



# Geschichte, Entwicklung und Status Quo der Windenergie

## Episode 1: Grundlagen und Geschichte der Windenergie

Matthias Brandt, Vorstand  
Deutsche Windtechnik AG



Deutsche Bundesstiftung Umwelt





[Technik, Energie und Nachhaltigkeit]

Geschichte, Entwicklung und Status Quo der Windenergie • Episode 1 • Matthias Brandt

# Übersicht der Lerneinheit

## Episode 1: Grundlagen und Geschichte der Windenergie

Episode 2: Entwicklung und Status Quo

Episode 3: Interview mit dem Referenten



## Lernziele dieser Episode

### Lernziel 1:

Sie können wichtige Phasen in der Geschichte der Windenergie wiedergeben und erläutern.

### Lernziel 2:

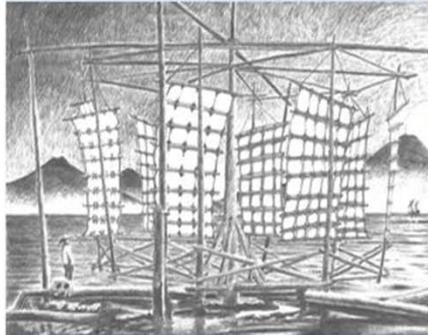
Sie können Einflussfaktoren wiedergeben, wie es zur Entwicklung hin zu Windkraftanlagen für die Elektrizitätserzeugung kam.

### Lernziel 3:

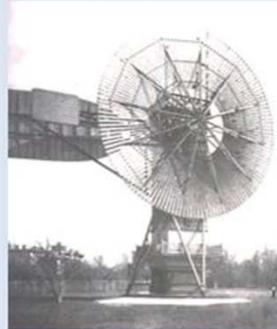
Sie können die Ziele und Prinzipien der Ökostromförderung in Deutschland wiedergeben und beschreiben.



# Geschichte der Windenergie



**600 - 1890**  
Klassische Periode



**1890 - 1930**  
Aufkommen  
elektrizitätserzeugender  
Windkraftanlagen



**1930 - 1960**  
Erste  
Innovationsphase



**Seit 1973**  
Zweite Innovationsphase  
mit Kommerzialisierung



1850



Bild: Jean-Pol Grandmont

1900

1950



2000





## Klassische Periode

- Erste Nutzung der Windenergie um 1700 v.Chr. zur Bewässerung der Ebenen Mesopotamiens
- Erste zuverlässige Quelle aus dem Jahr 644 n. Chr. über eine Windmühle im persisch-afghanischen Grenzgebiet

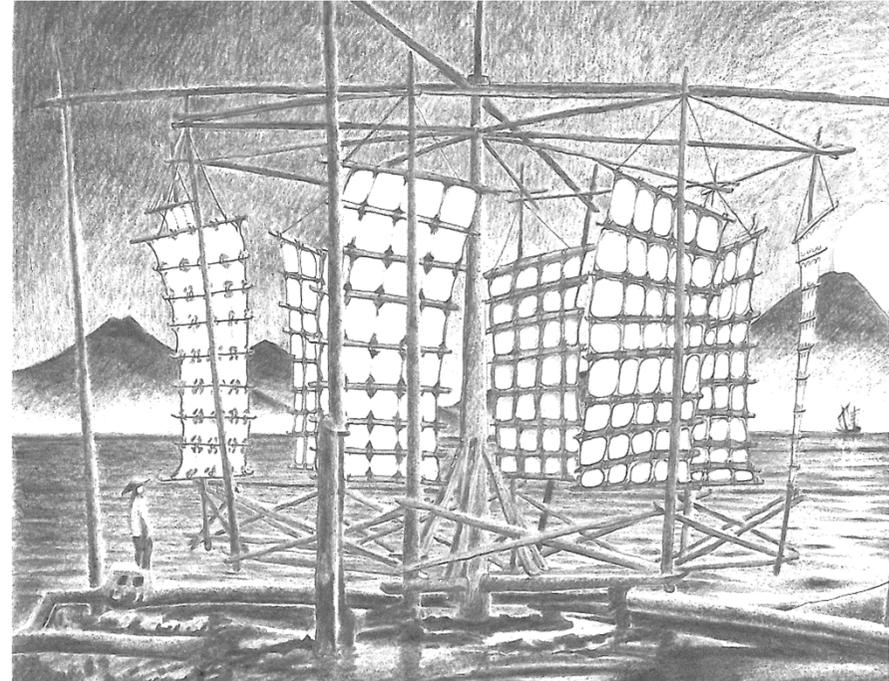


(Hau, 2008)



## Klassische Periode

- In China wurden einfache Windräder aus Bambusrohr und Stoffsegel zum Entwässern der Reisfelder genutzt
- Erste horizontale Windmühlen wurden wahrscheinlich während der Kreuzzüge im Vorderen Orient gefunden



(Canstein, 2014)



## Klassische Periode

- Ab dem 12. Jahrhundert kamen Bockwindmühlen in Europa zum Einsatz



(Hohmann, 2014)



## Klassische Periode

- Kokerwindmühle



(Walbeck, 2014)



## Klassische Periode



(Hau, 2008)

- Entwicklung der Holländerwindmühle um ca. 1600



## Klassische Periode

- Amerikanisches Windrad

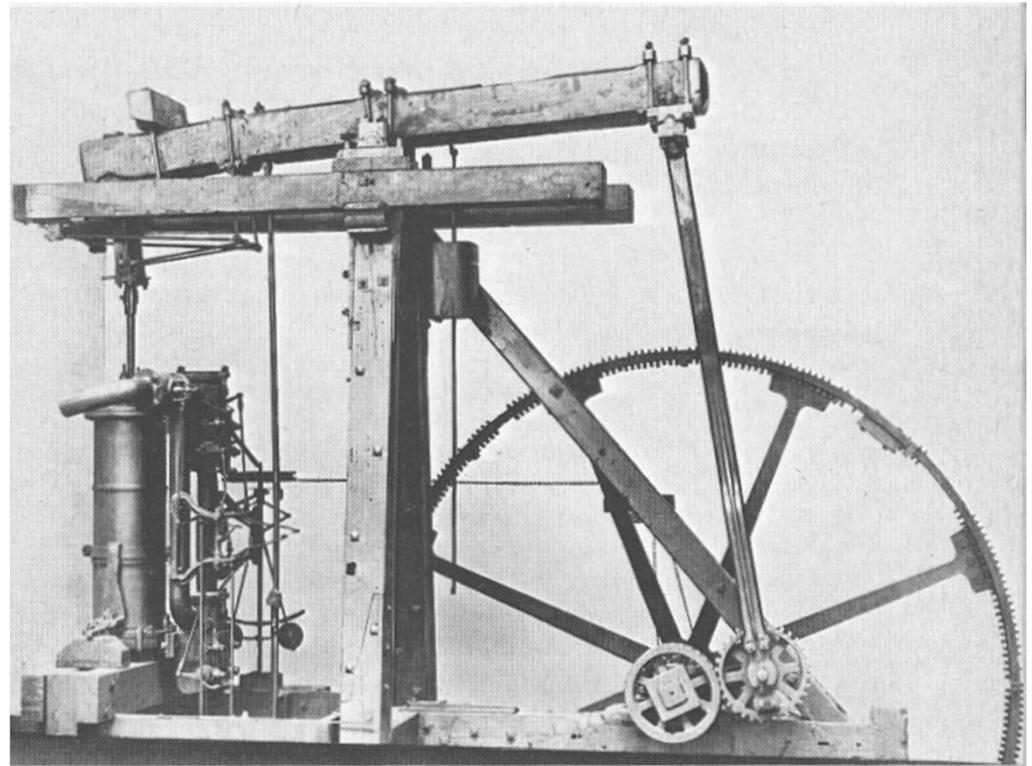


(Hau, 2008)



## Klassische Periode

- Erste praxistaugliche Dampfmaschine wurde 1712 vollendet
- James Watt entwickelt 1765 die erste direktwirkende Niederdruckdampfmaschine
- Verdrängung der Windmühlen durch die Dampfmaschinen



(BI & F.A.B. AG, 2014)



## Aufkommen elektrizitätserzeugender Windkraftanlagen

- Das erste betriebsfähige, öffentliche Kraftwerk der Welt wurde 1880 in New York gebaut
- James Blyth nutzte 1887 als Erster eine Windmühle zur Stromerzeugung

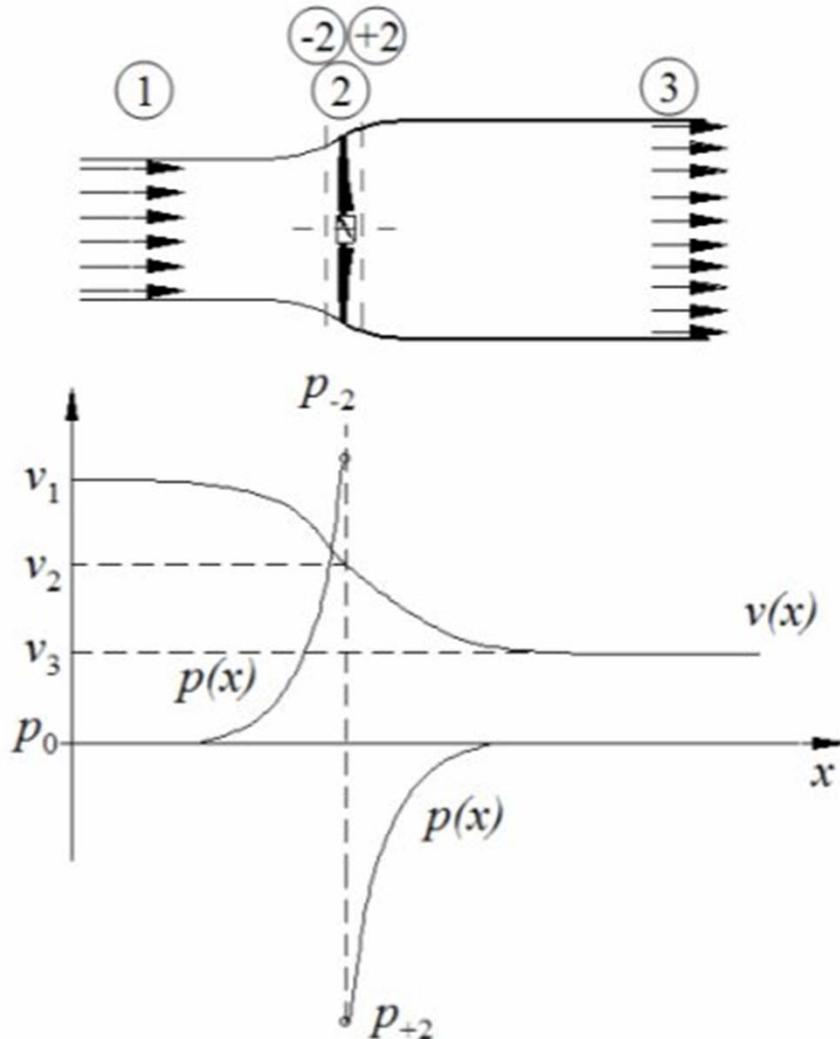


## Aufkommen elektrizitätserzeugender Windkraftanlagen

- Aerodynamik der Flugtechnik wird zu Beginn des 20. Jahrhunderts wissenschaftlich ergründet
- Albert Betz gelingt 1920 die wissenschaftliche Begründung der Aerodynamik von Windturbinen
- Nachlassendes Interesse an der Windenergie nach dem 1. Weltkrieg



## Aufkommen elektrizitätserzeugender Windkraftanlagen

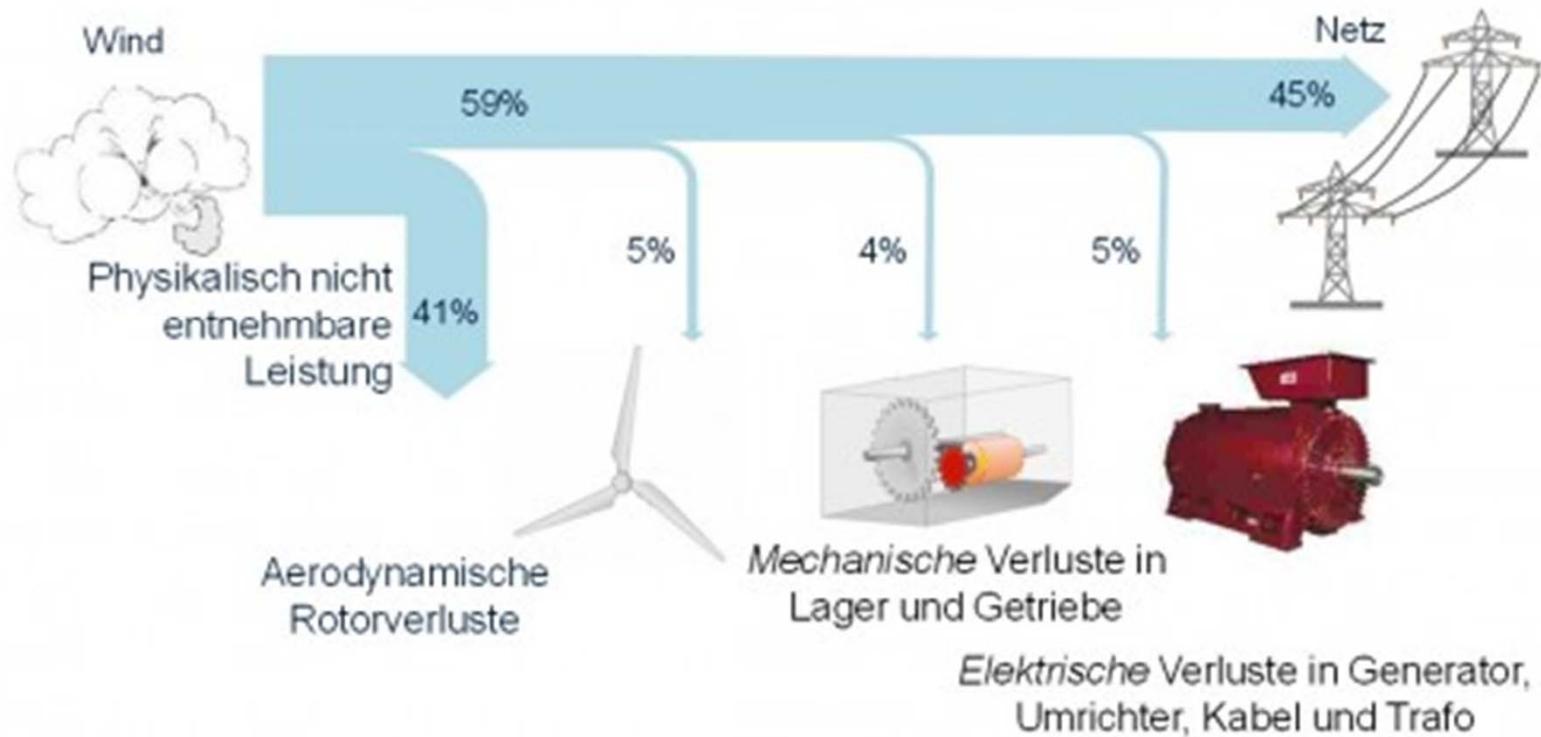


- Eine Windturbine kann die kinetische Energie des Windes nicht vollständig in mechanische Rotationsenergie umwandeln
- Der Deutsche Physiker Albert Betz (1885-1968) errechnete 1920 die optimal erreichbare Leistungsumsetzung für ein idealisiertes Windrad
- Maximal 59% der im Wind vorhandenen Leistung kann durch eine ideale Windturbine entnommen werden



# Energiewandlung

## Energiefluss der Windkraftanlage



(BWE, 2014)



## Erste Innovationsphase

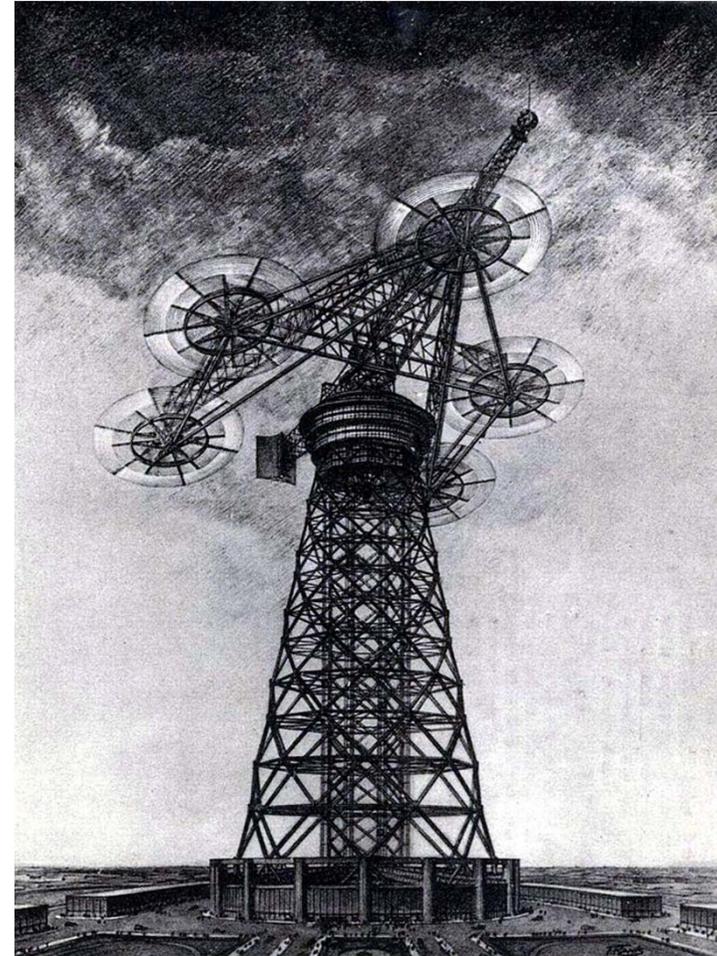
- Wiederaufnahme der Entwicklung der Windkraftanlagen während und unmittelbar nach dem 2. Weltkrieg
- Die wichtigsten Entwicklungen finden in Dänemark, den USA und Deutschland statt



## Erste Innovationsphase

### Deutschland

- Ein Entwurf von Hermann Honnef mit 5 Rotoren á 20 MW Leistung



(Karel, 2014)



## Erste Innovationsphase



(Hau, 2008)

- Ein Entwurf von Franz Kleinhenz mit 130 m Rotordurchmesser und 10 MW Nennleistung



## Erste Innovationsphase

- Ulrich Hütter entwarf die Windkraftanlage W34 mit Zweiblattrotor aus Glasfaser-Verbundbauweise, Pitch-Regulierung und Synchrongenerator (1958)



(Hau, 2008)



## Erste Innovationsphase

### Dänemark

- In Dänemark entwickelte die Firma F.L. Smidth stall-geregelte Windkraftanlagen mit 2-Blatt-Rotor und 50 kW Nennleistung
- Schwierigkeiten mit den dynamischen Eigenschaften führten zur Entwicklung einer Anlage mit 3 Rotorblättern und 70 kW Nennleistung



## Erste Innovationsphase

- J. Juul baut 1957 die Gedser Windkraftanlage mit Asynchrongenerator und 200 kW Nennleistung



(Kuijen, 2014)





## Zweite Innovationsphase

- Fast alle wichtigen technologischen Entwicklungen in der Windkraft wurden Mitte der 1960er Jahre beendet
- Ausbruch der Ölkrise 1973



## Zweite Innovationsphase

- Programme zur Entwicklung und Forschung in den USA, Dänemark, Deutschland und vielen weiteren Ländern
- Die meisten Länder setzten dabei auf große Windkraftanlagen im Megawatt Bereich
- Allein Dänemark folgte diesem Trend nicht



## Zweite Innovationsphase

### Deutschland

- Versuchsanlage W-34 von Ulrich Hütter wurde als geeignete Technologie für moderne Windkraftanlagen angesehen
- Growian („Große Windkraft Anlage“) mit 100m Rotordurchmesser und 3 MW Nennleistung wird auf dem Kaiser-Wilhelm-Koog errichtet



(Gipe, 2013)



## Zweite Innovationsphase

### Dänemark

- Ersten Anlagen hatten 15 bis 16 m Rotordurchmesser und 50 bis 60 kW Nennleistung
- Betreiber erhielten etwa 30% des Anschaffungswertes als direkte Subvention vom Staat
- Bis 1990 wurden über 2500 Anlagen mit Leistungen von 55 bis 300 kW errichtet



## Zweite Innovationsphase

- Kalifornische Windfarmen mit bis zu 1400 MW Gesamtleistung wurden zu 40% mit Windkraftanlagen aus Dänemark aufgebaut
- Die Hersteller haben die Größe der Windkraftanlagen schrittweise erhöht



## Grundlage der Ökostromförderung

- Deutscher Bundestag setzt 1987 Enquete-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" ein. Diese verfasst Reduktionsempfehlungen für Treibhausgase.
- Kyoto-Protokoll (1997): Deutschland sichert eine Reduktion der Treibhausgase um 21 % bis zum Jahre 2012 zu.
- Am 1. Januar 1991 tritt das Stromeinspeisegesetz in Kraft



## Grundlagen der Ökostromförderung

- Ökostromförderung führt zu rascher Entwicklung der Windenergie
  - Im Jahr 1991 gibt es unter 1.000 Windräder in Deutschland – Im Jahr 1999 sind es schon über 10.000
- Einführung des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) im Jahre 2000
  - Fünf Novellen: 2004, 2009, 2012 (Januar und April) und 2014



## Ziele des EEG

- Klima-und Umweltschutz
- Verringerung der volkswirtschaftlichen Kosten der Energieversorgung
- Schonung fossiler Energieressourcen
- Weiterentwicklung von Technologien zur Erzeugung von Strom aus Erneuerbaren Energien



## Prinzip des EEG

- Fester Vergütungssatz pro Kilowattstunde für die Dauer von in der Regel 20 Jahren
- Einspeisung richtet sich nach der Art der Stromerzeugung, nach dem Standort und nach der Größe der Anlagen
- Jährliche Degression der Vergütungssätze soll Anreize zur Kostenreduzierung und Innovation schaffen sowie Erneuerbare Energien schneller an den Markt heranzuführen



## Prinzip des EEG

- Anspruch der Betreiber auf unverzüglichen und vorrangigen Anschluss ihrer Anlage an das Stromnetz
- Anspruch der Betreiber auf unverzügliche und vorrangige Abnahme des zur Einspeisung angebotenen regenerativen Stroms
- Netzbetreiber sind zur Ausweitung der Netzkapazität verpflichtet
- Regeln des Einspeisemanagements regeln Entschädigung bei Abregelung



## Erfolg und Kritik

- Erfolg des EEG:
  - Anteil der Erneuerbaren Energien am Stromverbrauch steigt von 6,4 % im Jahr 2000 auf rund 25 % im ersten Halbjahr 2012
  - 65 Länder weltweit haben mittlerweile Fördersysteme nach dem Vorbild des EEG eingeführt
- Kritik:
  - Befreiung zahlreicher energieintensiver Großverbraucher aus der Industrie von der Umlage
  - EEG-Umlage steigt 2014 auf 6,24 Cent je Kilowattstunde



## EU und Windenergie

- Bereits in den 1980er Jahren begann die EU Kommission mit der Förderung der Windenergie
- Erste Entwicklung von Ausbauzielen in den 1990er Jahren
- 20-20-20 Ziele
- 2010 - „National Renewable Energy Action Plan“ erstmals detaillierter und nachvollziehbarer Rahmen für den Ausbau der Erneuerbaren Energien auf Europäischer Ebene



## Aufgaben für das Selbststudium

1. Recherchieren Sie, zu welchen parallelen Entwicklungen es in der Geschichte der Windenergie kam.
2. Wie funktioniert die Energiewandlung bei Windkraftanlagen? Lesen Sie auf den Seiten des Bundesverbands WindEnergie ([www.wind-energie.de](http://www.wind-energie.de)) nach.
3. Welche Konflikte sehen Sie zwischen europäischen und nationalen sowie regionalen Entwicklungen bei der Windenergie?



## Literatur und Quellen

- Bibliographisches Institut & F. A. Brockhaus AG (01. Juni 2014). *gymmuenchenstein.ch*. Von [http://www.gymmuennenstein.ch/stalder/klassen/sa/rev\\_d/watt.htm](http://www.gymmuennenstein.ch/stalder/klassen/sa/rev_d/watt.htm) abgerufen
- BWE (01. Juni 2014). *wind-energie.de*.
- Canstein, C. v. (01. Juni 2014). *wikipedia.org*. Von [http://de.wikipedia.org/wiki/Geschichte\\_der\\_Windenergienutzung#mediaviewer/Datei:SKMBT\\_C55007120513590-2.JPG](http://de.wikipedia.org/wiki/Geschichte_der_Windenergienutzung#mediaviewer/Datei:SKMBT_C55007120513590-2.JPG) abgerufen
- Gipe, P. (30. Mai 2013). *wind-works.org*. Von <http://www.wind-works.org/cms/index.php?id=544> abgerufen
- Hau, E. (2008). *Windkraftanlagen*. Berlin: Springer Verlag.
- Heier, S. (2009). *Windkraftanlagen*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner.
- Hohmann, H. (01. Juni 2014). *fotocommunity.de*. Von <http://www.fotocommunity.de/pc/pc/display/19260070> abgerufen
- Kaltschmitt, M. (2013). *Erneuerbare Energien*. Berlin: Springer Vieweg.
- Karel, K. (01. Juni 2014). *wikipedia.org*. Von [http://de.wikipedia.org/wiki/Hermann\\_Honnef#mediaviewer/Datei:Honnef\\_01.jpg](http://de.wikipedia.org/wiki/Hermann_Honnef#mediaviewer/Datei:Honnef_01.jpg) abgerufen
- Kuijen, K. v. (01. Juni 2014). *mstudioblackboard.tudelft.nl*. Von [http://mstudioblackboard.tudelft.nl/duwind/Wind%20energy%20online%20reader/Static\\_pages/wind\\_pioneers.htm](http://mstudioblackboard.tudelft.nl/duwind/Wind%20energy%20online%20reader/Static_pages/wind_pioneers.htm) abgerufen
- Lynn, P. A. (2012). *Onshore and Offshore Wind Energy*. West Sussex, UK: John Wiley & Sons Ltd.
- Maegaard, P. (2014). *Wind Power for the World - International Reviews and Developments*. Singapore: Pan Stanford Publishing Pte. Ltd.
- NASA. (28. August 2008). *dvidshub.net*. Von <http://www.dvidshub.net/image/861453/smith-putnam-wind-turbine-display#.U7UoVG20Og4> abgerufen
- Quaschnig, V. (2006). *Regenerative Energiesysteme*. Carl Hanser Verlag: München.
- Quaschnig, V. (2008). *Erneuerbare Energien und Klimaschutz*. München: Carl Hanser Verlag.
- Walbeck, K. G. (01. Juni 2014). *panoramio.com*. Von [http://www.panoramio.com/photo\\_explorer#view=photo&position=13&with\\_photo\\_id=13608339&order=date\\_desc&user=2159207](http://www.panoramio.com/photo_explorer#view=photo&position=13&with_photo_id=13608339&order=date_desc&user=2159207) abgerufen
- Wesselak, V. (2013). *Regenerative Energietechnik*. Berlin: Springer Vieweg.