

# Der Einfluss von Wetter und Klima auf die Energieversorgung

Von Annette Hammer, Detlev Heinemann, Elke Lorenz und Abha Sood

Mit der rasanten Entwicklung der Erneuerbaren Energien wächst die Bedeutung der Faktoren Wetter und Klima, die bei der Nutzung von Kohle, Öl und Gas nur ein Randthema waren. Das räumlich und zeitlich schwankende Angebot der neuen „Brennstoffe“ Sonne und Wind haben meteorologische Informationen zu einer Schlüsselrolle für einen wirtschaftlichen Einsatz dieser neuen Technologien werden lassen. Diesem Bedarf an Know-how und Information stellt sich das neue interdisziplinäre Forschungsgebiet Energiemeteorologie.



Wolken schmälern das Angebot des „Brennstoffs“ Sonne: ein Thema des neuen Forschungsgebiets Energiemeteorologie.

With the rapid development of renewable energy production, the importance of weather and climate is growing as well, factors that were hardly important for energy production from coal, oil and gas. Because the availability of the new sources of energy, sun and wind, varies with time and place, meteorological information has gained a key role in the financially viable use of these new technologies. The new interdisciplinary research area energy meteorology is meant to provide the necessary know-how and information in this area.

**K**ein Zweifel, Erneuerbare Energien werden künftig in großem Umfang zur globalen Energieversorgung beitragen. Dies erfordert jedoch ein Umdenken im Umgang mit der Ressource „Energie“. Fossile Quellen sind in ihrer Menge bekanntlich deutlich begrenzt, aber ihre Leistung ist im Rahmen der installierten Kraftwerkskapazitäten nahezu beliebig verfügbar. Solar- und Windenergie dagegen zeigen keine praktische Begrenzung, ihre Leistung ist jedoch prinzipiell durch die natürlichen Schwankungen bestimmt.

Die hohe Bedeutung von präzisen Informationen über das verfügbare Angebot aus Sonnen- und Windenergie für den Einsatz Erneuerbarer Energien ist somit unmittelbar einleuchtend. Die Planung künftiger Solar- und Windkraftwerke erfordert genaue Kenntnis über die potenziell verfügbare Energie an einem bestimmten Standort, der wirtschaftliche Betrieb dieser Anlagen bedarf genauer Vorhersagen über das aktuelle Energieangebot, und die Entwicklung kommender Generationen von Anlagen wird nicht ohne eine detaillierte Spezifikation der relevanten meteorologischen Bedingungen auskommen.

An der Schnittstelle zwischen Atmosphärenphysik und Energiesystemforschung angesiedelt, behandelt die Energiemeteorologie grundsätzlich die vielfältigen Einflüsse von Wetter und Klima auf Umwandlung, Übertragung und Nutzung von Energie. Dabei verknüpft sie meteorologische mit physikalisch-technischen Fragestellungen. Grundsätzlich lassen sich energiemeteorologische Methoden in Verfahren der Ressourcenabschätzung („Wieviel Energie kann langfristig an einem Standort gewonnen werden?“) und Verfahren zur Bestimmung der aktuellen oder kurzfristig zu erwartenden Energie („Wieviel Leistung steht wann und wo zur Verfügung?“) einordnen. Abschätzungen von langfristigen klimabedingten Änderungen der Potenziale von Wind- und Solarenergie sowie mögliche Veränderungen des lokalen Klimas durch die Energieerzeugung selbst sind weitere Themen der energiemeteorologischen Forschung.

## Satellitendaten und Solarenergie

**S**atellitendaten sind für Meteorologie und Klimatologie neben Bodendaten die wesentliche Informationsquelle. So liefern

sie auch für die Bestimmung der Sonneneinstrahlung am Erdboden wertvolle Daten, indem sie sämtliche Strahlungsflüsse erfassen, die von der Erde in den Weltraum gerichtet sind. Daraus kann mit Hilfe der Physik des Strahlungstransportes und der Kenntnis über Zusammensetzung und Zustand der Atmosphäre grundsätzlich das Solarenergieangebot am Erdboden berechnet werden. Die dabei erreichte Genauigkeit ist für viele Anwendungen mit Bodenmessungen vergleichbar, die räumliche Auflösung (typisch: 3-5 km) ist der der Bodenmessnetze weit überlegen.

Neue Verfahren wie das in Oldenburg entwickelte HELIOSAT-3 nutzen Daten der neuen Generation von METEOSAT-Satelliten, die neben der Rückstreuung des sichtbaren Sonnenlichts vielfältige weitere Informationen – insbesondere über die Bewölkung – bereitstellen und ein genaueres Bild der Atmosphäre liefern. Dieser Zuwachs an Information ist verbunden mit einer gegenüber den Vorgängersatelliten verdoppelten räumlichen und zeitlichen Auflösung. Dies sind gute Voraussetzungen, um vielfältige, für die Anwendungen wichtige Solarstrahlungsinformation zu gewinnen.

Satellitendaten erlauben darüber hinaus die Untersuchung der räumlichen und zeitlichen Variabilität der Solarstrahlung, die für eine Betrachtung der gleichzeitigen Erzeugung in räumlich verteilten, vernetzten Energiesystemen notwendig ist. Sie können ebenfalls zur Sicherstellung eines dauerhaft effizienten Betriebs von Solaranlagen beitragen. Flächendeckend kann mit den bestimmten Einstrahlungswerten die Leistung von Solaranlagen berechnet und überprüft werden, Fehlfunktionen lassen sich so kurzfristig erkennen und beheben – und der Nutzen der Solarenergie steigt.

## Solar- und Windenergie

Die zeitliche Verfügbarkeit von Energie ist ein wesentlicher wertbestimmender Faktor. Daher gilt es, die Unsicherheiten durch die schwankenden Beiträge aus Erneuerbaren Energien deutlich zu reduzieren, indem präzise Informationen über die zu erwartende Erzeugung bereitgestellt werden. Wind- und Solarleistungsvorhersagen im Bereich von 1-3 Tagen basieren durchweg auf numerischen Wettervorhersagen, verwenden jedoch unterschiedliche Verfahren, die Ergebnisse dieser Wettermodelle in entsprechende Leistungen der Solar- und Windenergiesysteme zu übertragen. Dies geschieht durch Nutzung von statistischen

Zusammenhängen und mit Hilfe weitergehender physikalischer Modellierungen.

Aktuelle Entwicklungen zielen auf die Bestimmung und Einbeziehung der Vorhersageunsicherheiten, die intelligente Verwendung unterschiedlicher Vorhersageinformation sowie auf sogenannte Post-Processing-Verfahren zur nachträglichen Prozessierung von Vorhersagedaten. Im Fall der Solarstrahlung ist die Wolkenvorhersage dabei ein Schlüssel zur Verbesserung.

Solarstrahlungsvorhersagen für kurze Zeiträume von wenigen Stunden können wiederum aus Satellitendaten gewonnen werden, indem die zeitliche Entwicklung der die Strahlung wesentlich bestimmenden Wolkenstrukturen extrapoliert wird. Aus dem vorhergesagten Satellitenbild kann dann die Solarstrahlung berechnet werden.

## Offshore-Windenergie

Die Windverhältnisse über dem Meer sind weit weniger bekannt als bei Standorten an Land mit entsprechend zahlreichen Messungen. Wechselwirkungen zwischen Wind und Wellen und die thermischen Eigenschaften des Wassers führen zu veränderten vertikalen Flüssen von Impuls und Wärme in der Atmosphäre und zu einem ebenfalls veränderten vertikalen Profil der Windgeschwindigkeit.

Eine präzise Bestimmung des Windenergieangebots für die Planung großer Offshore-Windparks sowie die sichere Vorhersage der Stromerzeugung für den Betrieb sind somit sichtlich erschwert. Veränderte Turbulenzeigenschaften des Windes über dem Meer erfordern zudem ein verändertes Anlagendesign, das die veränderte mechanische Belastung der Anlagen berücksichtigt. Extremereignisse bekommen für die Offshore-Nutzung eine besonders hohe Bedeutung, die Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens – von großen Stürmen bis zu kleinskaligen Böen – ist eine der wesentlichen Auslegungsgrößen für die Anlagen.

Wesentliche Voraussetzung für eine gesicherte Beschreibung der Windverhältnisse sind hochwertige vertikal aufgelöste Messungen. Für die Deutsche Bucht steht seit 2005 mit FINO-1 eine Messplattform zur Verfügung, die diesen Ansprüchen genügt. Die in 2008 beginnende Errichtung des Offshore-Testfeldes Alpha Ventus nahe FINO-1 wird weitere wichtige Erkenntnisse liefern. Als Mitglied des wissenschaftlichen Teams zur Begleitforschung wird die Universität intensiv an der Beantwortung der noch offenen Fragen zur Offshore-Nutzung mitarbeiten.

Neue Ansätze, wie zum Beispiel das LIDAR-Messverfahren für eine differenziertere Erfassung des Windfeldes und die Large Eddy Simulation für eine hochaufgelöste Strömungsmodellierung zum Beispiel in Windparks, versprechen dabei deutliche Verbesserungen der Kenntnisse über die Windverhältnisse gerade in den wirtschaftlich wichtigen Offshore-Regionen.

## Ausblick

Meteorologische Randbedingungen werden künftig die Energieversorgung weitaus stärker beeinflussen als bislang. Den Wert der aus den Energiequellen Solarstrahlung und Wind bereitgestellten Energie weiter zu erhöhen, ist das Ziel von Forschung und Entwicklung in der Energiemeteorologie. Nationale Zusammenschlüsse wie das von der Universität Oldenburg gemeinsam mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) gegründete virtuelle Institut für Energiemeteorologie (viEM) sowie internationale Kooperationen in europäischen Projekten und in der Internationalen Energieagentur (IEA) bilden hierfür eine ausgezeichnete Basis.

## Die AutorInnen



Dr. Detlev Heinemann (s. S.14) mit drei wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen der Abteilung Energie- und Halbleiterforschung (EHF) des Instituts für Physik: Dr. Annette Hammer (o.) promovierte 2000

nach dem Physikstudium in Oldenburg über die Möglichkeiten, Daten der europäischen Wettersatelliten für Anwendungen in der Solarenergie zu nutzen. Dr. Abha Sood (M.) beschäftigte sich nach der Promotion 1997 zunächst am Forschungszentrum GKSS (Geesthacht) und am Alfred-Wegener-Institut (Bremerhaven) mit den Schmelzvorgängen auf Grönlands Eisschild, bevor sie sich der Energiemeteorologie zuwandte. Dr. Elke Lorenz (u.) promovierte 2004 nach dem Physikstudium im Bereich Energiemeteorologie. Ihre Schwerpunkte: Solarleistungsvorhersage und Strahlungsberechnung auf Basis von Satellitendaten.