Investitionskosten nebst einem angemessenen Unternehmergewinn für den Betreiber der Anlage sichergestellt ist. Hinsichtlich der Vergütungshöhe kann diese über den gesamten Förderzeitraum identisch bleiben oder aber es wird wahlweise mit einer höheren Vergütung begonnen, die dann mit zunehmender Förderdauer abgeschmolzen wird (so beispielsweise das „Stauchungsmodell“ bei der Förderung von Offshore- Windkraftanlagen nach dem EEG).

Die Vergütung kann dabei so strukturiert sein, dass sie vollständig von Marktpreisrisiken entkoppelt ist. Es wird also unabhängig von Marktpreis für Strom stets dieselbe Einspeisevergütung je Einheit gezahlt.

Alternativ zu einer fixen Einspeisevergütung kann die Vergütung auch so ausgestaltet werden, dass nur ein Premium über dem Marktpreis gezahlt wird (Feed-in premium, FIP), welches die Mehrkosten für das Betreiben der erneuerbaren Erzeugungsanlage abfedern soll. Der Anlagenbetreiber trägt somit ein gewisses Marktrisiko, indem ein schwankender Marktpreis auf die final gezahlte Gesamtvergütung durchschlägt. Nur das Premium bleibt gleich.

Der Gesetzgeber kann bei diesen Modellen entweder technologieneutral vorgehen, das heißt für jede Erzeugungstechnologie eine identische Einspeisevergütung zahlen. Alternativ kann der Gesetzgeber auch nach verschiedenen Technologien differenzieren und beispielsweise bei kostenintensiveren Erzeugungsarten eine höhere Einspeisevergütung ansetzen. Hierdurch kann Technologieförderung betrieben werden, um bestimmte – aus Sicht des Gesetzgebers wünschenswerte – Technologien beim Ausbau zu unterstützen. Diesen Weg hat beispielsweise der deutsche Gesetzgeber mit Festlegung der unterschiedlichen Tarife im EEG gewählt.

Aufgrund der weitgehenden bzw. vollständigen Entkoppelung der Vergütung von Marktpreisrisiken ist die fixe Einspeisevergütung eher für die Anschubunterstützung von erneuerbaren Erzeugungsanlagen in einem Markt bzw. die Förderung kleinerer Anlagen geeignet.

Direktvermarktung (direct marketing) und Marktprämie (market premium)

Bei der Direktvermarktung (direct marketing) trägt der Anlagenbetreiber das Risiko, für den erzeugten Strom auch einen Abnehmer zu finden und den erzeugten Strom zu einem bestimmten Preis zu veräußern. Üblicherweise handelt der Anlagenbetreiber dabei jedoch nicht selbst den Strom, sondern veräußert diesen an einen Stromhändler/Direktvermarkter, welcher – je nach vertraglicher Ausgestaltung – das Absatzrisiko übernimmt. Gleichwohl schlagen die Strompreisschwankungen auf den Anlagenbetreiber und damit die Rentabilität der Erzeugungsanlage durch, da dieses Risiko nicht vom Direktvermarkter übernommen wird.

Um die Stromerzeugung aus der erneuerbaren Erzeugungsanlage zu prämiieren erhält der Anlagenbetreiber neben der schwankenden Vergütung aus dem Verkauf des Stroms am Markt noch eine gesetzlich garantierte Marktprämie (market premium).

Die Höhe dieser Marktprämie kann dabei fix sein oder sich an einem bestimmten vorab gesetzlich festgelegten Referenzpreis (reference price) orientieren. Der Anlagenbetreiber erhält dann neben den Erlösen aus dem Verkauf des Stroms noch die Differenz zu dem Referenzpreis erstattet. Der Referenzpreis orientiert sich ebenso wie die Einspeisevergütung an den Kosten für Errichtung und Betrieb der erneuerbaren Erzeugungsanlage nebst einem angemessenen Unternehmerlohn für den Anlagenbetreiber.

Um den Anlagenbetreiber zu einem ordnungsgemäßen Wirtschaften zu motivieren und das Vermarktungsrisiko nicht der Allgemeinheit aufzubürden, sollte sich der entsprechende Differenzbetrag zum Referenzpreis nicht an dem vom jeweiligen Anlagenbetreiber erzielten Marktpreis orientieren. Vielmehr sollte der durchschnittliche Preis am Markt (durchschnittlicher Marktpreis) für eine bestimmte Handelsperiode, beispielsweise monatlich, herangezogen werden und anhand von diesem Durchschnittspreis der entsprechende Differenzbetrag ermittelt werden. Hat der Anlagenbetreiber über seinen Direkt-

vermarkter seinen Strom zu einem höheren Preis als den durchschnittlichen Marktpreis veräußern können, so führt dies zu einem weiteren Mehrertrag. War er im Ergebnis schlechter als der durchschnittliche Marktpreis, so hat er die entsprechenden wirtschaftlichen Einbußen zu tragen.

Ein ähnlicher Mechanismus findet sich bei den in Großbritannien anzutreffenden Contracts for Difference (CFD). Der Betreiber der erneuerbaren Erzeugungsanlage verkauft den erzeugten Strom am Markt. Über einen parallel dazu abgeschlossenen Contract for Difference erhält er den Differenzbetrag zu einem bestimmten Referenzpreis (strike price) je erzeugter kWh. Liegt der Marktpreis unter dem Referenzpreis, wird der fehlende Differenzbetrag an den Betreiber der Anlage erstattet. Sollte der Marktpreis über dem Referenzpreis liegen, so hat der Betreiber der Anlage den überschüssigen Betrag zu erstatten. Im Ergebnis erhält der Betreiber somit einen fixen Preis je Einheit des erzeugten und an Endabnehmer abgegebenen Stroms.

Erzeugungszertifikate (green certificates)

Bei den ebenfalls beispielsweise in Großbritannien anzutreffenden Erzeugungszertifikaten (green certificates) werden an ausgewählte nachhaltige Erzeugungsanlagen je Einheit erzeugter elektrischer Energie Zertifikate ausgegeben. Diese Zertifikate sind handelbar und können auch wieder eingezogen werden.

Damit diese Zertifikate einen monetisierbaren Wert für den Betreiber der erneuerbaren Erzeugungsanlage haben ist erforderlich, dass es einen Markt mit einer Nachfrage nach diesen Zertifikaten gibt. Eine solche Nachfrage kann beispielsweise dadurch generiert werden, dass die Betreiber von konventionellen Energieerzeugungsanlagen oder sonstige Treibhausgasemittenten dazu verpflichtet werden, eine bestimmte Anzahl Erzeugerzertifikate als Kompensation für die abgegebenen Emissionen zu erwerben.

Der Preis, welche der Inhaber dieser Zertifikate an einem solchen Markt erzielen kann, ist stark davon abhängig, wie groß die Nachfrage nach den Zertifikaten ist. Insbesondere muss das Nachfragevolumen entsprechend dem Zubau von zertifikatsberechtigten Erzeugungsanlagen – und damit dem Ausbau der Erneuerbaren – mithalten, da es andernfalls zu einem Angebotsüberhang kommt. Ebenso wie beim Emissionshandel führt ein Überangebot von Zertifikaten zu einem Preisverfall. Die von staatlicher Seite beabsichtigte Steuerungswirkung geht dadurch verloren.

Da die Rahmenbedingungen für Angebot und Nachfrage vom Gesetzgeber geschaffen werden, ist der Zertifikate-Markt sehr anfällig für regulatorische Eingriffe. Der Betreiber einer erneuerbaren Erzeugungsanlage trägt somit nicht nur das Marktpreisrisiko für den erzeugten Strom selbst, sondern auch das weitere Preisrisiko für den Zertifikatehandel, durch welche er die eigentliche Zusatzvergütung erzielen können soll.

Ausschreibung (auction model)

Die vorstehend beschriebenen Vergütungsmechanismen für die Energieerzeugung aus erneuerbaren Erzeugungsanlagen können vorab vom Gesetzgeber, üblicherweise differenzierend nach Technologie und Anlagengröße, gesetzlich festgeschrieben werden.

Bei reiferen Märkten hingegen kommt zumindest bei Großanlagen ein wettbewerbliches Ausschreibungsverfahren zur Anwendung (competitive tender process). In Deutschland ist dies seit dem EEG 2017 technologieübergreifend für die Stromerzeugung aus Windkraft und PV-Anlagen ab einer Anlagengröße von 750 kWp der Fall.

Die Ausschreibungsbedingungen können dabei ganz unterschiedlich ausgestaltet sein. Der Staat kann beispielsweise die Menge der ausgeschriebenen Erzeugungskapazität ebenso wie einen bestimmten Höchstgebotspreis festsetzen. Ferner hat die Frage, in welchem Entwicklungszustand sich die für eine Ausschreibung qualifizierenden Projekte befinden müssen, eine Auswirkung auf den Wettbewerb. Ein weiteres Einflusskriterium sind auch die Strafgebühren, welche bei Nicht-Errichtung der Anlage von dem Bieter zu entrichten sind.

Auch die Angebotsbewertung lässt verschiedene Gestaltungen zu. Bei dem Gebotspreisverfahren (pay-as-bid) erhält der erfolgreiche Bieter den Zuschlag in der von ihm gebotenen Förderhöhe. Dies gilt auch, wenn in dem entsprechenden Los weitere Bieter mit den nächsthöheren Geboten erfolgreich angenommen worden sind. Nach dem Einheitspreisverfahren (uniform pricing) ist die Förderhöhe für alle in dem Los erfolgreichen Bieter die gleiche. Deren Höhe bestimmt sich nach dem höchsten im dem Los noch erfolgreichen Gebot.

Gesetzgeberisches Ziel von wettbewerblichen Ausschreibungen ist, durch den erzeugten Wettbewerb eine günstigere Einspeisevergütung und damit eine Reduzierung der Kosten für die Förderung von Erneuerbaren zu erzielen. Sofern die im deutschen Ausschreibungsverfahren im Jahr 2017 erfolgreichen Anlagen gebaut werden, wird dies zu einer erheblichen Reduzierung der erforderlichen Förderung führen. Bei den niedrigsten erfolgreichen Angeboten lagen die Referenzpreise für Windkraft bei 3,5 Ct/kWh, bei PV-Anlagen bei 4,29 Ct/kWh und im Offshore-Bereich wurde gar ein Anlagenvolumen von 900 MW komplett ohne Förderung (0,0 Ct/kWh) vergeben.

Dabei ist natürlich zu berücksichtigen, dass im deutschen Markt der Netzbetreiber zur Errichtung des Netzanschlusses verpflichtet ist und daher der Errichter bzw. Betreiber der erneuerbaren Erzeugungsanlage von diesen Kosten – anders als in anderen europäischen Jurisdiktionen – befreit ist. Ferner sind die niedrigen Gebote auch im Gesamtzusammenhang der insgesamt ausgeschriebenen Erzeugungskapazität sowie dem großen Angebot von hinreichend weit entwickelten Projekten zu sehen. Da die Projekte erst in einigen Jahren errichtet werden müssen, sind bei den gebotenen Preisen sicher auch künftig zu erwartende technologische Weiterentwicklungen und damit ein-

hergehende Effizienzsteigerungen und Kostenreduzierungen bei den zu errichtenden Erzeugungsanlagen berücksichtigt. Es bleibt abzuwarten, welche Auswirkungen die Umstellung auf das Ausschreibungsverfahren auf die deutschen Hersteller von Anlagenkomponenten sowie Entwickler und Errichter von Anlagen haben wird, denn der steigende Wettbewerbs- und Kostendruck wird sicher zu einer erheblichen Ausdünnung der Angebotsvielfalt führen.

Marktpreisfähigkeit von Erneuerbaren (Merchantability of Renewables)

Der vorstehende beschriebene Preisverfall bei den Erneuerbaren zeigt, dass die Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen auf dem besten Weg ist, preislich konkurrenzfähig zur Stromerzeugung aus konventionellen Kraftwerken und damit vollständig marktfähig zu werden. Eine Förderung über feste oder variable Einspeisevergütungen wird daher zumindest bei Großanlagen in naher Zukunft nicht mehr erforderlich sein.

In Folge dieser Entwicklung werden sich die Betreiber von erneuerbaren Erzeugungsanlagen dem Marktpreisrisiko stellen müssen, sofern sie ihren Strom am Strommarkt selbst bzw. über Direktvermarkter verkaufen. Diese neue Volatilität bei den Erlösen aus dem Stromverkauf wird sicherlich auf die Finanzierungsstrukturen für Projekte von erneuerbaren Erzeugungsanlagen durchschlagen, welche bislang auf recht gut kalkulierbare vergleichsweise stabile Einnahmeströme eingestellt waren.

Alternativ werden Preisrisiken über den Abschluss langfristig laufender Stromabnahmeverträge (power purchase agreements, PPAs) abgedeckt werden können, bei denen sich ein Großabnehmer zu einem bestimmten fixen Preis zur Stromabnahme verpflichtet. Insbesondere durch den künftig zu erwartenden Ausbau von Speicherkapazitäten, welche eine konstante Energieversorgung bei solchen Projekten sicherstellen können, wird diese Projektgestaltung an Bedeutung zunehmen.

Quellen Kapitel 2

/1/ <https://de.wikipedia.org/wiki/Sektorkopplung>

/2/ Weltenergieatlas Deutschland 2018: Energie für Deutschland. Fakten, Perspektiven und Positionen im globalen Kontext | 2018

/3/ BWK, Erneuerbare Energien Special 7/8 – 2018