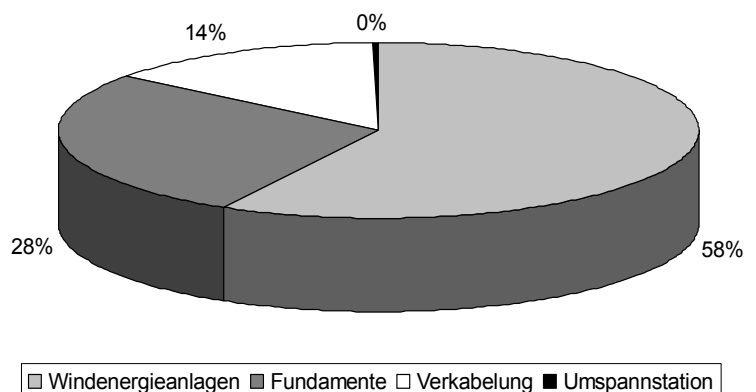


Lebenszyklusanalyse eines Offshore-Windparks in der Nordsee

Bei der Offshore-Windenergienutzung steht oft die Frage im Mittelpunkt, ob moderne Multimegawatt-Windenergieanlagen während ihres Lebenszyklus mehr Energie bereitstellen als für ihre Herstellung, Nutzung und Entsorgung benötigt wird. Um den Energieaufwand und die damit verbundenen Emissionen an Luftschadstoffen und Klimagasen zu bestimmen, ist es erforderlich, den gesamten Produktionsprozess zu betrachten. Dazu wird der Weg von der Herstellung der Materialien für die Anlagen über den Anlagenbau und die Nutzungsphase bis zum Abbau der Anlagen verfolgt. Hierbei werden alle relevanten Energie- und Materialströme über den gesamten Lebenszyklus der Anlagen erfasst. Diese werden zum so genannten kumulierten Energieaufwand (KEA) aufsummiert. Um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten, werden alle Energieströme auf die in der Natur vorkommende Primärenergie zurückgerechnet. Durch diese Betrachtungsweise werden alle Lebensphasen der Anlagen berücksichtigt, so dass von einer Lebenszyklusanalyse gesprochen wird.

Am Lehrstuhl für Energiesysteme und Energiewirtschaft der Ruhr-Universität Bochum wurde eine Studie über die Umweltauswirkungen einer 5-MW-Windenergieanlage im Offshore-Betrieb durchgeführt. Mit Unterstützung der Firma REpower Systems AG in Hamburg ist der Prototyp der Anlage „REpower 5M“ untersucht worden. Um künftigen Entwicklungen im Offshore-Bereich Rechnung zu tragen, wurde ein kompletter Windpark, der modellhaft auf dem Papier aus vierzig Windenergieanlagen samt der erforderlichen Infrastruktur (Fundamente, Verkabelung, Umspannstation) zusammengestellt wurde, betrachtet. Als Standort ist der geplante und bereits genehmigte Offshore-Windpark „Borkum West“ in der Nordsee gewählt worden. Die Wassertiefe vor Ort beträgt 20 - 30 m und erfordert daher den Einsatz von Tripod-Fundamenten. Am Standort wurde eine durchschnittliche Windgeschwindigkeit von 9,3 m/s gemessen. Damit wird ein jährlicher Nettostromertrag von etwa 17,5 Mio. kWh pro Windenergieanlage erwartet. Unter Berücksichtigung des gesamten Energie- und Materialeinsatzes für Herstellung, Nutzung und Rückbau des Windparks sowie des gesamten Energieertrags innerhalb der Betriebsdauer von zwanzig Jahren wird der kumulierte Primärenergieaufwand für die Bereitstellung einer Kilowattstunde Elektrizität mit **0,3 MJ/kWh_{el}** errechnet. Damit verbunden sind CO₂-Emissionen in Höhe von **19 g/kWh_{el}**. Graphik 1 zeigt die Verteilung des kumulierten Energieaufwands innerhalb des Windparks.



Graphik 1: Verteilung des Kumulierten Energieaufwandes (KEA) auf die Komponenten des Offshore-Windparks

Den energetischen Aufwendungen wird die substituierte Primärenergie gegenübergestellt. Sie ergibt sich daraus, dass durch den Betrieb der Windenergieanlagen fossile Energieträger eingespart werden. Als Bewertungsgröße wird hierbei die „Energetische Amortisationszeit“ herangezogen. Sie gibt die Zeitdauer an, die der Offshore-Windpark in Betrieb sein muss, um den kumulierten Energieaufwand wieder „hereingespielt“ zu haben. Je geringer die energetische Amortisationszeit ist, umso energetisch effektiver ist die Stromerzeugung. Sie liegt für den betrachteten Offshore-Windpark bei etwa **fünf Monaten**.

Der Einfluss der Standortparameter Wassertiefe und Windgeschwindigkeit wurden ebenfalls in der Studie analysiert. Bei Wassertiefen unterhalb von 20 m, ist der Einsatz weniger materialintensiver Gründungen wie Monopiles oder Schwergewichtsfundamente, möglich. Entsprechend verringert sich die energetische Amortisationszeit auf etwa vier Monaten. Ebenso ändert sich auch die durchschnittliche Jahreswindgeschwindigkeit je nach Standort. Sie ist einer der wesentlichen Einflussgrößen in der Energiebilanz, da die Stromerzeugung von der dritten Potenz der Windgeschwindigkeit abhängt. Bei einer Absenkung um ca. 2 m/s erhöht sich die energetische Amortisationszeit des Windparks um etwa zwei Monaten.

Die Studie belegt, dass Offshore-Windparks in allen Fällen eine positive Energiebilanz aufweisen da durch ihren Betrieb ein Vielfaches der zu ihrer Herstellung, Nutzung und Entsorgung benötigten Primärenergie eingespart wird. Maßgeblich dabei sind die hohe Ausnutzungsdauer der Anlagen auf offener See und die damit verbundenen hohe Stromerträge. An dieser Stelle bedarf es jedoch einer kritischen Interpretation der Ergebnisse insofern, dass die erweiterte elektrische Versorgung in dieser Studie nicht berücksichtigt wurde. So ist die von Windenergieanlagen erzeugte Elektrizitätsmenge nicht als gesichert anzusehen, da nicht geplant werden kann zu welchem Zeitpunkt sie anfällt. Backup-Kraftwerke müssen die entsprechende Regelkapazität bereithalten. Auch ist beim Ausbau der Offshore-Windenergienutzung eine Verstärkung des deutschen Hochspannungsnetzes zur Weiterleitung der erzeugten Elektrizität in die Ballungszentren erforderlich (Nord-Süd-Leistungstransit). Die mit diesen Aspekten verbundenen Aufwendungen sollten in weiteren Untersuchungen einfließen um eine umfassende energetische Betrachtung der Offshore-Windenergienutzung zu ermöglichen.

Weitere Informationen:

Lehrstuhl für Energiesysteme und Energiewirtschaft der Ruhr-Universität Bochum

Telefon: 0234 3226046

www.lee.ruhr-uni-bochum.de

lee@lee.ruhr-uni-bochum.de