

**Umwelt
Bundes
Amt**
Für Mensch und Umwelt



KomPass
Kompetenzzentrum
Klimafolgen u. Anpassung



Anpassung an den Klimawandel
ENERGIEWIRTSCHAFT

Das Klima ändert sich und mit ihm das Umfeld für Mensch und Umwelt. Grund ist der vom Menschen verursachte Anstieg der Treibhausgase in der Atmosphäre. Unser Klimasystem reagiert träge – viele Folgen der Emissionen vergangener Jahre spüren wir erst in den kommenden Jahrzehnten. Deutschland nimmt bei der Reduzierung der Treibhausgasemissionen, der Förderung der Energieeffizienz und dem Ausbau der erneuerbaren Energien eine Vorreiterrolle ein. Gleichzeitig müssen wir aber davon ausgehen, dass die bereits eingetretenen und sich abzeichnenden Veränderungen des Klimasystems soziale, ökologische und ökonomische Folgen haben werden – auch in Deutschland. Neben den Anstrengungen zur Reduzierung der Emission von Treibhausgasen wird es zunehmend wichtig, uns auch an die nicht mehr vermeidbaren Folgen des Klimawandels anzupassen: Mit umfassenden Strategien, die vor Ort umzusetzen sind und mit denen wir rechtzeitig beginnen müssen.

Der Klimawandel stellt die Energiewirtschaft vor große Herausforderungen. Diese muss zukünftig nicht nur durch die Reduktion der Treibhausgasemissionen in die Atmosphäre einen eigenen Beitrag zum Klimaschutz leisten, sondern sich auch an bevorstehende und bereits eintretende Klimaänderungen anpassen.

KLIMAWANDEL & KLIMAFOLGEN IN DEUTSCHLAND

2

Der Klimawandel zeigt seine Folgen auch bei uns in Deutschland. So ist die Jahresmitteltemperatur bereits in den letzten beiden Jahrzehnten messbar angestiegen und wird auch zukünftig weiter zunehmen. Die Szenarien der Klimaforschung erwarten – abhängig vom verwendeten Klimamodell – zwischen rund 1 und 2,5 Grad Celsius (°C) Temperaturzunahme für den Zeitraum 2021 bis 2050 gegenüber dem Zeitraum von 1961 bis 1990. Für den Zeitraum 2071 bis 2100 liegen die Szenarien mit 1,5 bis 3,7°C sogar noch deutlich höher. Sehr wahrscheinlich ist eine Erwärmung um 2 bis 3°C bis zum Ende dieses Jahrhunderts. Dabei prägt sich der Klimawandel regional und jahreszeitlich sehr unterschiedlich aus. Insgesamt wird es weniger Frosttage und mehr heiße Tage mit Höchsttemperaturen über 30°C geben. Auch wird die Zahl der Tropennächte steigen, d. h. Nächte, in denen die Temperaturen nicht unter 20°C sinken. Weiterhin ist mit mehr und längeren Trockenperioden zu rechnen.

Die jährliche Niederschlagsmenge wird sich voraussichtlich nur geringfügig ändern. Bezüglich der regionalen und saisonalen Verteilung werden jedoch deutliche Veränderungen projiziert. Allen Modellen zufolge sinken die Niederschläge im Sommer, während die Winter in einigen Regionen feuchter werden. Dies wird Auswirkungen auf das Abflussgeschehen der Flüsse haben. Die Temperaturerhöhung und veränderte Abflüsse haben Auswirken auf den Energiesektor, da thermische Kraftwerke Fließgewässer oder Grundwasser zur Kühlwassergewinnung nutzen

und Wassermangel sowie steigende Gewässertemperaturen zunehmen werden. Für die Energieerzeugung und -verteilung stellen insbesondere Extremwetterereignisse ein großes Risiko dar. Diese können bereits bei einmaligem Auftreten sehr hohe Schäden verursachen. Szenarien zur zukünftigen Entwicklung extremer Ereignisse wie Trocken- und Dürreperioden, Starkniederschläge, Stürme, Hagel und Gewitter sind im Vergleich zur zukünftigen Temperatur- und Niederschlagsentwicklung weniger genau. Für alle diese Ereignisse werden jedoch bereits in den nächsten drei Jahrzehnten mit hoher bis sehr hoher Wahrscheinlichkeit Zunahmen erwartet. Lediglich die Zunahme von Stürmen ist weniger gewiss.

RISIKEN UND ANFÄLLIGKEIT

Allmähliche Veränderungen von Klimaparametern wie Temperatur und Niederschlag können ebenso wie häufigere Extremwetterereignisse die Energieversorgungssicherheit beeinträchtigen. Temperatur- und Niederschlagsänderung werden zwar eher langfristig wirksam, sollten jedoch schon heute in die Planung von Investitionen (z. B. Kraftwerksbau) einbezogen werden. Zum Umgang mit Extremwetterereignissen wie Hitzeperioden und Gewittern besteht bereits kurzfristiger Handlungsbedarf.

Die Klimafolgen betreffen die gesamte Prozesskette der Energiewirtschaft - Elektrizitätserzeugung, -übertragung und -verteilung sowie die Nachfrageseite. Bei der Roh- und Brennstoffgewinnung sind Beeinträchtigungen der Gewinnung von Erdöl, Erdgas, Stein- und Braunkohle durch Extremwetterereignisse ebenso zu erwarten wie Veränderungen in der land- und forstwirtschaftlichen Biomassegewinnung. Häufigere Starkregen, Sturmfluten und Gewitter wirken sich auf Gütertransporte mit Bahn und Schiff aus. Die Binnenschifffahrt kann zusätzlich durch Trockenperioden eingeschränkt werden. Mögliche Folgen für die Energieerzeuger in Deutschland sind Brennstoffengpässe und Preissteigerungen.

Thermische Kraftwerke wie Kohle-, Erdgas- und Kernkraftwerke sind anfällig gegenüber Hitzeperioden, da sinkende Flusswasser- und Grundwasserpegel sowie steigende Fließgewässertemperaturen die Verfügbarkeit von Kühlwasser in diesen Zeiten einschränken. Energieerzeuger müssen die Leistung flusswasser- und grundwassergekühlter Kraftwerke bei Niedrigwasser entsprechend der wasserrechtlichen Auflagen anpassen. Dies verhindert eine zusätzliche Belastung der aquatischen Ökosysteme. Höhere Kühlwassertemperaturen führen bei thermischen Kraftwerken zu schlechteren Wirkungsgraden, ebenso wie höhere Lufttemperaturen die Stromausbeute in Turbinenkraftwerken verringern.

Auch die erneuerbaren Energien sind vom Klimawandel betroffen. Eine Veränderung der durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten und damit des Energiege-



halts des Windes wirkt sich auf die Stromerzeugung aus Windenergie aus. Dies kann einerseits zu höheren Stromerträgen führen, andererseits jedoch lokal eine häufigere Abschaltung der Anlagen erfordern, wenn diese vor Schädigungen durch sehr hohe Windgeschwindigkeiten geschützt werden müssen. Allerdings ist die Projektion, dass heftigere Stürme auftreten werden, noch mit Unsicherheiten behaftet. Insgesamt werden die Anforderungen an die Stand- und Betriebssicherheit von Solar- und Windenergieanlagen durch zunehmende Extremwetterereignisse wie Hagel, Gewitter und Stürme steigen. Für Wasserkraftwerke sind Betriebs Einschränkungen bei Hoch- oder Niedrigwasserereignissen mögliche Folgen des Klimawandels.

4

Die Elektrizitätsverteilung erfolgt entweder über Freileitungen oder Erdkabel. Während im Mittel- und Niederspannungsbereich Erdkabel überwiegen, ist deren Anteil im Hochspannungsbereich verschwindend gering. Trockenheit und Hitze können die Übertragungskapazitäten von Erdkabeln und Freileitungen einschränken. Außerdem stellen häufigere und intensivere Wetterereignisse wie Gewitter und Eislasten höhere Anforderungen an Freileitungen. Das Risiko von Versorgungsunterbrechungen durch wind- und blitzbedingte Störungen kann deshalb ansteigen. Seit den 1970er Jahren haben solche Versorgungsausfälle zugenommen, allerdings ist ein direkter Zusammenhang der häufigeren bzw. intensiveren Sturmereignisse zum Klimawandel nicht zweifelsfrei nachgewiesen.

Hochwasser stellt ein Risiko insbesondere für Umspannanlagen dar. Das Freispülen von Kabeltrassen, Unterspülen von Mastfundamenten und die Beschädigung von Masten sind potenzielle Gefahren. Geringe Stromeinspeisung in Hitzeperioden sowie Peaks infolge von Starkwinden werden außerdem eine erhöhte Bereitstellung an Speicher- und Regelenergie erfordern. Peaks in sonnenreichen Hitzeperioden können inzwischen mehr und mehr durch Photovoltaikanlagen kompensiert werden.

Sowohl in der Gesamtnachfrage nach Energie als auch im Verbrauchsmuster sind Veränderungen bei Privathaushalten sowie bei Industriekunden zu erwarten. Ein allgemeiner Temperaturanstieg senkt den Wärmebedarf im Winter, zugleich



erhöht sich der Kühlungsbedarf im Sommer. Da diese Effekte von den Maßnahmen zur Gebäudesanierung überlagert werden, ist die mögliche Gesamtwirkung schwer zu quantifizieren. Dennoch wäre es naheliegend, wenn eine höhere Elektrizitätsnachfrage zur Kühlung mit Zeiten eingeschränkter Produktionsmöglichkeiten thermischer Kraftwerke zusammenfällt, da Hitzeperioden mit einer Einschränkung des Kühlwasserangebots einhergehen.

WIE ANPASSEN?

Die Bundesregierung bündelt die Anpassungsaktivitäten in der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS). Die Strategie legt den Grundstein für einen mittelfristigen Prozess, in dem entsprechende Ziele definiert sowie mögliche Anpassungsmaßnahmen entwickelt und umgesetzt werden sollen. In diesem Zusammenhang veranstaltet das Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung im Umweltbundesamt sektorbezogene Stakeholderdialoge. Hier diskutierten Vertreterinnen und Vertreter verschiedenster Akteursgruppen jeweils Anpassungsbedarfe und erarbeiten erste Handlungsempfehlungen.

Für die Energieversorgungsunternehmen (EVU) ist es eine große aktuelle und zukünftige Herausforderung, die Energieversorgungssicherheit auch unter klimawandelbedingten Veränderungen zu gewährleisten. Ein Blick in die Energiebranche zeigt, dass das Bewusstsein um die unternehmensinterne Verwundbarkeit unterschiedlich stark verankert ist. Während sich die breite Masse der Kraftwerksbetreiber bislang wenig mit der Thematik zu beschäftigen scheint, setzen einige EVU bereits Anpassungsmaßnahmen um.

Dabei ist zu beachten, dass die Klimaforschung Änderungen von Gewässertemperaturen und Abflussmengen in der Fläche bislang nur bedingt projizieren kann. Bei anderen Parametern wie der Luftfeuchtigkeit steht eine Validierung der Klimamodelldaten noch aus. Fortschritte in diesen Bereichen könnten dazu beitragen, Aspekte des Klimawandels in unternehmerische Investitions- und Planungsprozesse stärker zu integrieren. Extremwetterereignisse erfordern auch kurzfristige Reaktionen der Anlagenbetreiber, hier sind auch meteorologische Wetterdaten mit verlässlicher zeitlicher sowie räumlicher Auflösung gefragt.

Die Betreiber thermischer Kraftwerke sehen sich durch den Klimawandel mit zwei zentralen Problemfeldern konfrontiert. Dies sind die Kühlwasserverfügbarkeit sowie die Versorgung mit Brennstoffen. Bereits bei der Planung neuer thermischer Kraftwerke sollten beide Problemfelder bei der Standortwahl verstärkt berücksichtigt werden. Der Einsatz von Kühltürmen kann eine Anpassungsmaßnahme an die Kühlwasserproblematik sein. Insbesondere könnten innovative Technologien wie solare Kühlung zukünftig an Relevanz gewinnen. Das Vorhalten von Vorratsseen

ist ein bereits genutztes Mittel, um die Wasserversorgung von Kraftwerken im Notfall aufrechtzuerhalten. Aufgrund des erforderlichen Umfangs solcher Seen ist diese Option räumlich allerdings stark begrenzt. Grundsätzlich kann der Kühlungsbedarf auch durch bessere Erzeugungseffizienz gesenkt werden. Durch ihren deutlich höheren Wirkungsgrad können Kraft-Wärme- oder Kraft-Kälte-Kopplung den Bedarf an Kühlwasser senken, wobei hier Grenzen durch die Verfügbarkeit von geeigneten Wärme-/Kälteabnehmern gesetzt sind. Photovoltaikanlagen können zukünftig insbesondere im Sommer Strom zur Kühlung liefern und die Nachfrage nach fossil erzeugter (Spitzen-)Last reduzieren.

Zur Sicherung der Brennstoffversorgung werden bereits heute alternative Transportwege für Brennstoffe erschlossen sowie Logistik- und Verkehrskonzepte in den Unternehmen angepasst und differenziert. Eine weitere Möglichkeit ist der Aus- und Neubau von lokalen Vorratsspeichern für Brennstoffe.

Häufigere Extremwetterereignisse stellen steigende Anforderungen an die Materialforschung und Steuerung von Windenergieanlagen. Forschungsbedarf besteht dabei bezüglich der Auswirkungen des Klimawandels auf Windgeschwindigkeiten. Mögliche häufigere Sturmabschaltungen von Windrädern oder der Ausfall thermischer Kraftwerke können die Probleme verstärken, die beim Übergang zu einem Energiesystem mit vielen fluktuierenden Quellen entstehen. Als Lösung hierfür stehen vor allem folgende Optionen zur Verfügung:

6

Bei der Elektrizitätsverteilung sind Netzertüchtigung und -ausbau auch unabhängig vom Klimawandel aufgrund der stärkeren Integration erneuerbarer bzw. dezentraler Energien eine wichtige Aufgabe. Dennoch gilt es, schon heute erforderliche Anpassungsmaßnahmen der Infrastruktur an den Klimawandel zu beachten. Insbesondere bei Umspannanlagen sollten bereits bei der Standortwahl die regionalen Klimaprojektionen berücksichtigt werden. Neben Freileitungs- bzw. Temperaturmonitoring ist die Netzverstärkung durch Hochtemperaturseile eine Möglichkeit, um mit fluktuierendem Windstrom und erhöhten Übertragungsleistungen umzugehen. Außerdem sind die Integration von Klimawandelaspekten in Normungsprozesse (z. B. Überarbeitung von Eislastkarten) sowie die frühzeitige



Erstellung von Notfallplänen von entscheidender Bedeutung. Durch Schulungen und Trainings sollte das Personal für neue Erfordernisse an die Anlagenplanung sowie für den Umgang mit Ausfällen sensibilisiert werden.

Das Lastmanagement stellt eine weitere Option für den Ausgleich zwischen Stromerzeugung und -nachfrage dar. Die beginnende Entwicklung von Smart-Grid-Technologien und -Konzepten bietet hierfür gute Voraussetzungen. Schließlich kann auch das Vorhalten von gespeicherter Energie in größerem Umfang zukünftig erforderlich sein. Wichtig ist es, zunächst in Forschung und Entwicklung verschiedener Speichertechnologien zu investieren. Unter anderem die „Förderinitiative Energiespeicher“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) steuert dazu bei, eine solide Wissensgrundlage zu schaffen. Staatliche Anreize könnten darüber hinaus dazu beitragen lokale und zentrale Stromspeicherkapazitäten zeitnah aufzubauen. Da im elektrischen System immer Wechselwirkungen zwischen Erzeugung, Verteilung und Nachfrage bestehen, kann die Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen in der Energiewirtschaft nur mit Blick auf die gesamte Wertschöpfungskette erfolgen. Hierbei sind stets die Wechselwirkungen in diesem komplexen System zu berücksichtigen.

WAS SCHON GETAN WIRD: BEST-PRACTICE-BEISPIELE

Beispiele für bereits umgesetzte Anpassungsmaßnahmen sind u. a. der Einsatz von Kühltürmen, differenzierte Verkehrs- und Logistikkonzepte sowie das Netzsicherheitsmanagement. Die treibenden Kräfte sind ökonomische, wettbewerbsbedingte oder sicherheitstechnische Faktoren, wobei die Anteile des Klimawandels nicht immer trennscharf ausgemacht werden können. So gewährleisten Netzbetreiber die Netzstabilität und berücksichtigen dabei auch unabhängig vom Klimawandel mögliche Extremwetterereignisse.

In verschiedenen Projekten wurden und werden in Zusammenarbeit mit Unternehmen deren spezifische Anfälligkeit ermittelt und konkrete Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel identifiziert. So untersuchte beispielsweise das Projekt „Climagy“ Einflussfaktoren des Klimawandels auf verschiedene Unternehmen des Energiesektors. Vor allem die verbleibende Unsicherheit über die Ausprägung des Klimawandels zieht aus Sicht der Unternehmen weiteren Forschungsbedarf nach sich. Die BMBF-Forschungsgruppe „Chamäleon“ untersucht ausgewählte Unternehmen aus dem Verkehrs- und Energiesektor hinsichtlich ihrer Betroffenheit durch den Klimawandel und betrachtet potenzielle Anpassungsmaßnahmen sowohl auf staatlicher als auch betrieblicher Ebene. Im Fokus steht hierbei auch die Kompatibilität politischer und betrieblicher Anpassungsmaßnahmen. Eine Studie im Auftrag des Bundeswirtschaftsministeriums (BMWi) analysierte und bewertete unterschiedliche Anpassungsmaßnahmen im Energiesektor und nahm hierbei eben-

falls sowohl die unternehmerische als auch die regulatorische Seite in den Blick. Generell müssen die Themen Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel in der Energiewirtschaft eng miteinander verzahnt sein. Maßnahmen zum Erreichen der Klimaschutzziele sollten erforderlichen Anpassungsstrategien nicht entgegen stehen. Auf der anderen Seite können erfolgreiche Schritte zur Anpassung an den Klimawandel auch einen Teil zum Erreichen der Klimaschutzziele beitragen.

Grundlage für dieses Themenblatt ist die Auswertung einer Reihe von Forschungsprojekten, Literaturquellen sowie eines Fachdialogs des Umweltbundesamtes. Die wichtigsten Projekte und Quellen sind:

ADAM - Adaptation and Mitigation Strategies: Supporting European Climate Policy:
<http://www.adamproject.eu>

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK): Klimawandel – Anpassungsbedarf aus Sicht des Bevölkerungsschutzes; Schutz kritischer Infrastrukturen:
<http://www.bbk.bund.de>

Chamäleon – Adaptation an den Klimawandel in Unternehmen der öffentlichen Versorgung: <http://www.klima-chamaeleon.de>

CLIMAGY – Climate & Energy: Adaptation Measures to Recent Climate Trends within the Energy Sector

KLIWAS - Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt - Entwicklung von Anpassungsoptionen: <http://www.kliwas.de>

.....
Weitere Projekte können Sie im Projektkatalog des Kompetenzzentrums Klimafolgen und Anpassung (KomPass) unter: <http://www.anpassung.net/projektkatalog>, recherchieren.

.....
Weitere Informationen zu den Stakeholderdialogen unter <http://www.anpassung.net/dialog>

Autoren:
Elisa Dunkelberg, Dr. Bernd Hirschl, Dr. Esther Hoffman,
Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW),
www.ioew.de

Redaktion:
Clemens Haße

Herausgeber:
Umweltbundesamt
Fachgebiet I 1.7
Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung
(KomPass)
www.anpassung.net

Titelbild:
© Rainer Sturm/PIXELIO

Stand: August 2011