

Vorwort

„Der Wind kann Arbeit leisten. Wenn er stark genug ist, bricht er Bäume ab oder wirft Gebäude um. Der Mensch sucht sich die Fähigkeit des Windes nutzbar zu machen und lässt ihn mittels der Segel Schiffe antreiben oder mittels der Windräder Getreide mahlen oder Wasser pumpen oder andere nützliche Arbeiten verrichten.“ So beginnt der deutsche Physiker Albert Betz Kapitel 2 seines Buches *Windenergie und ihre Ausnutzung durch Windmühlen*, das im Jahre 1926 erschien. In dieser Zeit begann die technisch-wissenschaftliche Untersuchung der theoretischen Grundlagen von Windmühlen, die von Physikern wie Albert Betz, Poul la Cour, Johannes Juul und Ulrich W. Hütter durchgeführt wurden.

Die Frage, wie man die gewonnene Arbeit des Windes am günstigsten ausnutzt, ist heute aktueller denn je. Das Mahlen von Getreide oder das Pumpen von Wasser ist zugunsten der Erzeugung von elektrischer Energie in den Hintergrund getreten. Windenergieanlagen sind ein fester Bestandteil unserer Energieversorgung. In den letzten 20 Jahren hat sich beispielsweise in Deutschland die Anzahl der installierten Anlagen etwa verdreifacht und die entsprechende Nennleistung nahezu verzehnfacht (Stand 2020). Während aktuell fast alle neu aufgebauten Windenergieanlagen direkt oder indirekt an das Versorgungsnetz angeschlossen werden, ist die nächste Stufe der Entwicklung bereits erkennbar – die Erzeugung von Energie, die in elektrischen Systemen (wie Batterien) oder chemischen Verbindungen gespeichert und bei Bedarf verwendet werden wird. Erste Projekte, mit denen Wasserstoff oder (auch nachgelagert) synthetische Kraftstoffe erzeugt werden, sind bereits realisiert worden.

Dieses Buch trägt den technologischen Entwicklungen Rechnung. Es beschäftigt sich mit modernen Windenergieanlagen, wie sie heute in großer Stückzahl weltweit produziert und eingesetzt werden. Es zeigt, wie diese Anlagen aufgebaut sind und wie sie funktionieren. Dazu ist Wissen aus unterschiedlichen Bereichen erforderlich – von der Aerodynamik über die Strukturmechanik, die Mechanik und die Leistungselektronik bis hin zur Regelungstechnik. Das Buch bietet einen Überblick über diese Bereiche, die bei der Entwicklung einer modernen Windenergieanlage zu berücksichtigen sind. Auf politische, rechtliche und wirtschaft-

liche Aspekte wurde weitgehend verzichtet. Ebenso wurde der Übersichtlichkeit halber auf eine oftmals mögliche, tiefergehende Beschreibung verzichtet und stattdessen auf weiterführende Literatur verwiesen.

Das Buch ist so gegliedert, dass Sie die einzelnen Kapitel, in denen (hoffentlich) die entsprechende Frage beantwortet wird, in beliebiger Reihenfolge lesen können. Sollte Vorwissen erforderlich sein, so sind entsprechende Verweise auf andere Kapitel angegeben. Wahlweise kann das Buch auch chronologisch gelesen werden.

Die beschriebenen Netzanschlussbedingungen können je nach Netzbetreiber variieren und sind nicht übertragbar. In jedem Fall sind die Normen und Richtlinien des aktuellen Standes anzuwenden. Für die in diesem Buch verwendeten Bilder und Zeichnungen kann keine Gewähr übernommen werden, dass diese frei von Patentrechten sind. Außerdem wird für die Richtigkeit der Angaben in diesem Buch keine Haftung übernommen.

Dieses Buch entwickelte sich aus einer Gastvorlesung an der Hochschule 21 in Buxtehude, die ich im Wintersemester 2019 gehalten habe. Mein besonderer Dank gilt Professor Dr. Jürgen Bosselmann für den Kontakt und die Unterstützung in dieser Zeit.

Mein besonderer Dank gilt der Firma Nordex/Acciona SE, die dieses Buchprojekt aktiv gefördert hat. Insbesondere Michael Franke danke ich für seine wohlwollende Unterstützung. Dr. Nils Hoffmann vom Ingenieurbüro Dr. Hoffmann danke ich für das Korrekturlesen und zahlreiche Anregungen. Außerdem danke ich Frau Julia Stepp vom Hanser Verlag fürs Lektorat und die freundliche Begleitung bei der Entstehung dieses Buches.

Henstedt-Ulzburg, im Oktober 2021

Arne Kusiek