

**Seite:** T2  
**Ressort:** Technik und Motor  
**Seitentitel:** Technik und Motor

**Ausgabe:** Hauptausgabe

<sup>1</sup> IVW 3/2022

<sup>2</sup> AGMA ma 2022 Tageszeitungen

**Mediengattung:** Tageszeitung

**Nummer:** 8

**Auflage:** 177.314 (gedruckt) <sup>1</sup> 192.127 (verkauft) <sup>1</sup>  
 198.374 (verbreitet) <sup>1</sup>

**Reichweite:** 0,944 (in Mio.) <sup>2</sup>

## Ein Kraftwerk zieht Kreise

Wie grün ist grüne Technik? Das ist schon fast eine Glaubensfrage. Ein Blick auf die Zahlen zeigt, dass Windräder und Solaranlagen besser als ihr Ruf sind.

Von Anna-Lena Niemann

Optimismus hat keine Konjunktur. Dabei sieht, wer sich die Emissionen des deutschen Strommixes anschaut, eigentlich eine kleine Erfolgsgeschichte. Keine abgeschlossene, erst recht keine perfekte, aber doch eine messbare. 1990 verursachte jede Kilowattstunde Strom 860 Gramm Kohlendioxid und dessen Äquivalente. 2021 waren es 485 Gramm. Die klimaschädlichen Emissionen im Stromsektor sinken, dank Solar- und Windenergie. Doch am Erfolg, bis hierhin, haftet ein vermeintlicher Makel. Es hält sich der Verdacht, dass die Bilanz Schönrechnerei ist, weil Photovoltaikmodule und Windräder eben nicht vom Himmel fallen. Jemand muss die Rohstoffe aus dem Boden holen, sie verarbeiten, Module in energieintensiven Fabriken zusammenschrauben, sie über den Globus transportieren, Betonfundamente gießen, Unterseekabel verlegen und vieles davon zwanzig, dreißig Jahre später wieder entsorgen. In den Strommix-Emissionen taucht das nicht auf.

Erkaufen wir uns unsere verbesserten Emissionswerte also, indem wir ignorieren, was an Energie und Materialien erst mal investiert werden muss? In anderen Sektoren, auf anderen Kontinenten?

Die Frage, ob "grüne Technik" nur dann als solche gilt, wenn man ihr Vor- und Nachleben ausblendet, begleitet die Energiewende seit ihren Anfängen. Doch die Antworten auf sie haben sich gewandelt. Das zeigt ein aktueller Blick auf Windkraftanlagen an Land und auf See, genau wie auf die Photovoltaik. Über letztere sagt Thorsten Schneiders, Professor für Erneuerbare Energien an der Technischen Hochschule Köln, etwa, dass noch viele Ideen durch die Debatte geistern, die sich auf Zahlen der PV-Produktion von vor 30 Jahren bezö-

gen. Oder auf Studien über PV-Module für die Raumfahrt. Da sei es so gewesen, dass es mehr Energie gekostet habe, ein Solarmodul herzustellen, als es über die Spanne seines Lebens je wieder hätte einfahren können. Und heute? Das Bild ist in jedem Fall ein anderes. Die Technik wird am Fließband produziert und immer effizienter gesteuert. Schon aus betriebswirtschaftlichen Gründen versuchen Hersteller sparsam mit Material umzugehen und Betreiber so viel Energie wie möglich aus den Anlagen zu holen. Trotzdem gibt es verschiedene Wege, um zu messen, wie "umweltfreundlich" eine Energieanlage ist. Ein Konzept ist die Energy Payback Time (EPBT), zu deutsch Energierücklaufzeit. Sie gibt an, wie lange es dauert, bis ein Kraftwerk so viel Energie produziert hat, wie es an Primärenergie im Laufe seines Lebens verschlungen hat. Sowohl Wind- als auch Sonnenenergie schlagen sich hier inzwischen gut. Das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE hat auf Basis aktueller Produktionsdaten etwa verglichen, wie schnell eine in China hergestellte, monokristalline Silizium-PV-Anlage diesen Punkt erreicht. Das Ergebnis hängt davon ab, wo die Anlage steht, wie stark die Sonneneinstrahlung ist und wie effizient das Stromnetz vor Ort arbeitet. Im Ergebnis zeigt sich für Europa eine durchschnittliche EPBT von gut 14 Monaten. Auf Sizilien ist es weniger - noch nicht einmal ein Jahr. Bei einer Lebensdauer von wenigstens 20 Jahren bedeutet das, dass eine Solaranlage mindestens 20-mal so viel Energie liefert wie sie vor, während und nach ihrer Lebenszeit verschlingt. Das Umweltbundesamt kommt auf ähnliche Werte und beziffert die EPBT für Deutschland, je nach Standort und der verbauten Solartechnologie, auf 0,9 bis

2,1 Jahre.

Windkraftanlagen schlagen sich noch besser. Thorsten Schneiders von der TH Köln verweist auf eine exemplarische Berechnung seines Instituts: Eine Drei-Megawatt-Onshore-Turbine habe nach drei Monaten den Energieausgleich geschafft. "Pauschale Aussagen sind aber schwierig. In eine solche Analyse fließen zig Parameter ein und jeder Standort ist anders", sagt er. Doch auch unter weniger günstigen Bedingungen pendeln sich die Werte stets im Bereich "weniger Monate" ein. Das zeigt schon eine ältere Studie von 2016, die Energierücklaufzeiten für vier Turbinentypen, Onshore und Offshore, verglichen hat. An Land kamen die Wissenschaftler der Technischen Universität Dänemark auf 5,2 bis 6,2 Monate EPBT. Offshore dauerte es 10 bis 11,1 Monate. Die Differenz liegt vor allem am höheren Materialbedarf auf See. Angefangen bei den riesigen Monopiles, Fundamenten aus Stahl, bis zu den Unterseekabeln.

Die EPBT sagt dabei vor allem etwas über die Effizienz einer Anlage aus. Das ist aber nicht alles, wenn es um Umweltfreundlichkeit gehen soll. Dem trägt eher die komplexe Lebenszyklusanalyse Rechnung, kurz LCA (Life Cycle Assessment). Aus ihr geht etwa der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck eines Kraftwerks hervor. Eine besonders umfangreiche LCA kann aber auch qualitative Merkmale einschließen, also etwa beschreiben, wie sich Photovoltaikproduktionen auf Gewässer auswirken. Einfacher zu vergleichen ist jedoch der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck. Auch in diesen Wert fließt in der Regel wieder alles ein, vom Abbau der Rohstoffe bis zum Abriss und dem Transport zur Deponie, von der kleinsten Schraube bis zum Rotorblatt. Die dänischen Wissenschaftler bezifferten

die Werte für Turbinen an Land auf 5,0 bis 6,0 Gramm CO<sub>2</sub>-Äquivalente je Kilowattstunde und für Offshore-Turbinen auf 7,8 bis 10,9. Für Silizium-Solaranlagen geben die Experten des ISE eine Spanne zwischen 35 bis 57 Gramm an. Zum Vergleich: Kohle trägt einen Wert von etwa 990 Gramm mit sich, Erdgas 530 Gramm.

Technischer Fortschritt spielt dabei eine große Rolle, andere Faktoren wiegen dagegen nicht so schwer wie angenommen. Transportwege haben weniger Einfluss auf die Bilanz als die eingesetzten Materialien. Zumal in der Windkraft. Rotorblätter und Gondeln verschifft man nicht mal eben um den Globus, das Gros der Herstellung passiert in Europa. Und

hier ist wiederum der Strommix schon deutlich emissionsärmer als in weiten Teilen Asiens, speziell in China. Stahltürme weichen vermehrt Betonkonstruktion, was gut ist für die CO<sub>2</sub>-Bilanz. Anlagen werden klüger gesteuert, Winddaten besser ausgewertet, die Konstruktionen verbessert. Ein Windrad, das höher ist und größere Rotorblätter hat, braucht zwar mehr Material, aber kann seine Energieausbeute dadurch überproportional verbessern.

Auch in der Solarbranche zeigen sich Unterschiede. Glas-Glas-Module sind klimafreundlicher als solche mit folierter Rückseite, weil sie ohne Aluminiumrahmen auskommen. Und dass Hersteller es geschafft haben, dank dünnerer

Wafer und hochpräziser Diamantsägen, den Bedarf an Silizium je Watt-Peak von früher 16 auf heute 2,5 Gramm zu drücken, ist ein technischer und ökologischer Erfolg. Zudem spielt der Strommix der Produktion eine wichtige Rolle. Ein PV-Modul aus Europa hat 40 Prozent weniger CO<sub>2</sub> erzeugt als eines aus China. Da allerdings nur ein Prozent der weltweit installierten Module aus Europa kommt, sind die chinesischen Werte zwar die schlechteren, gleichwohl aber die realistischeren. Trotzdem gilt, dass jedes Modul, das heute ans Netz geht, so dafür sorgt, dass die Module der Zukunft sauberer werden.

**Abbildung:** Perspektivwechsel: Für die CO<sub>2</sub>-Bilanz eines Windrads kommt es auf die kleinste Schraube und das größte Rotorblatt an. Foto Picture Alliance/dpa

**Wörter:** 1051

**Urheberinformation:** Alle Rechte vorbehalten. © F.A.Z. GmbH, Frankfurt am Main