

Einleitung

Windkraftanlagen haben in den letzten Jahrzehnten in Deutschland eine immer größere Bedeutung erlangt. Als eine der bedeutendsten erneuerbaren Energiequellen tragen sie maßgeblich zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen und Umstellung auf eine nachhaltige Stromversorgung bei.

Die Bundesrepublik Deutschland hat sich ehrgeizige Ziele gesetzt, um den Anteil erneuerbarer Energien in ihrem Strommix signifikant zu erhöhen. Im Jahr 2022 stammten bereits 46,3 % des Bruttostromverbrauchs aus erneuerbaren Quellen, wobei die Windenergie einen beträchtlichen Teil davon ausmachte.

Aktuell verfügt Deutschland über eine installierte Windkraftkapazität von über 60 Gigawatt (GW). Allein im Jahr 2022 wurden mehrere Hundert neue Windkraftanlagen errichtet.

Die Bedeutung von Windkraftanlagen für den Strommix Deutschlands kann nicht genug betont werden. Im Jahr 2020 lieferten Windkraftanlagen 25,6 % des Bruttostromverbrauchs des Landes, was sie zur zweitgrößten Stromquelle nach der Braunkohle machte. Trotz Rückbau ineffizienter Anlagen und generell erhöhtem Stromverbrauch waren es 2022 immer noch 24,1 %.

Die Windkraftbranche hat nicht nur eine ökologische Bedeutung, sondern auch eine wirtschaftliche. Sie schafft Arbeitsplätze, treibt Innovationen voran und stärkt die regionale Entwicklung, insbesondere in ländlichen Gebieten, in denen viele Windparks angesiedelt sind. Die Energiewende in Deutschland wäre ohne den Ausbau der Windenergie undenkbar.

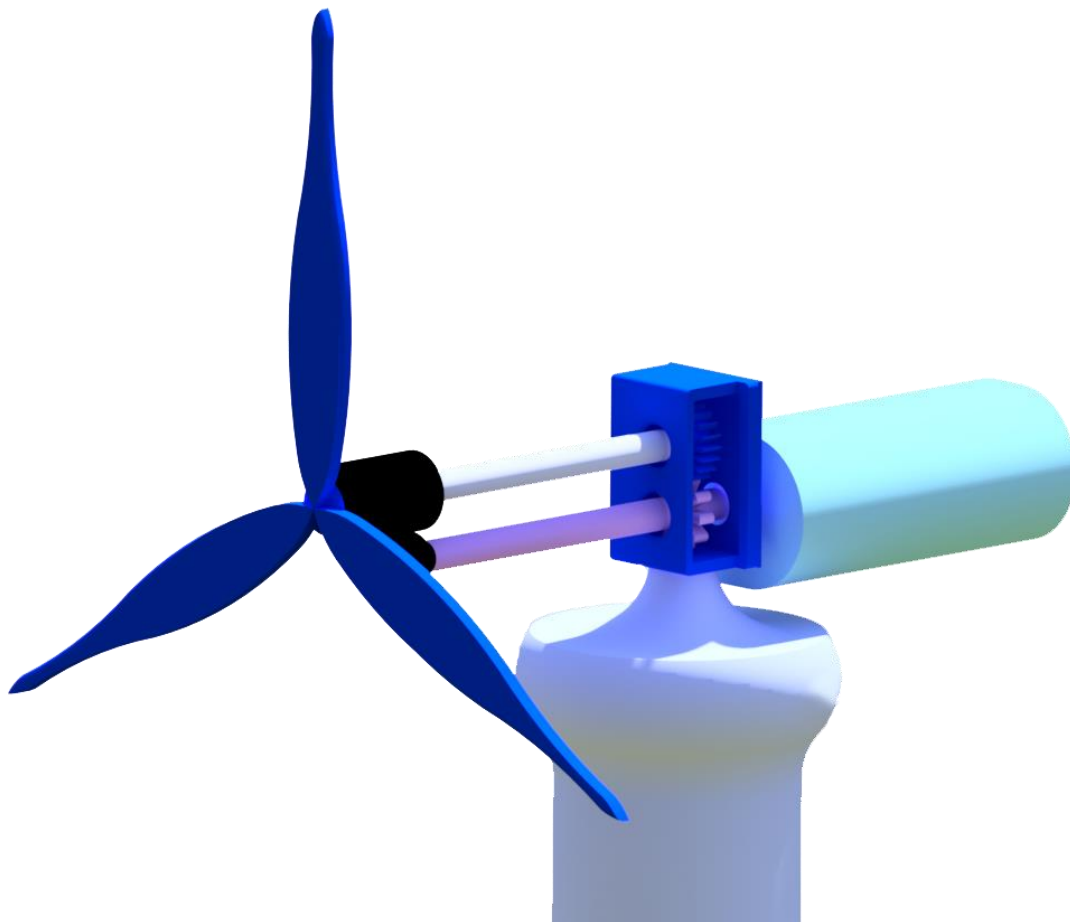


Abbildung 1 Vereinfachter Aufbau eines Windkrafttrads

Funktionsweise

Eine Windkraftanlage wandelt die kinetische Energie des Windes in elektrische Energie um.

Der Aufbau einer typischen Windkraftanlage besteht aus folgenden Komponenten:

Die drei Rotorblätter sind aerodynamisch geformt. Wenn der Wind auf die Rotorblätter trifft, erzeugt er eine Kraft, die die Blätter in Bewegung setzt. Je stärker der Wind ist, desto schneller drehen sie sich. Die Rotorblätter sind mit einer Nabe verbunden, die sich wiederum mit einem Getriebe verbindet. Dieses erhöht die Drehzahl der Rotoren und überträgt sie auf einen Generator.

Der Generator ist das Herzstück der Windkraftanlage. Durch die Drehbewegung der Rotoren wird eine Welle im Generator gedreht, die wiederum einen internen Magnetfeldwechsel erzeugt. Dieser Magnetfeldwechsel erzeugt elektrischen Strom.

Der erzeugte Strom aus dem Generator ist in der Regel als Wechselstrom (AC) vorhanden, muss jedoch in die für das Stromnetz geeignete Form umgewandelt werden. Ein Umrichter wandelt den erzeugten AC-Strom in Gleichstrom (DC) um und anschließend wieder in Wechselstrom mit der richtigen Frequenz und Spannung. Das muss jedoch nicht direkt im Windrad erfolgen.

Der umgewandelte Strom wird über Kabel zum Stromnetz transportiert und (in das allgemeine Stromnetz) eingespeist. Von dort aus kann der erzeugte Windstrom von Verbrauchern genutzt werden.

Die Windkraftanlage ist mit einem Leistungssystem ausgestattet, das die Drehgeschwindigkeit der Rotoren überwacht und steuert. Wenn der Wind zu stark oder zu schwach ist, kann die Anlage die Rotorblätter in einen optimalen Betriebsbereich bringen. Dies ist wichtig, da für einen effizienten Betrieb die Drehzahl des Generators in einem stabilen Bereich gehalten werden muss.

Diese Überwachung kann durch eine Reihe von Sensoren realisiert werden. Winkelaufnehmer liefern genaue Signale zur aktuellen Drehgeschwindigkeit der Wellen. Beschleunigungs- und Vibrationssensoren geben Auskunft darüber, ob Teile der Anlage im Ungleichgewicht sind oder asynchron betrieben werden. Wegaufnehmer können Veränderungen in der Länge von Bauteilen oder den Strecken zueinander messen und wiedergeben. Je nach Ausführung findet die Modulation dieser Signale in den Sensoren selbst oder in externen Elektronikmodulen statt. Dies ist z. B. dann optimal, wenn die Sensorik am Einsatzort nicht über genug Platz verfügt oder extreme Umweltbedingungen herrschen.

Sensoren für Temperaturen bis -40 °C

Die Technik dieser Wegsensoren basiert auf dem Prinzip der Differentialdrossel (induktive Halbbrücken).

Induktive Halbbrücke

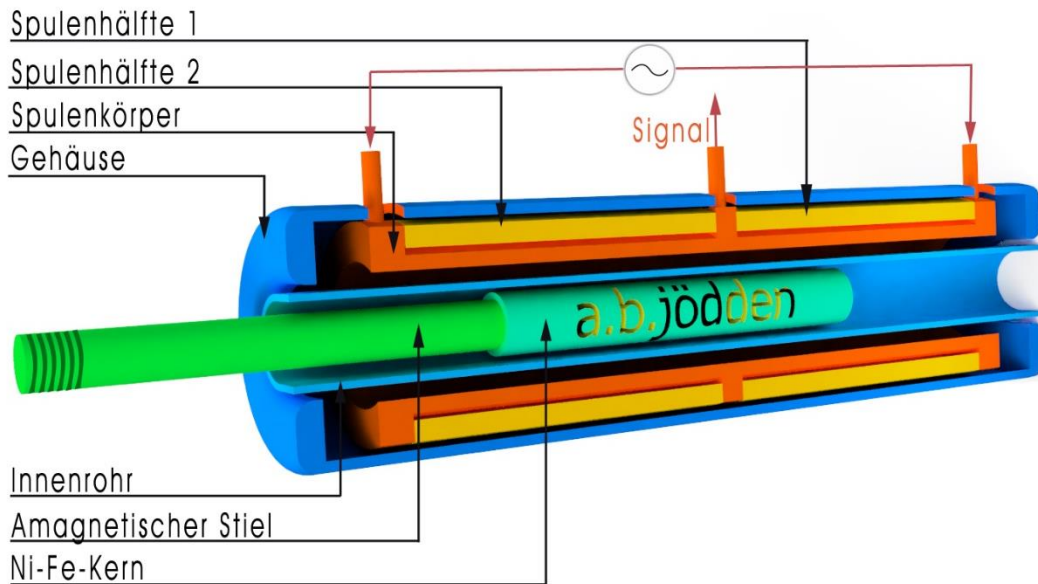


Abbildung 2 Funktionsweise Induktive Halbbrücke

Innerhalb eines Spulenkörpers wird ein NiFe-Kern axial bewegt. Die jeweilige Position des Kerns bewirkt eine entsprechende Induktivitätsverteilung in den beiden Spulenhälften, die durch eine externe oder integrierte Elektronik in ein wegproportionales, analoges Signal umgewandelt wird.

Diese einfache Art der absoluten Wegerfassung ermöglicht einen robusten, zuverlässigen Aufbau des Sensorelementes. Der Einbau in ein Edelstahl- oder NiFe-Gehäuse mit anschließendem Komplettverguss ergibt einen analogen Sensor der im Temperaturbereich zwischen -40°C und $+125^{\circ}\text{C}$ eingesetzt werden kann, der problemlos die Schutzart IP68 (untertauchen bis zu 50 m) erreicht und bis 250 g schock- und vibrationsfest ist.

Somit können diese Sensoren nicht nur in der Einhausung des Windkrafttrades, sondern auch außen direkt im Windstrom eingesetzt werden.

So sind Wege bis 360 mm messbar.

Externe Elektronik

Die Auswertelektronik versorgt die Sensoren mit einer hochkonstanten Wechselspannung. Das Messsignal wird phasenrichtig demoduliert, verstärkt und als normiertes Ausgangssignal mit

$0(4) - 20 \text{ mA}$, $0 - 10 \text{ VDC}$ oder $\pm 10 \text{ VDC}$ zur Weiterverarbeitung ausgegeben. Die Elektronik kann je nach Anwendungsfall als 1- oder 2-kanalige Version in verschiedenen Gehäusen oder im Sensor integriert ausgeführt werden. Die verwendete Wechselspannung zur Versorgung der induktiven Sensoren mit einer Frequenz von 10 kHz ermöglicht die Erfassung hoch dynamischer Messvorgänge. Die standardmäßig eingestellte Grenzfrequenz beträgt 800 Hz und kann auf Kundenwunsch auf 4 kHz erhöht werden. Die verschleißarme und wartungsfreie Ausführung der Sensoren bedeutet eine zuverlässige Funktion mit langer Lebensdauer. Die erforderlichen Betriebsspannungen sind variabel und können den Anwendungen angepasst werden, z. B. $11 - 17 \text{ VDC}$ bei Einsatz in Kraftfahrzeugen.

Der streng symmetrische Aufbau der Spulenhälften sorgt für eine sehr gute Linearität, hohe Reproduzierbarkeit, Hysteresefreiheit und Temperaturstabilität. Elektronische

Temperaturkompensation und Linearisierung sind bei diesen Systemen nicht erforderlich.

Dem Anwender stehen mit diesen Sensoren sehr robuste, einfach zu handhabende, absolut messende Systeme zur Verfügung. Auch die vom Anwender durchzuführende Verdrahtung der Sensoren in der bewährten 2- oder 3-Leitertechnik ist einfach und zuverlässig. Jeder Sensor wird mit einer

2- oder 3-adrigen, abgeschirmten Leitung verbunden. Der niederohmige Abschlusswiderstand in der Empfangselektronik (SPS, IPC oder Anzeigerät) gewährleistet die sehr störsichere Übertragung der analogen Signale. Typische Einsatzgebiete dieser Sensoren sind u. a. die Istwerterfassungen in geschlossen Regelkreisen. Mit dem verschleißfreien Messverfahren sind Regelungen hoch dynamischer Vorgänge problemlos möglich.

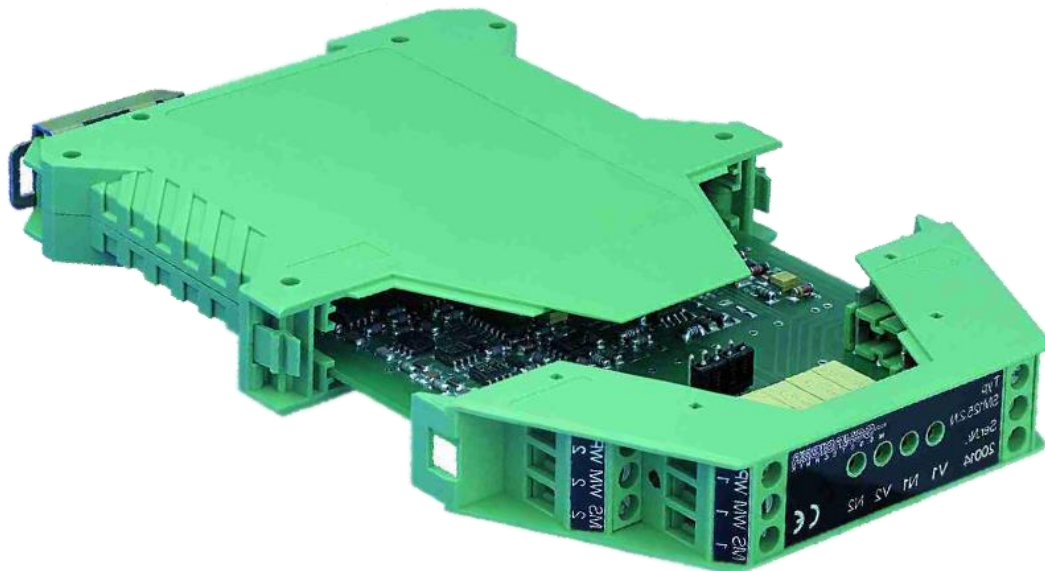


Abbildung 3 Externes Elektronikmodul SM12

Alle Abbildungen: Michael Heßhaus/a.b.jödden gmbh

Freigegeben für diesen Bericht

Linkedin:

<https://www.linkedin.com/company/a-b-j%C3%B6dden-gmbh>

Ansprechpartner:



Michael Heßhaus

Wirt.-Ing. (B.Sc.)

Marketing und Vertrieb

m.hesshaus@abjoedden.de

www.abjoedden.de



Europark Fichtenhain A 13a
47807 Krefeld

Fon 0049 2151 516259 15

Fax 0049 2151 516259 20

Geschäftsführer: Dipl.-Ing. Bernd Jödden

Amtsgericht Krefeld HRB 6825, USt-IdNr. DE 812752817