

Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse

Herausgeber: Electrosuisse

Band: 101 (2010)

Heft: (12)

Artikel: Prognose der Windstromproduktion

Autor: Wellstein, Jürg

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-856173>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 13.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Prognose der Windstromproduktion

Verlässlichkeit von Modellen und verfeinerten Simulationen

Als wesentliches Element der Stromeinspeisung von Windenergieanlagen ins Netz wird eine verlässliche Vorhersage der Produktion angesehen. In schwieriger Topografie stellt dies eine Herausforderung dar. Mit einer Untersuchung bestehender Modelle und gezielter Verfeinerung der Simulationen können heute fundierte Kurzfristprognosen erstellt werden.

Jürg Wellstein

Die Stromproduktion von Windenergieanlagen ist vom Windaufkommen abhängig. Dieses ist natürlicherweise fluktuierend, verändert sich. Der in diesem Zusammenhang oft genannte Nachteil hat zur Entwicklung von Prognosewerkzeugen geführt. In Ländern, die bereits einen grossen Anteil ihrer Stromproduktion mit Windenergie abdecken, wurden in den letzten Jahren Systeme entwickelt, um zuverlässige Prognosen der Energieproduktion aufstellen zu können. Ihre Windkraftanlagen stehen meist in flachen Küsten- oder Offshore-Gebieten.

In der Schweiz hingegen stellt man aufgrund ihrer komplexen Topografie zusätzliche Anforderungen an Prognoseinstrumente. Deshalb wurde dieses Problem im Rahmen eines Forschungsprojekts mit Unterstützung des Bundesamts für Energie (BFE) untersucht. Verschiedene Prognosemethoden liessen sich damit erarbeiten, als Prototyp testen und im Hinblick auf Kurzfristprognosen für den nächsten Tag und Kürzestfristprognosen für den stündlichen Tagesstromhandel anwenden.

Cosmo als Grundlage

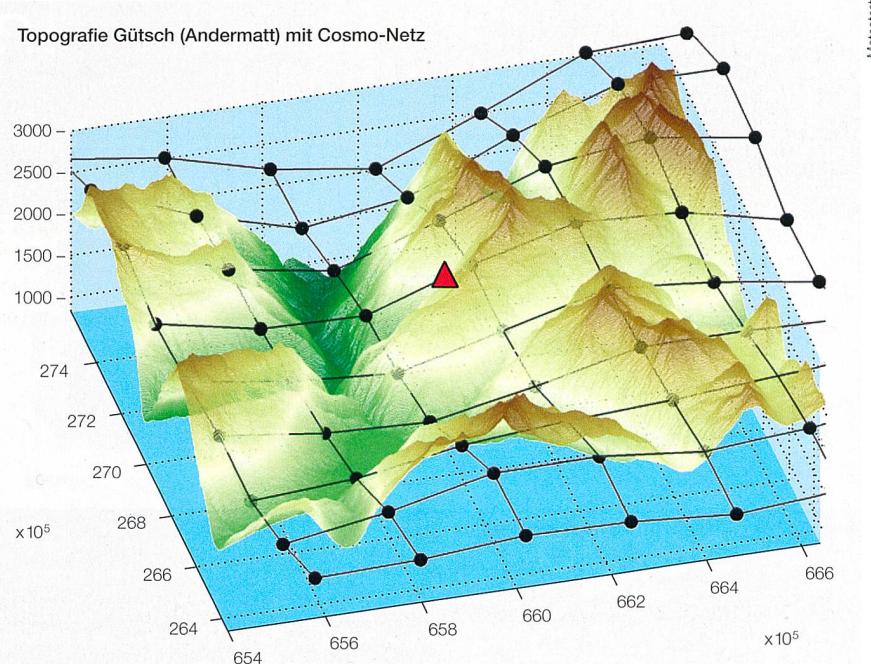
Die Leitung dieses Entwicklungsprojekts lag bei der Meteotest in Bern, einer Genossenschaft, die sich seit Jahren mit Meteorologie befasst – einerseits mit Wetterprognosen, andererseits mit Wind-Messkampagnen und -Gutachten. Projektleiter Beat Schaffner meint zum Forschungsvorhaben: «In einem ersten Schritt trugen wir alle vorhandenen Prognosemodelle zusammen, im zweiten Schritt bauten wir auf der Grundlage des Cosmo-Modells vier für komplexe Gelände geeignete Vorhersagesysteme auf.»

Netzbetreiber verlangen Kurzfristprognosen

Robert Horbaty, Programmleiter des BFE-Forschungsbereichs Windenergie, ist überzeugt, dass sich der Status der Windenergie mit verbesserten Prognosemöglichkeiten erhöhen wird. «Für die Stromnetzbetreiber sind verlässliche Produktionsannahmen wichtig. Für den Vorhersagehorizont von 24–48 h sollten die Werte morgens um 7 Uhr vorliegen, die Kürzestfristprognosen mit einem Horizont von 1–9 h jeweils so rasch wie möglich.»

Im Rahmen des Entwicklungsprojekts wurden die Ergebnisse des Wettermodells Cosmo verfeinert und mit verschiedenen statistischen Filtern sowie einem Simulationswerkzeug kombiniert. Das Cosmo-Modell bietet eine Gitterweite von 2,2 km. Leider sind die damit erzielbaren Ergebnisse zu wenig genau für die kurzfristige Prognose des erzeugbaren Windstroms. Der bedeutendste Nachteil ist die ungenügend grosse Horizontalauflösung, also die Beschreibung der Orografie, der Höhenstruktur der natürlichen Erdoberfläche, des Verlaufs von Gebirgen.

Das Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz war Projekt-partner im Entwicklungsvorhaben. MeteoSchweiz erarbeitete und betreibt das hochauflösende numerische Wettervorhersagemodell Cosmo (Consortium for Small-scale Modelling). Das Konsortium für kleinskalige Modellierung ist eine internationale Zusammenarbeit mehrerer nationaler Wetterdienste in Europa. Es weist in seiner neuesten Version in der Schweiz eine Maschenweite von 2,2 km auf und bietet die zurzeit beste Grundlage für Wettervorhersagen in der komplexen Topografie der Schweiz.



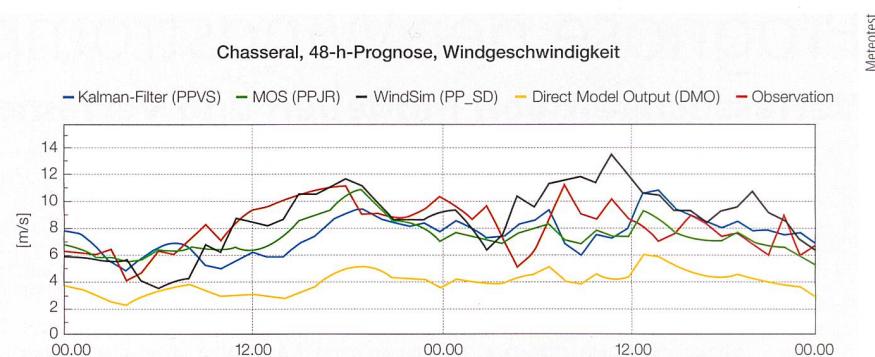
Vergleich der tatsächlichen Topografie mit dem Raster des Cosmo-Modells (schwarze Punkte), hier am Beispiel Gütsch bei Andermatt, wo sowohl eine Windenergieanlage als auch eine Meteostation vorhanden sind.

gen. Diese verursachen Effekte wie die Beschleunigung des Windes über Bergrücken oder Tunnel- und Abschattungsphänomene, welche einen starken Einfluss auf das lokale Windfeld haben. Um für Windenergieanlagen hochwertige Prognosen erstellen zu können, wurden die Cosmo-Resultate weiter verfeinert – teils mit einem dynamischen Downscaling, teils mit verschiedenen statistischen Methoden.

Simulationen und Berechnungen

Für das dynamische Downscaling wurde das Simulationswerkzeug WindSim verwendet. Es ist ein hochauflösendes Modell zur Simulation von Windfeldern über dem Gelände. Benutzt wird dabei die Strömungsmodellierung Computational Fluid Dynamics (CFD), wie sie zum Beispiel verwendet wird, um die Aerodynamik von Flugzeugen zu optimieren. Hier diente sie für die Verfeinerung der Prognosen des 2,2-km-Rasters an einem konkreten Standort in Nabenhöhe der Windkraftanlage.

WindSim nutzt idealisierte Anfangs- und Randbedingungen, sodass das Er-

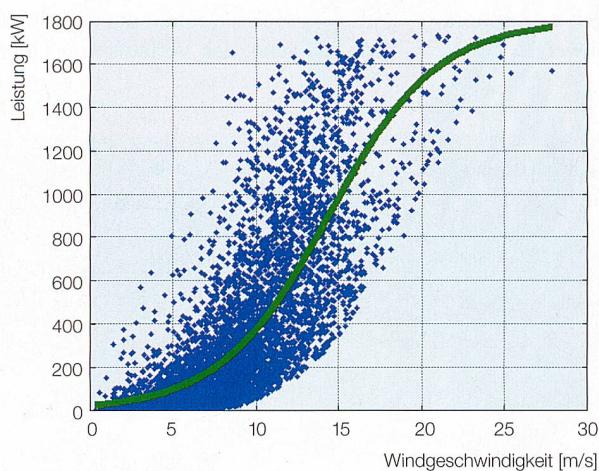


Darstellung aller Prognosemodelle an der Messstation Chasseral. Dank der Verfeinerung liegen Kalman-Filter, MOS und WindSim näher an der gemessenen Windgeschwindigkeit (rot) als die direkte Cosmo-Prognose (DMO, orange).

gebnis keine absolute Lösung darstellt. Beim hier angewandten dynamischen Downscaling werden die Ergebnisse des Wettervorhersagemodells Cosmo entsprechend der mit WindSim berechneten relativen Änderung modifiziert. Die prognostizierte Windgeschwindigkeit wird dann mithilfe der theoretischen Leistungskurve der entsprechenden Windenergieanlage zur Leistungsprognose verwendet.

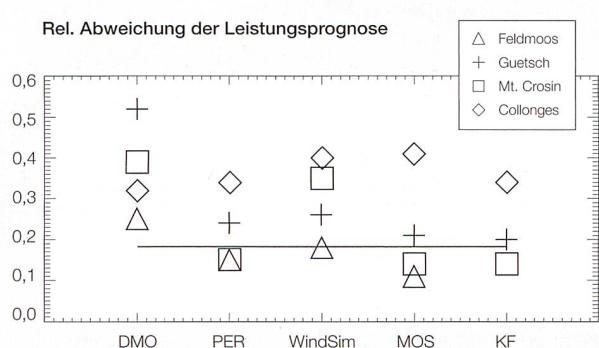
Bei der statistischen Nachbearbeitung wurden mit verschiedenen Methoden die Zusammenhänge zwischen den Cosmo-Vorhersagen und den tatsächlichen Bedingungen gesucht und für die Anpassung der Prognosen an einen konkreten Standort verwendet. Je nach Methode sind dabei entweder historische Mess- oder Produktionsdaten des Standorts erforderlich oder aktuelle Werte, um das statistische Modell laufend anzupassen.

Bei der Evaluation des neuen Prognosemodells konnten verschiedene Teststandorte benutzt werden. Einerseits wurden die meisten der in der Schweiz bestehenden Windenergieanla-



Meteotest

Die sogenannte empirische Leistungskurve setzt die vorhergesagte Windgeschwindigkeit ins Verhältnis zur produzierten Leistung. Sie kann zur Umrechnung der prognostizierten Windgeschwindigkeit in die zu erwartende Leistung und Stromproduktion der Anlage verwendet werden.



Meteotest

In der Schweiz werden aufgrund ihrer komplexen Topografie zusätzliche Anforderungen an Prognose-Instrumente für die Windenergieproduktion gestellt.

Kontakte und Links

Projektleitung

Beat Schaffner
Meteotest
3012 Bern
www.meteotest.ch
beat.schaffner@meteotest.ch

MeteoSchweiz

www.meteoschweiz.admin.ch

Windenergiedaten der Schweiz

www.wind-data.ch

BFE-Energieforschung

Forschungsprogramm Windenergie
Programmleiter Robert Horbaty,
robert.horbaty@enco-ag.ch
Bereichsleiterin Katja Maus,
katja.maus@bfe.admin.ch
www.bfe.admin.ch
(> Themen > Energieforschung)
www.energieforschung.ch

Résumé**Prévision de la production d'électricité éolienne**

Fiabilité des modèles et simulations affinées

Une prévision fiable de la production d'électricité fournie au réseau provenant d'installations éoliennes est considérée comme un élément essentiel. Lorsque la topographie est accidentée, établir ces prévisions devient un défi. Cet article présente brièvement les modèles existants et montre comment des prévisions fondées à court terme peuvent aujourd'hui être réalisées en affinant les simulations de manière ciblée.

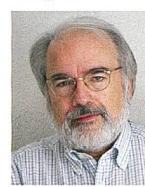
No

onen der Schweiz repräsentieren und homogene Messreihen liefern können», meint Beat Schaffner. Neben sieben Meteostationen wurden auch die vier Windenergie-Standorte Collonges, Feldmoos, Gütsch und Mt. Crosin einbezogen.

Eignung der modifizierten Modelle bestätigt

Die verschiedenen Vorhersagemethoden konnten mit diesen Tests auf ihre Eignung sowohl für die Kurzfrist- als auch die Kürzestfristprognose untersucht werden. Die Genauigkeit der Resultate ist trotz der sehr komplexen Topografie der Schweiz grösstenteils besser oder im Bereich von internationalen Referenzwerten. Relative Abweichungen bei der Leistungsvorhersage liegen bei den verschiedenen Methoden zwischen 0 und 0,6. Teilweise ergaben sich bei den

einzelnen Methoden auch unterschiedliche Werte der spezifischen Standorte. Damit hat sich bestätigt, dass die entwickelten statistischen Methoden unterschiedliche Anforderungen an die zugrunde liegende Datenbasis aufweisen. Damit wird eine grosse Flexibilität für die Entwicklung eines operationellen Betriebs ermöglicht. Zudem kann auf die individuellen Gegebenheiten an einem neuen Standort (z.B. die Datenverfügbarkeit) eingegangen werden.

Angaben zum Autor

Jürg Wellstein befasst sich als Fachjournalist seit Langem mit Themen der erneuerbaren Energien und der Energieforschung. Basis war ein Studium als Ingenieur FH, heute leitet er als Geschäftsführer die Wellstein Kommunikation GmbH in Basel.

Wellstein Kommunikation GmbH, 4058 Basel
wellstein.basel@bluewin.ch

gen gewählt, anderseits meteorologische Stationen des SwissMetNet mit Windmessgeräten. «Diese Standorte sollten die verschiedenen topografischen Regi-

Anzeige

Schnell finden statt lange suchen!

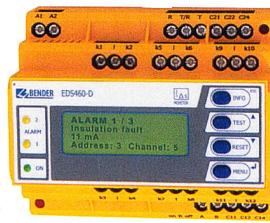
Industrietechnik leicht gemacht...

Ausführliche Informationen unter:
www.optec.ch

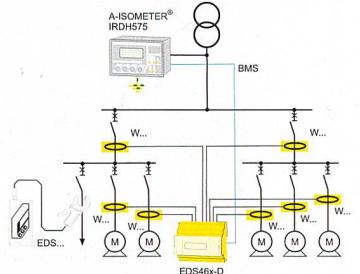
Das Plus an Zuverlässigkeit Ihrer elektrischen Anlage!



A-ISOMETER® IRDH575



EDS460-D

Applikations-Beispiel

Hohe Verfügbarkeit sicherstellen und teure Stillstandzeiten vermeiden. Dafür ist es notwendig, Isolationsfehler rechtzeitig zu erkennen – bevor die Anlage abschaltet! Für die Stromversorgung sensibler Anlagen und Verbraucher werden deshalb Systemlösungen mit Isolationsüberwachung eingesetzt. Mit dem A-ISOMETER® von Optec Bender verfü-

gen Sie über den nötigen Informationsvorsprung, der für eine schnelle Lokalisierung und Beseitigung von Isolationsfehlern nach geltenden Normen erforderlich ist. ISOMETER® in Verbindung mit den EDS-Systemen bieten Ihnen da eine modulare Lösung, wo mehrere Kanäle gleichzeitig gemessen und überwacht werden können.

optec
nergie ist messbar

Optec AG
Guyer-Zeller-Strasse 14
CH-8620 Wetzikon ZH
Telefon: +41 44 933 07 70
Telefax: +41 44 933 07 77
Mail: info@optec.ch