Begleitheft

Inhaltsverzeichnis

Bekämpfung der Erderwärmung 1

Geschichte der Offshore-Windenergie 4

Wie wird ein Offshore-Windpark gebaut? 9

Schweinswale und Co. - Wie wirkt sich Offshore-Windenergie auf die Meeres-umwelt aus? 11

Elektromobilität in Deutschland 13

Fragenkatalog für Schüler 15

Über das Projekt 21

Verweise 21

Bildnachweise 23

Bekämpfung der Erderwärmung

Das Pariser Klimaschutzabkommen

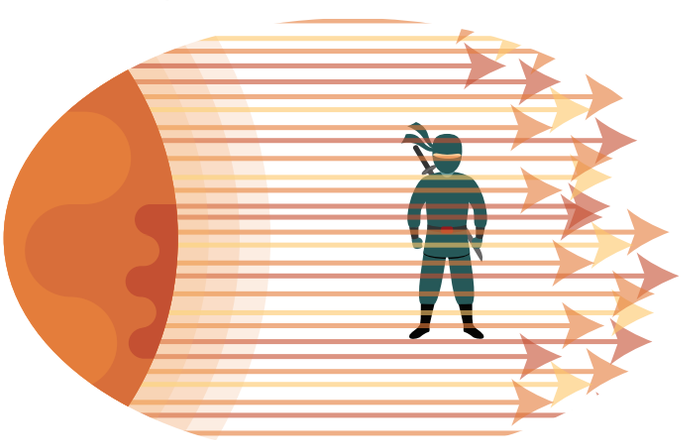
Im Dezember 2015 haben sich auf der Klimaschutzkonferenz in Paris 197 Länder darauf geeinigt, dass sie alles dafür tun wollen, die menschengemachte Erderwärmung auf deutlich unter zwei, möglichst aber unter eineinhalb Grad Celsius zu halten[1]. Als Bezugswert[2] wurde hierfür eine Zeit gewählt, in der es lediglich erste industrielle Ansätze gab: Zwischen den Jahren 1850 und 1900.

Um dies zu erreichen, wollen die teilnehmenden Länder ihren Ausstoß von klimaschädlichen Stoffen wie Kohlendioxid (CO2) in den kommenden Jahren stark verringern. Reiche Länder sind dabei verpflichtet, dieses Ziel schneller umzusetzen als ärmere[3].

Wie funktioniert der Treibhauseffekt? - Kohlenstoffdioxid als „Klimakiller"

Viele Staaten der Welt wollen die Erderwärmung also aufhalten. Doch warum wird das Klima auf der Erde immer wärmer? – Das hängt mit dem sogenannten „Treibhauseffekt" zusammen.

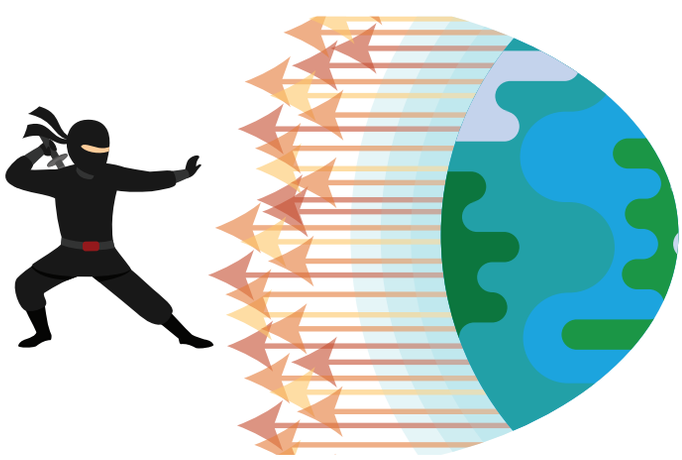
Unsere Atmosphäre besteht zu 78,1 Prozent aus Stickstoff und zu 20,9 Prozent aus Sauerstoff[4]. Im verbleibenden ein(en) Prozent sammeln sich Wasserdampf und die sogenannten „Spurengase". Und dieses eine Prozent hat es in sich: Ohne diese Stoffe wäre die Erde im Durchschnitt 33 Grad Celsius kälter, denn sie halten die Wärme der Sonnenstrahlen auf der Erde. Aber wie funktioniert das?



Kohlendioxid, Methan, Distickstoffoxid und Ozon sind allesamt Spurengase und wahre „Planetenerwärmungs-Spezialisten". Sie sammeln sich vor allem in der unteren Troposphäre und lassen die Strahlen der Sonne auf ihrem Weg zur Erdoberfläche erst einmal ohne Probleme passieren.

Die Sonnenstrahlen treffen nun auf die Erdoberfläche und erwärmen diese. Durch die Wärme entsteht Wärmestrahlung, die sich nun auch in Richtung Atmosphäre ausbreitet. Die Spurengase lassen die meiste Wärmestrahlung, anders als die Sonnenstrahlen, jetzt aber nicht mehr passieren und schicken sie zurück zur Erde. Dadurch kühlt die Erde nicht so schnell aus als sie es sonst tun würde.

Ganz ähnlich funktionieren Treib- oder Gewächshäuser. Deswegen hat man den Effekt nach diesen benannt.



Unterschied von „Wetter" und „Klima"

Seit dem Ende des 19. Jahrhunderts hat sich das Klima auf der Erde um etwa 0,8 Grad Celsius erwärmt. Doch bedeutet das, wenn an einem Sommernachmittag 25 Grad Celsius auf dem Thermometer abgelesen werden können,

wäre es ohne Erderwärmung eigentlich nur 24,2 Grad Celsius warm? Um diese Frage zu beantworten müssen wir uns einmal ansehen, was eigentlich der Unterschied zwischen Wetter und Klima ist:

Der Duden beschreibt den Begriff Wetter als einen „Zustand der Atmosphäre zu einem bestimmten Zeitpunkt, an einem bestimmten Ort, der in Gestalt von Sonnenschein, Regen, Wind, Wärme, Kälte, Bewölkung o. Ä. in Erscheinung tritt“[5]. Das Klima ist laut Duden „für ein bestimmtes geografisches Gebiet typischer jährlicher Ablauf der Witterung“.[6]

Zusammengefasst bedeutet das: „Wetter“ ist das, was ihr seht und fühlt wenn ihr an einem verregneten Herbsttag von der Schule nach Hause laufen müsst und „Klima“ beschreibt, wie das Wetter in eurem Ort normalerweise ist.

Durch Wetterstationen auf der ganzen Welt und sehr viele Messungen haben wir mittlerweile einen ziemlich guten Überblick über das Klima in den verschiedenen Regionen der Erde. Beispielsweise kann man sagen, dass, auch wenn es an manchen Sommertagen sehr heiß in unserer Hauptstadt Berlin ist, dieser Ort im Durchschnitt immer noch kälter ist als ein Strand auf Mallorca.

Erderwärmung bedeutet nicht unbedingt, dass Tage, die heute 25 Grad Celsius warm sind in Zukunft 26, 27 oder 28 Grad Celsius warm sein werden. In manchen Regionen werden die Winter deutlich wärmer und die Sommer kälter oder andersherum. Manche Regionen werden durch das komplizierte Klimasystem sogar kälter, wobei andere Regionen deutlich wärmer werden als der Durchschnitt. Deswegen sprechen wir in diesem Zusammenhang auch oft vom „Klimawandel“.

Eines ist aber ganz sicher: Durchschnittlich, alle Regionen über längere Zeiträume zusammengenommen, wird sich die Erde in Zukunft erwärmen.

Wirklich menschengemacht?

Steigender Meeresspiegel, schmelzende Gletscher, stärker werdende Stürme – nahezu alle Wissenschaftler stimmen darüber ein, dass sich das Klima auf der Erde ändert.

Es gibt einige, zum Teil auch einflussreiche Menschen die glauben, der Klimawandel sei ganz natürlich und hätte nichts damit zu tun, was wir Menschen tun oder lassen.

Es stimmt zwar, dass es in der Erdgeschichte viele Warm- und Kaltzeiten gab und dass sich das Klima stets geändert hat. Dies war auch schon so, als es noch keine Menschen gab. Und dennoch gibt es Fakten, die die Vermutung sehr nahelegen, dass der aktuelle Klimawandel durch den Menschen verursacht ist.

Anhand von Eisbohrungen, versteinerten Baumringen, Korallenriffen und anderem kann man feststellen wie, zu einem bestimmten Punkt in der Vergangenheit, die Atmosphäre aufgebaut und wie warm es war. Es zeigt sich: Je mehr CO_2 in der Atmosphäre war, desto wärmer wurde es. Dass wir in einem Jahr so viel CO_2 in die Atmosphäre entlassen wie die Erde in einer Millionen Jahre speichern kann ist ebenfalls unumstritten.

Auch ist durch Messungen erwiesen, dass seit 1850 (hier hatte die Industrialisierung langsam richtig Fahrt aufgenommen) die weltweite Durchschnittstemperatur um etwa 0,8 Grad gestiegen ist – und dies in den letzten Jahrzehnten viel schneller als in denen davor. Deswegen sind heute im Sommer Gebiete mit dem Schiff befahrbar, die Jahrtausende lang zugefroren waren, während Flüsse, welche seit Jahrhunderten mit Schiffen befahren werden nun im Sommer nicht mehr befahren werden können, da sie zu wenig Wasser führen

Am Ende können wir sogar froh sein, dass der Klimawandel menschengemacht ist. Denn aus diesem Grund haben wir überhaupt die Chance, ihn aufzuhalten. Wir müssen einfach „nur“ die Fehler, die bisher gemacht werden, abstellen.

Warum ausgerechnet zwei Grad? Oder: Was passiert, wenn sich unsere Erde erwärmt?

Wenn sich die Temperatur auf der Erde dauerhaft erhöht, erreicht man irgendwann sogenannte „Kipp-Punkte“.[7]

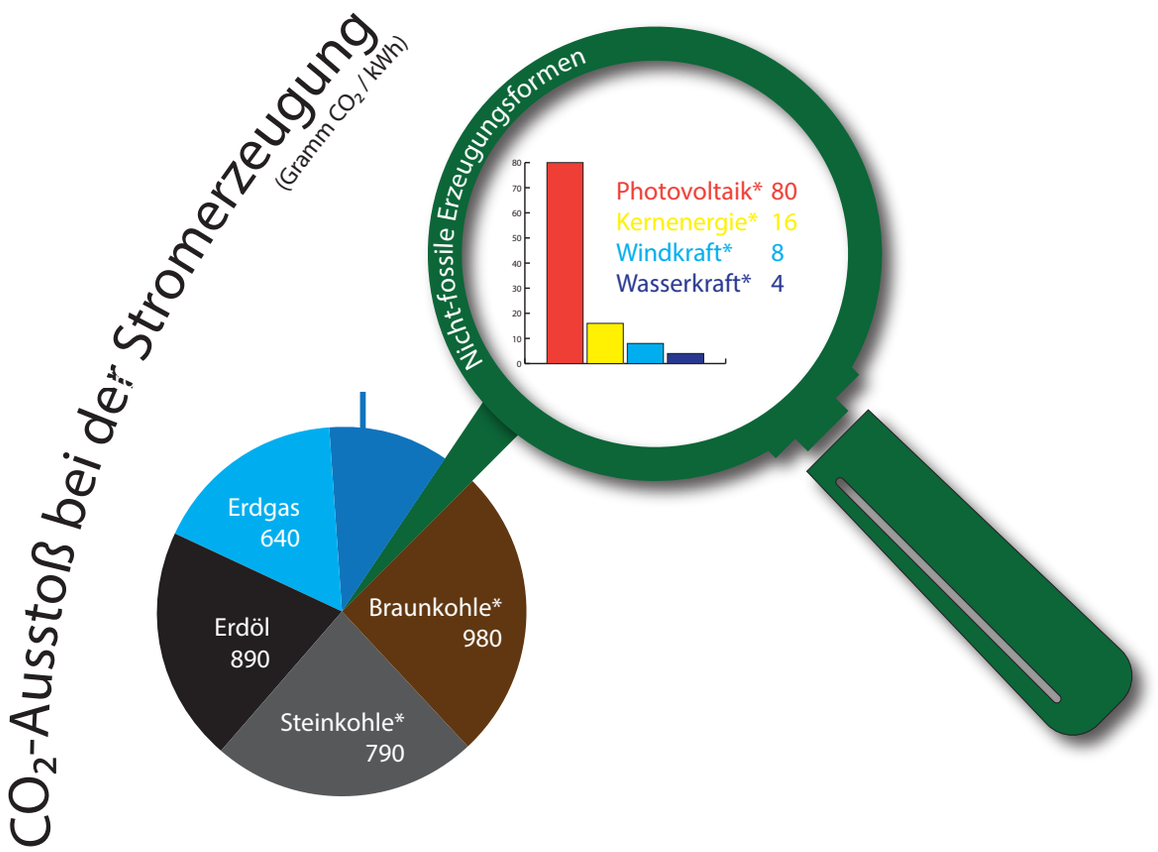
Wenn beispielsweise das Eis an den Polen der Erde schmilzt, erhöht dies nicht nur den Meeresspiegel, sondern führt dazu, dass die Erderwärmung noch schneller voranschreitet: Denn Eis und Schnee reflektieren

Sonnenlicht viel besser als der darunter liegende Boden. Der nach der Schmelze freigewordene Boden ist häufig dunkel und absorbiert damit die Wärme der Sonne, anstatt sie zu reflektieren.

Ein weiteres Beispiel sind Permafrostböden in Russland und Kanada. Permafrost bedeutet, dass die Landschaft, in der diese Böden liegen, nie so warm werden, dass die Bodentemperatur über den Gefrierpunkt steigt. In diesen Böden sind viele Gase, unter anderem Methan und CO2, gespeichert und können aus dem gefrorenen Boden nicht austreten. Wenn der Boden allerdings auftaut, entweichen diese Gase in die Atmosphäre. Da Methan beispielsweise ein 21-mal wirksameres Treibhausgas als Kohlenstoffdioxid ist, verstärkt das Freiwerden dieses Gases den Klimawandel enorm. Ziel muss es also sein, die Permafrostböden möglichst nicht zu stark zu erhitzen.

Die Abschwächung des Golfstroms, der Rückgang von Wäldern, das Entstehen von Trockenzonen und viele weitere Phänomene kommen hinzu, sodass das Erreichen von Kipp-Punkten eine große Gefahr darstellt. Wissenschaftler gehen davon aus, dass wir bei einer maximalen Erwärmung von 2 Grad Celsius das schlimmste noch verhindern können.

Es gibt auch Länder, vor allem Inselstaaten, die selbst bei einer Erwärmung von 2 Grad Celsius durch den damit verbundenen Anstieg des Meeresspiegels im Meer untergehen werden. Daher hat man sich in Paris nicht nur auf das 2-Grad-Ziel als oberste Grenze geeinigt, sondern beschlossen, die Erderwärmung möglichst unter 1,5 Grad Celsius zu halten.



Welche Technologien zur Stromerzeugung stoßen am meisten CO_2 aus?

Der Hauptgrund, warum Deutschland sich dazu verpflichtet hat die erneuerbaren Energien in Zukunft noch stärker auszubauen liegt darin, dass bei der Stromproduktion mit diesen Technologien kaum Treibhausgase in die Atmosphäre gelangen.

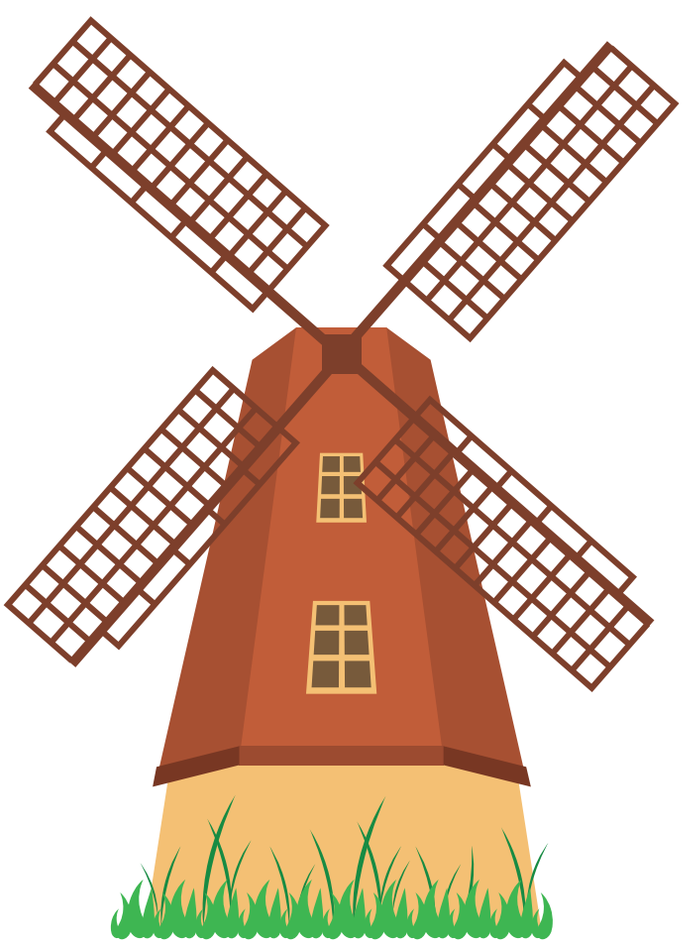
Die Produktion von Strom in einer Windenergieanlage, um beispielsweise eine halbe Stunde lang Staub zu saugen verursacht nur etwa 8 Gramm CO2. Wenn dieser Strom aus einem Braunkohlekraftwerk kommt, liegt dieser Wert bei einem knappen Kilogramm.[8]

Geschichte der Offshore-Windenergie

Entwicklung

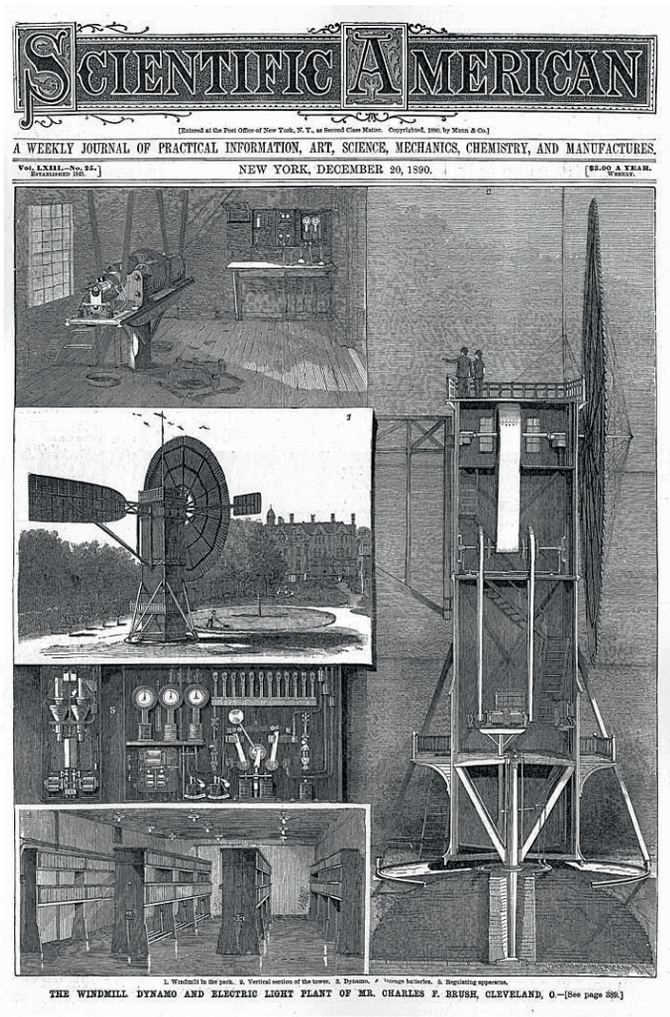
Die Nutzung von Windenergie hat eine lange Geschichte. Bereits in der Antike nutzten Menschen in Asien und dem vorderen Orient Windmühlen um Getreide zu mahlen oder Wasser an die Oberfläche zu befördern.

Seit dem 12. Jahrhundert sind Windmühlen auch in Europa bekannt. Durch fundierte Kenntnisse aus der Segelschifffahrt und dem Austausch von Handwerkern in Zünften wurden diese rasch verbessert. Statt einer vertikalen verwendete man eine horizontale Rotordrehachse[9]. So brauchten die Mühlen weniger Platz und die Energieaufnahme durch die Segel wurde effektiver. Mit der Industrialisierung und der Erfindung der Dampfmaschine verloren Windmühlen rasch an Bedeutung und konnten sich nur in ländlichen Gegenden halten. Doch auch hier verschwanden sie wegen des Ausbaus der zentralen Stromversorgung mittels Kohlekraftwerken gegen Ende der 1920er Jahre.[10]



Elektrischer Strom aus Windenergie

Zwischen 1887 und 1888 entwickelte Charles Brush die erste vollautomatische Windenergieanlage (WEA) zur Stromerzeugung. Nach einigen Verbesserungen



SCIENTIFIC AMERICAN

[Entered at the Post Office of New York, N. Y., as Second Class Matter. Copyrighted, 1890, by Munn & Co.]

A WEEKLY JOURNAL OF PRACTICAL INFORMATION, ART, SCIENCE, MECHANICS, CHEMISTRY, AND MANUFACTURES.

Vol. LXIII.—No. 25.] ESTABLISHED 1845. NEW YORK, DECEMBER 20, 1890. [$3.00 A YEAR. WEEKLY.

1. Windmill in the park. 2. Vertical section of the tower. 3. Dynamo. 4. Storage batteries. 5. Regulating apparatus.

THE WINDMILL DYNAMO AND ELECTRIC LIGHT PLANT OF MR. CHARLES F. BRUSH, CLEVELAND, O.—[See page 389.]

entwickelte sich die Bedeutung von Windenergieanlagen vor allem in ländlichen Regionen bis zum Ende des Zweiten Weltkriegs langsam aber stetig, bis es in der Nachkriegszeit zum Ölboom kam und das Atomzeitalter eingeläutet wurde. Forschungsgelder wurden gestrichen und Windkraftanlagen wurden zur Stromerzeugung schlicht unrentabel.

Dies änderte sich erst ab den 1970er Jahren. Die Energiekrise, hervorgerufen durch die Senkung der Fördermenge von Öl, und die spätere Nuklear-Katastrophe von Tschernobyl, bei dem ein Kernkraftwerk in der ehemaligen Sowjetunion explodierte, führten zu einem Umdenken in Gesellschaft und Politik.

Die Anlagen zur Erzeugung von Strom durch die Kraft

des Windes waren für die Betreiber jedoch weiterhin unrentabel und wurden meist nur aufgrund idealistischer Motive betrieben. Dies änderte sich am 07. Dezember 1990: das Stromeinspeisegesetz, der Vorläufer des heutigen Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), wurde durch den Bundestag beschlossen und verpflichtete Energieversorger und Netzbetreiber, den Windstrom abzunehmen und zu bezahlen.
Erste, größere Windparks entstanden vor allem in den norddeutschen Bundesländern. Angestoßen durch diesen ersten Boom der Windenergiebranche kam es zu weiteren Innovationen und die Windkraft entwickelte sich zu einem Stützpfeiler des Atomausstiegs, wozu Deutschland sich nach einer weiteren nuklearen Katastrophe in Fukushima 2011 verpflichtete.

Offshore-Windenergieanlagen

Bereits in den siebziger Jahren gab es, unter dem Eindruck der Ölkrise, erste Visionen zur Nutzung von Windenergie außerhalb des Festlandes. Der englische Begriff „offshore“ bedeutet übrigens so viel wie „weg von der Küste“. Als Offshore-Windenergieanlagen werden in Deutschland Anlagen bezeichnet, die mindestens 3 Seemeilen, also etwa 5,4 km von der Küste entfernt sind. Anlagen in geringerer Entfernung zur Küste werden als Nearshore-Windenergieanlagen bezeichnet. 1990 wurde unweit der schwedischen Ostseeküste die erste Offshore-Windenergieanlage mit einer Leistung von 220 Kilowatt in Betrieb genommen.
Zum Vergleich: Um die gleiche Energie auf einem Fahrrad zu erstrampeln wie diese Anlage in einer Stunde produziert, müsste der Radprofi Lance Armstrong 19,5 Tage lang mit voller Leistung in die Pedale treten.

Bereits ein Jahr später folgte der erste Offshore-Windpark rund zwei Kilometer nördlich der dänischen Ostseeinsel Lolland. Ziel dieser Anlagen war die Erprobung und Erforschung der Anbindung, sowie die Sammlung von Betriebserfahrung.

Beide Projekte waren jedoch nicht leistungsstark genug, um profitabel zu sein. Dies änderte sich um die Jahrtausendwende mit der Entwicklung der ersten Windenergieanlagen der Megawatt-Klasse (1MW = 1.000.000 Watt).

Vorreiter beim Bau der Offshore Windenergieanlagen waren Dänemark, Großbritannien, die Niederlande und Schweden mit ihren teilweise relativ Flachen Küstengebieten. Die erste Installation von Windenergieanlagen in tieferen Gewässern, weit entfernt von der Küste, gelang 2006 im schottischen Hoheitsgebiet. Die Umweltbedingungen und Bodenbeschaffenheit sind hierbei ähnlich denen in Deutschland.[11]

Die erste deutsche Offshore-Windenergieanlage wurde 2004 mit einer Leistung von 4,5 Megawatt in Betrieb genommen. 2010 folge die Inbetriebnahme des ersten Testfeldes „alpha ventus“ mit 12 Windenergieanlagen, bereits ein Jahr später mit Baltic 1 mit 21 Windenergieanlagen die Fertigstellung des ersten kommerziellen Windparks in der deutschen See.

Politische Rahmenbedingungen

Im Klimaschutz hat sich Deutschland ambitionierte Ziele gesetzt. Diese können nur durch eine geeignete Energiepolitik erreicht werden. Nach der Katastrophe von Fukushima hat die Bundesregierung im Jahr 2011 den schrittweisen Ausstieg aus der Kernenergie beschlossen und die Energiewende begründet.

Unter anderem soll bis 2050 der Ausstoß von klimaschädlichen Emissionen um 80 bis 95 Prozent im Vergleich zu 1990 reduziert werden. Der Ausbau erneuerbarer Energien und die Substitution von fossilen Energieträgern tragen erheblich zur Minderung von Treibhausgasemissionen bei. Die Bundesregierung strebt bis 2030 an, mindestens 65 Prozent des gesamten Bruttoenergieverbrauchs aus erneuerbaren Energien zu decken.

Nach den aktuellen zielen der Bundesregierung sollen bis zum Jahr 2020 6,5 Gigawatt Strom mit Windenergie auf dem Meer produziert werden (1 GW = 1.000 MW). Tatsächlich werden es bis 2020 wohl sogar 7,7 Gigawatt an installierter Leistung von Offshore-Windenergieanlagen sein.

Bedeutung

Mitte 2018 befanden sich bereits 20 Offshore-Windparks mit einer Gesamtkapazität von über 5.300 Megawatt in Nord- und Ostsee in Betrieb.

Die Offshore-Windenergie wird bei der Energiewende eine erhebliche Rolle spielen. So belegen Studien, dass die oben genannten Ziele der Bundesregierung nur durch einen signifikanten Anteil der Offshore-Windenergie an der Stromerzeugung umgesetzt werden können. Die Stromerzeugung durch Wind auf hoher See ist zuverlässig und umweltschonend und hat somit das Potential, in Zukunft einen hohen Beitrag zur Deckung des Gesamtenergiebedarfs in Deutschland zu leisten.

Mit dem offshore produzierten Strom könnten knapp 120 Millionen Fernseher betrieben werden, zwei Millionen Waschmaschinen unter Volllast laufen oder über fünf Millionen Haushalte komplett mit Strom versorgt werden. Offshore-Windenergie leistet auch deshalb einen erheblichen Beitrag zum Klima- und Umweltschutz, weil sie eine große Menge fossiler Kraftwerke dauerhaft ersetzen kann.

Offshore-Windenergie ist eine relativ junge und aufwendige Technologie innerhalb der regenerativen Technologien. Der erste Offshore-Windpark alpha ventus ging, wie gesagt, erst im Jahre 2010 ans Netz. Die Offshore-Windenergie umfasst viele Aspekte (Anlagentechnologie, Umwelt, Schiffbau, Hafentechnologie, Netzausbau, regulatorische Rahmenbedingungen, Arbeitssicherheit usw.), die es zu berücksichtigen gilt, um die aufwendige Technik und ihre Vor- und Nachteile verstehen zu können.

Offshore-Windparks
in der deutschen Nord- und Ostsee

Deutsches Hoheitsgebiet und AWZ

Ausbauzone Offshore-Windenergie

Grenze 12-Seemeilenzone/AWZ

Vollständig einspeisend

Im Bau

Investitionsentscheidung vorhanden

Zuschlag erteilt IBN 2021–25

Service-Hafen

Komponenten-Hafen

Basis-Hafen

LEISTUNG DER OFFSHORE-WINDENERGIEANLAGEN NORD-/OSTSEE

MIT NETZEINSPEISUNG	5.387 MW
INSTALLIERT OHNE NETZEINSPEISUNG	430 MW
IM BAU	1.515 MW
INVESTITIONSENTSCHEIDUNG VORHANDEN	372 MW

Wie wird ein Offshore-Windpark gebaut?

Voruntersuchungen

Windenergieanlagen dürfen nicht einfach ins Meer gebaut werden. Bevor eine Fläche im Meer für den Bau von Windparks freigegeben wird, muss untersucht werden, ob die Fläche sich hierfür überhaupt eignet. Windparks dürfen den Seeverkehr nicht behindern und müssen außerhalb von Meeresschutzgebieten liegen. Außerdem müssen der Boden und die Windverhältnisse vor Ort überprüft werden.

Wenn hierbei alles im „grünen Bereich" ist, wird eine Fläche bestimmt und das Recht zum Bau im Bieterverfahren vergeben. Dabei gilt: Wer am wenigsten Vergütung für die Einspeisung von Offshore-Strom haben möchte, erhält den Zuschlag.

Das Setzen der Gründungsstrukturen

Über 150 Meter hoch und 750 Tonnen schwer – schon die Eckdaten einer Offshore-Windenergieanlage sind beeindruckend. Damit solch ein „Koloss" sicher bei jedem Wetter und auch bei hohem Wellengang im Meer steht, wird dieser auf ein Fundament, die sogenannte Gründungsstruktur gesetzt. Die Fundamente bestehen meist aus Stahl und werden mit Spezialschiffen zu ihren Standorten in bis zu 130 Kilometer Küstenentfernung gebracht.

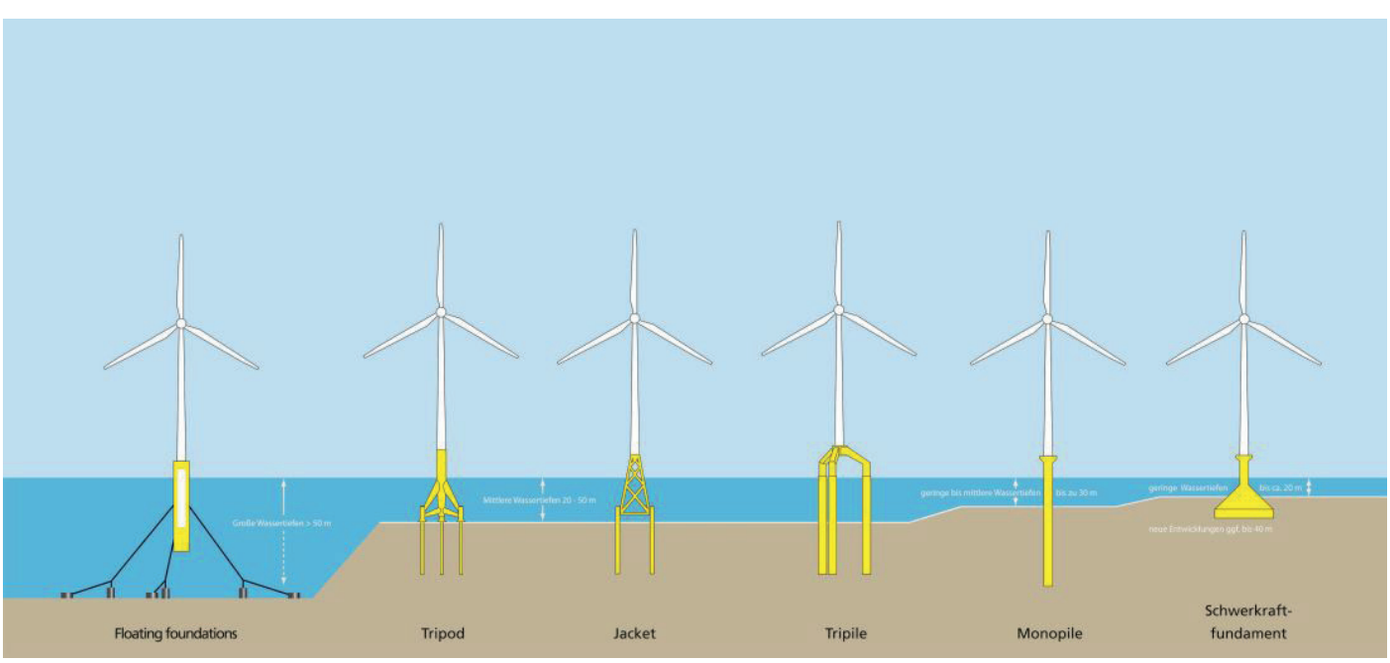
Welche Gründungsstrukturen hierbei zum Einsatz kommen hängt unter anderem von der Meerestiefe, der dynamischen Lastverteilung, des Gesamtgewichts der Anlage und der Beschaffenheit des Meeresbodens ab. Durchgesetzt haben sich vor allem zwei Gründungsstrukturen: das Jacket und der Monopile.
Jackets sind gitterförmige Stahlkonstruktionen, die auf den Meeresboden aufgesetzt und anschließend verankert werden. Dabei können Sie in Wassertiefen von bis zu 50 Metern und auch auf steinigen Untergründen verwendet werden.

Monopiles sind lange Einzelpfähle, die in den Meeresboden geschlagen werden. Sie haben einen Durchmesser von bis zu acht Metern und können aktuell bis zu einer Meerestiefe von 35 Metern verwendet werden. Dabei ist darauf zu achten, dass der Monopile mindestens zur Hälfte im Meeresboden steckt. Dies führt dazu, dass diese Pfähle bis zu 70 Meter lang sein können.

Die Entwicklung geht jedoch weiter: Mittlerweile werden schwimmende Anlagen getestet, die auch in sehr tiefen Gewässern Strom produzieren. Eine weitere Entwicklung sind die sogenannten „Suction Bucket Jackets". Hierbei handelt es sich um Jacketkonstruktionen die im Meeresboden nicht durch Pfähle fixiert werden, sondern sich selbstständig in den Meeresboden saugen. Es werden auch schon erste Monopiles mit einem Suction Bucket installiert.

Der Bau der Windenergieanlagen

Stehen die Fundamente, kann mit der Installation der eigentlichen Offshore-Windenergieanlage begonnen werden. Hierzu werden die einzelnen Bauteile auf ein



Spezialschiff geladen, dass sich am Bestimmungsort auf „Stelzen“ in den Meeresboden stellen kann. So wird verhindert, dass Wellengang die Arbeiten auf See verzögert.

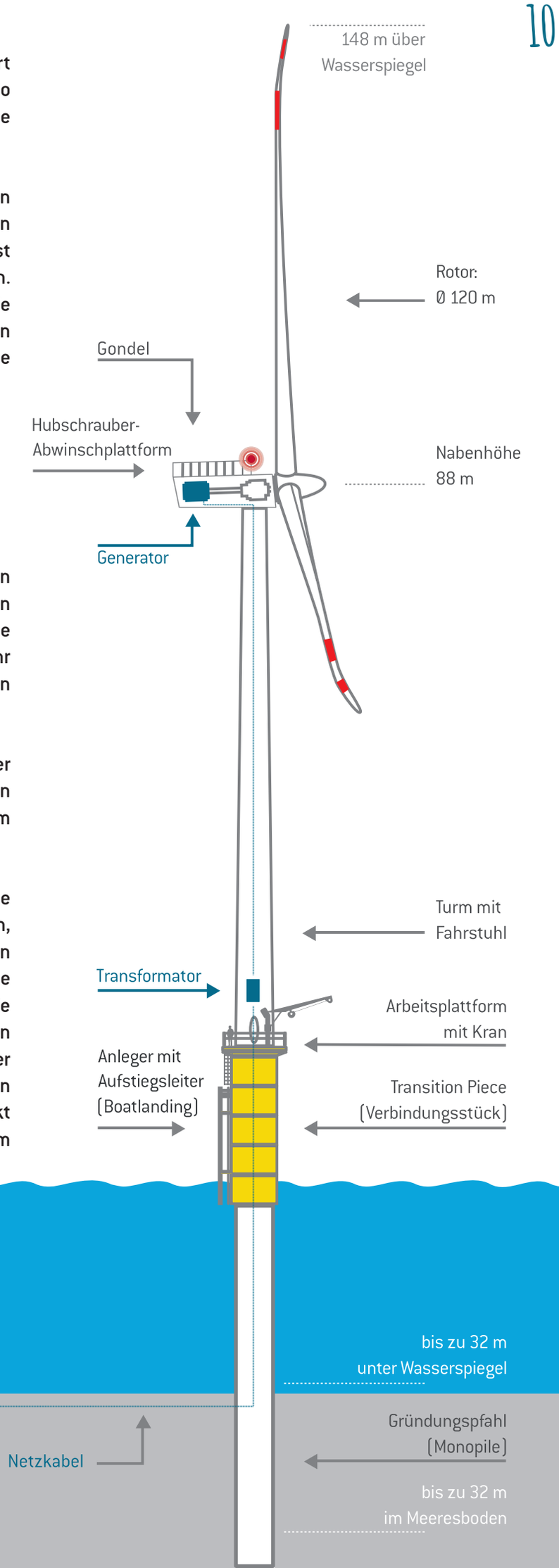
Die eigentliche Offshore-Windenergieanlage besteht neben dem Fundament aus einem Zwischenstück, transition piece genannt, welches das Fundament mit dem Rest verbindet, einem Turm, einer Gondel und dem Rotorstern. Die Gondel selbst hat hierbei riesige Dimensionen: Sie beinhaltet alle technischen Bauteile zur Produktion von Strom aus Windenergie wie z. B. Generator und Getriebe und ist größer als ein Einfamilienhaus.

Die Verkabelung und Netzeinspeisung

Die einzelnen Anlagen im Windpark werden mit Kabeln an eine Umspannplattform angeschlossen. Der von den Anlagen produzierte Drehstrom wird hier, um Verluste zu vermeiden, auf ein höheres Spannungsniveau (mehr Volt) transformiert und ist anschließend bereit für den Transport an Land.

Bei kleinen Offshore-Windparks und bei geringer Entfernung zur Küste wird dieser Strom mit Hilfe von im Meeresboden verlegten Seekabeln direkt zum Netzknotenpunkt an Land transportiert.

Große Windparks und eine große Entfernung zur Küste würden bei dieser Übertragungsart jedoch dazu führen, dass Stom durch die Erwärmung der Kabel verloren geht. Daher setzt man für diese Windparks die effiziente Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungstechnologie (HGÜ) ein: Der Strom mehrerer Windparks wird von den Umspannplattformen an eine weitere Plattform, der Konverterstation, geleitet. Diese wandelt den Drehstrom in verlustarmen Gleichstrom um. Am Netzanknüpfungspunkt wird dieser Strom anschließend wieder in Drehstrom umgewandelt und in das Netz eingespeist.



Schweinswal & Co.: Wie wirkt sich Offshore-Windenergie auf die Meeresumwelt aus?

Klimaschutz und damit der Ausbau von erneuerbaren Energien bedeutet auch Umweltschutz. Dennoch muss genau dieser Umweltschutz beim Bau von Offshore-Windparks besonders beachtet werden. Unsere Meere sind Lebensraum für viele, teilweise geschützte, Arten und das Einbringen von Windenergieanlagen beeinflusst diesen Lebensraum. Aus diesem Grund kollidieren häufig globaler Klimaschutz und lokaler Umweltschutz mit einander.

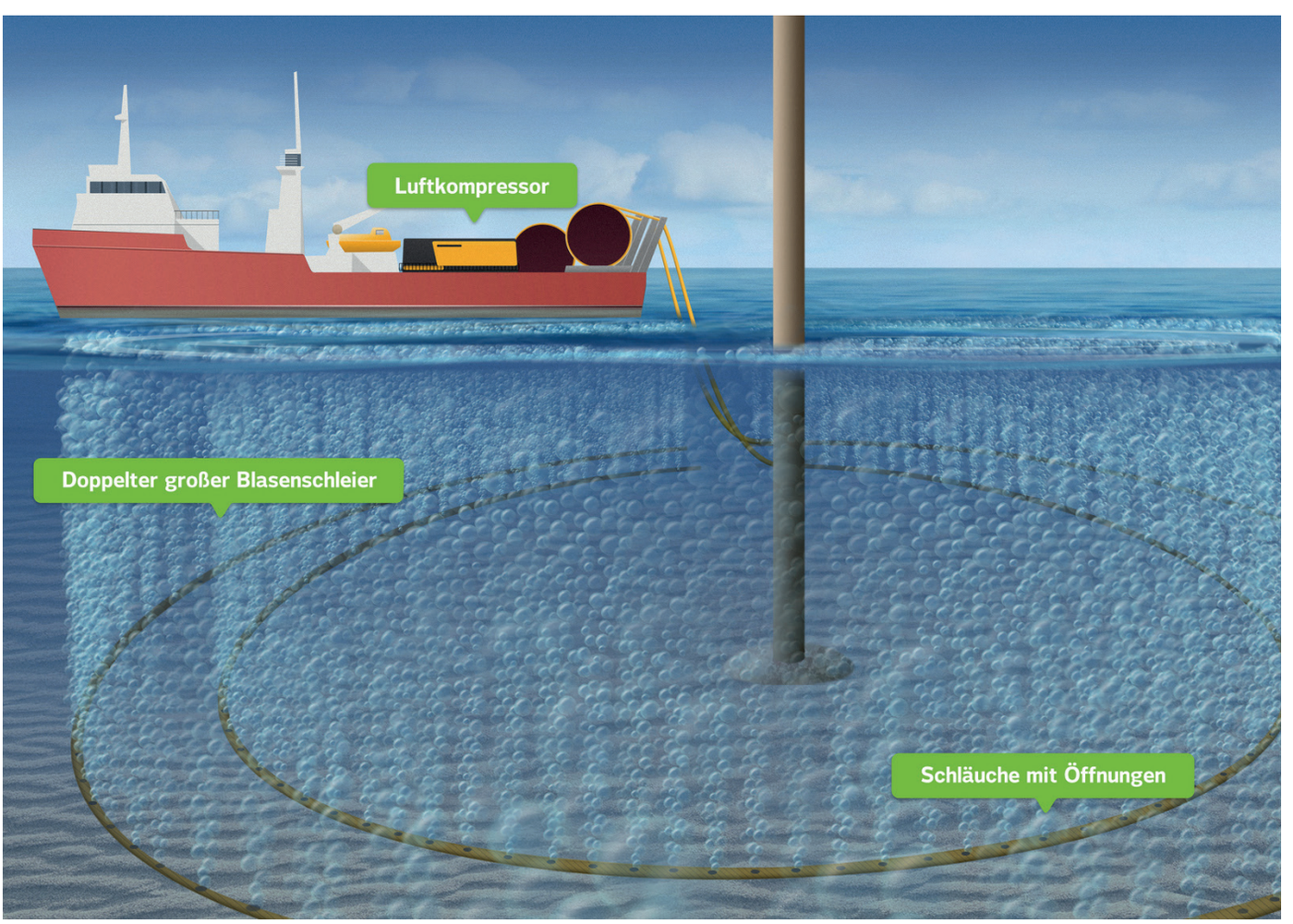
Schweinswale

Als besonders schützenswert gilt der Schweinswal. Die dem Delphin sehr ähnlichen Tiere orientieren sich vor allem über ein Sonar[12]: Sie erzeugen ein Klick-Geräusch, welches von Gegenständen, Beutetieren oder Feinden reflektiert wird und wieder bei ihnen ankommt. Um sich mit Hilfe dieses Geräusches zu orientieren, muss ihr Gehörsinn ganz besonders gut ausgeprägt sein.

Wenn Windenergieanlagen im Meer gebaut werden, schlägt man oft Stahlrohr, Monopile genannt, mit einem sehr großen Durchmesser in den Boden um der Anlage im Meeresboden Halt zu geben. Der Schalldruck, der für die Lautstärke von Geräuschen zuständig ist, erreicht bei diesem Vorgang, auch weil der Schall sich im Wasser besonders gut ausbreiten kann, in 750 Metern Entfernung noch eine Lautstärke von bis zu 200 dB[13]. Zum Vergleich erreicht das Geräusch eines Düsenjets der im Tiefflug über eine Stadt fliegt nur bis zu 120 dB[14]. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen dass durch andere Geräuschquellen wir z. B. Schiffe das Hintergrundgeräusch in der Nordsee an den meisten Stellen schon 100 dB beträgt.

Wenn sich Schweinswale bei den Bauarbeiten im Offshore-Windpark in der Nähe aufhalten würden, könnten Sie dadurch schwer verletzt werden. Besonders schlimm ist dies, wenn sich eine Schweinswalkuh (so nennt man die Mutter) mit ihrem Kalb in der Nähe befindet. Aus Panik vor dem Geräusch könnte es passieren, dass das erwachsene Tier in eine Richtung schwimmt und das Kind in die andere und die beiden sich so verlieren.

Um die Schweinswale zu schützen werden jedoch

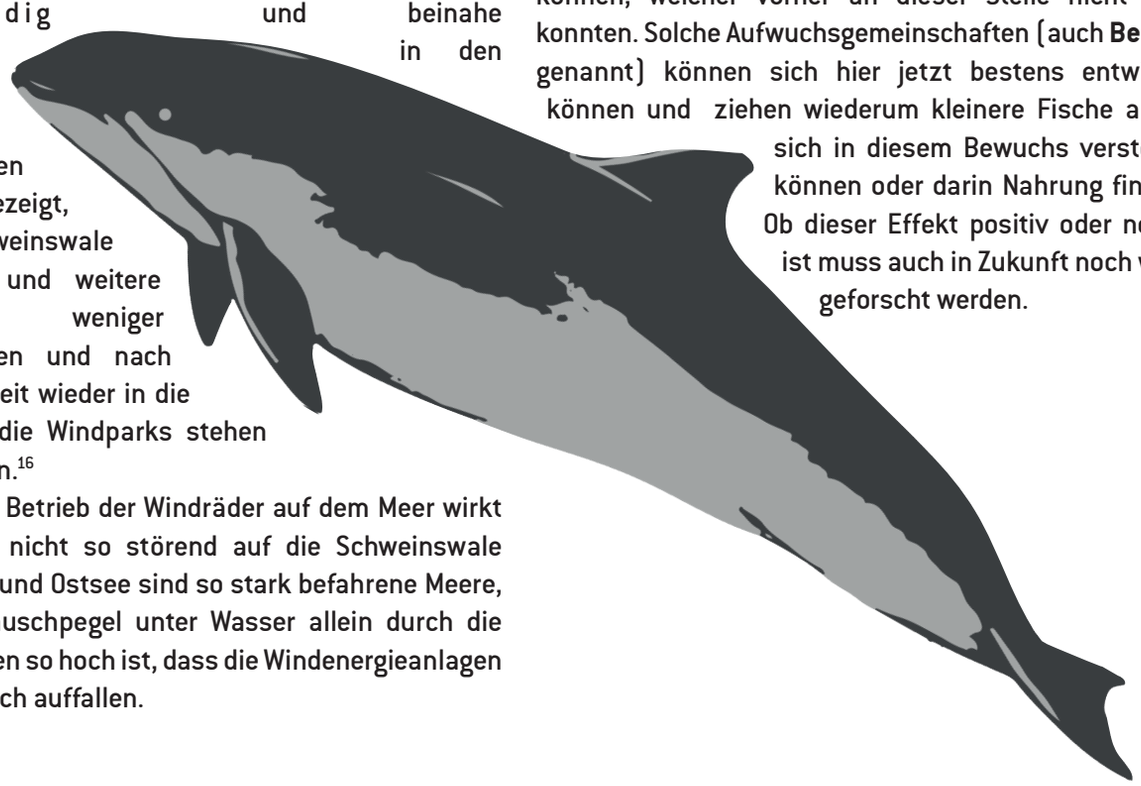


verschiedene Maßnahmen eingeleitet. Zum einen versucht man, die Schweinswale in der Umgebung vor den Bauarbeiten mit einem unangenehmen Geräusch zu **vergrämen**. Als weitere Vergrämungsmaßnahme wird der sogenannte **SoftStart** angewandt. Bei einem SoftStart wird das Einschlagen der Monopiles langsam und leise begonnen um den Tieren Zeit zu geben, sich zu entfernen. Zum anderen setzt man verschiedene Techniken ein um den Schalldruck im Wasser möglichst gering zu halten:

Der **Blasenschleier** ist hierbei das wichtigste Mittel. Um die Baustelle im Meer herum werden gelöcherte Schläuche, in die man mit Kompressoren Luft hinein bläst, ringförmig auf den Meeresboden heruntergelassen. Die Luft tritt dann in Form vieler kleiner Blasen aus dem Schlauch wieder aus und bildet so einen Blasenvorhang um die Baustelle herum. . Wenn der Rammschall auf diesen trifft, wird er deutlich abgeschwächt.

Als Erweiterung zum Blasenschleier kann der Einsatz von **Hydroschalldämpfern** angesehen werden. Hierzu legt man ein Netz aus Schaumstoffteilen um das Rohr welches in den Boden gerammt werden soll. So kann man gezielt bestimmte Frequenzen, vor allem die, die den Schweinswal stören, aus dem Schall herausfiltern.
Neue Fundamenttypen können ebenfalls helfen, den Schall zu verringern. Ein Beispiel hierfür ist das sogenannte „Suction Bucket Jacket". Hierbei handelt es sich um eine Stahlkonstruktion die an ihren Enden eine Vorrichtung hat, die einem umgedrehten Eimer ähnelt. Diese Konstruktion wird auf den Meeresboden gestellt und anschließend saugt ein Spezialschiff durch eine Öffnung den Inhalt der Buckets (engl. Für Eimer) heraus. Durch den entstehenden Unterdruck saugt sich das Fundament anschließend selbstständig und beinahe geräuschlos in den Boden.[15]

Untersuchungen haben gezeigt, dass die Schweinswale durch diese und weitere Maßnahmen weniger gestört werden und nach Ende der Bauzeit wieder in die Regionen wo die Windparks stehen zurückkommen.[16]
TEXTFELD: Der Betrieb der Windräder auf dem Meer wirkt sich übrigens nicht so störend auf die Schweinswale aus. Die Nord- und Ostsee sind so stark befahrene Meere, dass der Geräuschpegel unter Wasser allein durch die Schiffschrauben so hoch ist, dass die Windenergieanlagen dabei kaum noch auffallen.



Zugvögel

Auf dem Meer gibt es vermutlich viel weniger Unfälle mit Vögeln als bei Windenergieanlagen an Land. DenEs ist im besonderen Interesse des Umweltschutzes, vor allem die Zugvögel vor Kollisionen zu schützen. Untersuchungen haben gezeigt, dass die Vögel bei ihrem Zug von Süden nach Norden und andersherum normalerweise einfach um die Windparks herumfliegen. Bei schlechter Sicht und schlechtem Wetter kann es jedoch sein, dass den Vögeln die Orientierung schwerfällt. Hinzu kommt, dass die Offshore-Windenergieanlagen zum Schutz von Flugzeugen ein rotes Blinklicht, die sogenannte „Befeuerung", verwenden müssen. Sehen die teilweise erschöpften Vögel beispielsweise in einer stürmischen und regnerischen Nacht das Blinken der Anlagen kann es sein, dass sie den Windpark mit dem Festland verwechseln und hindurchfliegen.[17]

Weitere Untersuchungen und eine Veränderung von Vorschriften zur Beleuchtung der Windenergieanlagen können helfen, den Zugvögeln ein sicheres passieren unserer Meere zu ermöglichen.

Weitere Tierarten

Der Bau von Offshore-Windparks beeinflusst aber nicht nur das Leben der Schweinswale und Zugvögel. Der Meeresboden der Nordsee besteht beispielsweise hauptsächlich aus Sand und und Sediment . Durch den Bau von Offshore-Windparks bringt man hier nun feste Materialien ein auf denen sich nun marine Arten ansiedeln können, welcher vorher an dieser Stelle nicht leben konnten. Solche Aufwuchsgemeinschaften (auch **Benthos** genannt) können sich hier jetzt bestens entwickeln können und ziehen wiederum kleinere Fische an, die sich in diesem Bewuchs verstecken können oder darin Nahrung finden.[18] Ob dieser Effekt positiv oder negativ ist muss auch in Zukunft noch weiter geforscht werden.

Elektromobilität in Deutschland

Nicht nur die Art, wie wir Strom produzieren wird sich in den kommenden Jahren wandeln, auch die Art, wie wir Energie nutzen, muss sich verändern. Ein gutes Beispiel hierfür ist der Mobilitätssektor. Autos, die sauberen Strom nutzen, um sich fortzubewegen werden helfen, weniger Treibhausgase in die Atmosphäre zu entlassen.

Doch wie wird sich diese Sparte entwickeln und hat der Staat Möglichkeiten hier einzugreifen?

Ausgangslage

Deutschland hat sich mit Unterzeichnung des Pariser Klimaschutzabkommens dazu verpflichtet[19], alles zu unternehmen, um die Erwärmung des Weltklimas auf unter zwei, möglichst jedoch unter eineinhalb Grad Celsius zu halten. Um dieses Ziel zu erreichen, muss die anthropogene (also durch den Menschen verursachte) Emission von Kohlenstoffdioxid und anderen Treibhausgasen massiv beschränkt werden. Der Verkehrssektor war 2016 für mehr als 18 Prozent der Treibhausgasemissionen verantwortlich[20] und hat, im Vergleich etwa zur Landwirtschaft, das Potential, durch neue Technologien deutlich weniger zu emittieren.

Ein weiteres Problem des Verkehrssektors ist die Feinstaub- und Stickoxidbelastung der Großstädte. Vor allem Dieselfahrzeuge verunreinigen die Luft derart, dass Deutschland gegen Standards der Europäischen Union verstößt und jüngst von dieser verklagt wurde.[21]
Durch Elektromotoren betriebene Fahrzeuge emittieren, wenn durch Strom aus erneuerbaren Energien geladen, (auch indirekt) bedeutend weniger Treibhausgase und Feinstaub oder Stickoxid.[22]

Der Anteil der Elektrofahrzeuge ist aber noch sehr gering und Elektroautos sind im Vergleich zu konventionell betriebenen Fahrzeugen in Hinblick auf Reichweite, Ladeinfrastruktur, Zuverlässigkeit und Kosten noch nicht konkurrenzfähig.[23]

Ziel der Bundesregierung muss es also sein, Unternehmen in der Erforschung dieser Technologie zu unterstützen, genügend Lademöglichkeiten für Verbraucher zur Verfügung zu stellen und Kosten- oder Preisanreize zu schaffen.

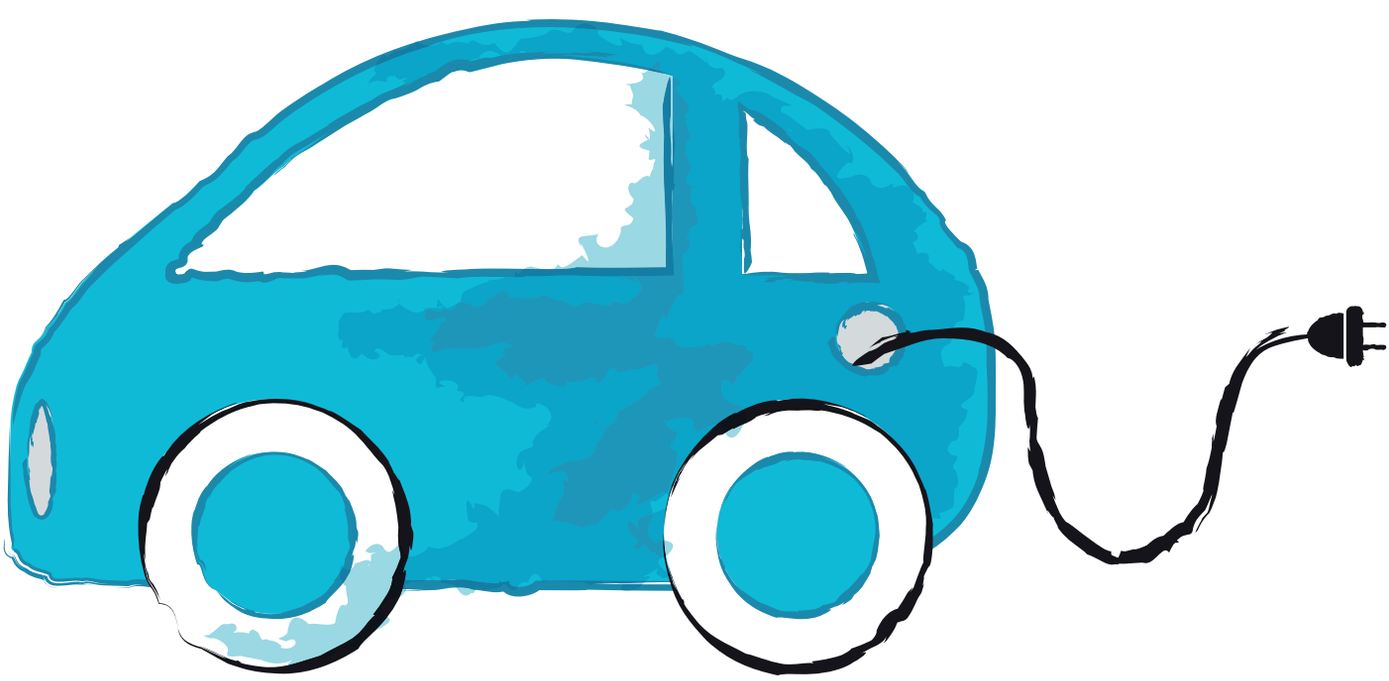
Nationale Programme

Das Ziel der Bundesregierung, bis 2020 eine Million Elektroautos auf deutsche Straßen zu bringen, kann als gescheitert angesehen werden.[24] Derzeit liegt die Anzahl von Elektrofahrzeugen in Deutschland gerade einmal bei 54.000.[25]

Dennoch existieren mehrere Förderprogramme[26], die die Energiewende im Verkehrssektor befördern sollen. Diese fördern neben der Erforschung, Entwicklung und Demonstration neuer Technologie auch die Aus- und Weiterbildung von entsprechenden Fachkräften.

Jeder, der sich ein Elektrofahrzeug kauft, kann beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) einen sogenannten Umweltbonus von bis zu 4.000 Euro beantragen. Hinzu kommen steuerliche Anreize.

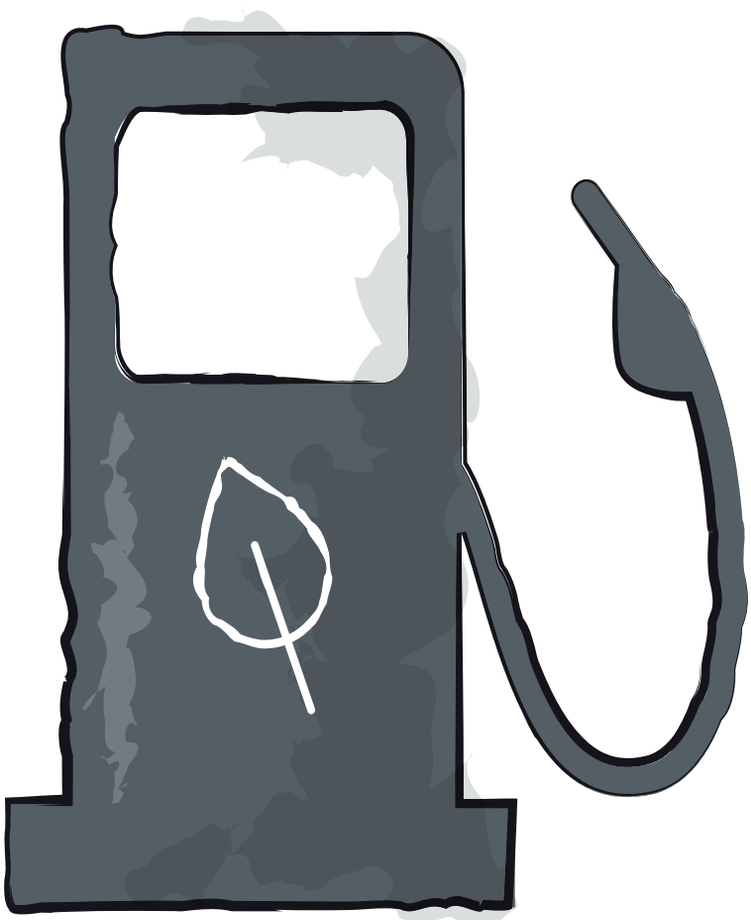
Das 2015 in Kraft getretene Elektromobilitätsgesetz



zielt darauf ab, es den Fahrern von Elektrofahrzeugen im Alltag besonders leicht zu machen. So sieht das Gesetz beispielsweise vor, im öffentlichen Raum Parkplätze mit Ladeeinrichtungen für Elektrofahrzeuge zu reservieren.[27]

Internationaler Vergleich

Die Verkehrswende kann nur erfolgreich sein, wenn sie international gelingt. Internationale Kooperationen sind daher von grundlegender Bedeutung. Andere Länder sind in Sachen Elektromobilität bereits weiter als Deutschland – Norwegen und China sind Vorreiter in diesem Feld.



In Norwegen wurde festgelegt, dass ab 2025 keine Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor mehr zugelassen werden dürfen. Als Anreiz wird Käufern aktuell die Umsatz- und die sonst in Norwegen oftmals fällige „Anschaffungssteuer“ erstattet. Hierdurch sind Elektrofahrzeuge im höheren Preissegment (wie etwa der Tesla S) günstiger als Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor der oberen Mittelklasse.[28] Durch diese Anreize ist es gelungen, dass bereits heute jedes zweite zugelassene Fahrzeug in Norwegen einen Elektromotor besitzt.

Nach absoluten Zahlen ist China in der Elektromobilität unangefochtener Spitzenreiter. Allein im ersten Quartal 2018 wurden über 150.000 E-Autos verkauft,[29] die Gesamtzahl der Elektrofahrzeuge liegt bei etwa 700.000. Dies wurde zum einen durch Subventionen, aber auch durch sehr strenge Gesetze gegen nicht sparsame Fahrzeuge und Produktionsquoten ermöglicht.[30] Zudem wurde die Ladeinfrastruktur in den vergangenen Jahren massiv ausgebaut.
Doch auch in Köpfe wurde investiert: fast die gesamte Entwicklungsabteilung der BMW-Elektrofahrzeugsparte wurde durch hohe Gehälter zu einem Wechsel nach China überzeugt.[31] Hierdurch versucht China den bereits vorhandenen Technologievorsprung auch langfristig zu sichern.

Rolle der Erneuerbaren

Die Wende zur Elektromobilität ist nur sinnvoll, wenn der verbrauchte Strom aus erneuerbaren Energien kommt. Norwegen bezieht 95 Prozent seiner Energie aus Wasserkraft und wird seine CO_2-Ziele im Verkehrssektor relativ einfach erreichen können. In Deutschland kommt der verbrauchte Strom jedoch bisher nur zu einem Drittel aus erneuerbaren Energien wie Wind- und Solarenergie oder Biomasse und Wasserkraft. Durch einen Zuwachs der Elektromobilität wird der Verbrauch von Strom mittelfristig jedoch noch steigen. Daher ist es essentiell, dass Deutschland – und auch andere Länder – die Erneuerbaren stärkt. Die Energie- und Verkehrswende sind also untrennbar miteinander verbunden.

Fazit

Um die Elektromobilität in Deutschland zu fördern sind eine ganze Reihe von Maßnahmen notwendig. Bereits bestehende Kaufanreize müssen weiter ausgebaut werden und auch die Industrie sollte durch Anreize oder Verordnungen zur Investition in diese Technologie ermuntert werden. Auch Forschungsvorhaben und der Bau einer Ladeinfrastruktur müssen verstärkt staatlich unterstützt werden.

Die Unterstützung der Verkehrswende bringt hierbei nicht nur ökologische Vorteile: durch die neue Technologie ergeben sich für den Industrie- und Exportstandort Deutschland große Möglichkeiten für die Zukunft. Ohne Investitionen wird diese Entwicklung möglicherweise jedoch verschlafen.

Bekämpfung der Erderwärmung

Um wie viel Grad Celsius ist die Durchschnittstemperatur heute höher als im Jahr 1850?

Auf was hat man sich im Dezember 2015 in Paris geeinigt?

Wird es durch die Erderwärmung überall wärmer?

Was ist „Permafrost"?

Nenne ein Beispiel für Kipppunkte!

Was bedeutet „Klima"?

Was sind Spurengase und worin sind sie „Experten?

Was meinst du: Wie kann sich jeder Einzelne für die Bekämpfung der Erderwärmung einsetzen?

Elektromobilität in Deutschland

Warum sind vor allem in Deutschland die Energie- und Verkehrswende untrennbar miteinander verbunden?

Was kann man beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle beantragen, wenn man sich ein Elektrofahrzeug kauft?

Wie schafft man es in Norwegen, dass viele neu zugelassene Fahrzeuge einen Elektromotor haben?

Welche Probleme treten, neben dem Ausstoß von Treibhausgasen, bei Verwendung von herkömmlichen Fahrzeugen vor allem in Großstädten noch auf?

Was meinst du: Warum schrecken derzeit noch viele Leute davor zurück sich ein Elektroauto zu kaufen?

Geschichte der Offshore-Windenergie

Warum verschwanden Windmühlen in den 1920er Jahren?

Welche Länder waren Vorreiter der Offshore-Windenergie?

Warum verwendet man seit dem 12. Jahrhundert eine horizontale Rotordrehachse für die Nutzung der Windenergie?

Wie viele Offshore-Windparks befanden sich Mitte 2018 in den deutschen Meeren und wie leistungsstark sind sie zusammengenommen?

Strom aus Windenergie zu produzieren lohnte sich lange Zeit nicht. Wann und warum änderte sich das?

Was bedeutet „Offshore“?

Verglichen mit dem Jahr 1990 – zu wie viel Prozent soll die Emission von Treibhausgasen bis zur Mitte dieses Jahrhunderts zurückgefahren werden? Wer hat das beschlossen?

Was hat Charles Brush erfunden?

Für wie viele Haushalte würde der deutsche Offshore-Windstrom derzeit (2018) ausreichen?

Was meinst du: Wird sich die Offshore-Windenergie in Deutschland weiterentwickeln? Wie sieht es deiner Meinung nach in anderen Ländern aus?

Wie wird ein Offshore-Windpark gebaut?

Wie weit von der Küste entfernt werden Offshore-Windparks derzeit gebaut?

Was sind Jackets?

Was sind Monopiles?

Welche neuen Gründungsstrukturen werden im Text vorgestellt?

Wer erhält den Zuschlag im „Bieterverfahren"?

Wie wird ein großer Offshore-Windpark weit draußen auf dem Meer an das Stromnetz angeschlossen?

Warum hebt sich das Errichterschiff von Offshore-Windenergieanlagen mit Hilfe von Stelzen aus dem Wasser?

Was meinst du: Würdest du beim Bau eines Offshore-Windparks gern mal mitmachen?

Schweinswal & Co. Wie wirkt sich Offshore-Windenergie auf die Meeresumwelt aus?

Wie orientiert sich ein Schweinswal?

Warum stellt der Bau von Offshore-Windparks eine Gefahr für die Schweinswale dar?

Beschreibe die Maßnahmen die beim Bau von Offshore-Windparks getroffen werden um Schweinswale zu schützen!

Warum stellen Offshore-Windparks eine Gefahr für Zugvögel dar? Welche Maßnahmen können helfen, die Zugvögel vor Kollisionen zu schützen?

Gibt es bei Bau und Betrieb von Offshore-Windenergieanlagen auch Gewinner in der Tier- und Pflanzenwelt?

Was meinst du: Warum sollten Offshore-Windenergieanlagen überhaupt gebaut werden, wenn sie negative Auswirkungen auf die Meeresumwelt haben?

Über das Projekt

Schleswig-Holstein ist mit seiner günstigen Lage zwischen Nord- und Ostsee ein wichtiger Standort für die Offshore-Windenergie. Von den Flugplätzen Büsum, Husum und St. Peter-Ording starten Hubschrauber zu den Offshore-Windparks des Helgoland- und des Sylt- Clusters vor der schleswig-holsteinischen Küste. Die Insel Helgoland stellt einen natürlichen Offshore-Servicehafen dar und wird von mehreren Betreibern für Betriebs-und Wartungsarbeiten der Offshore-Anlagen genutzt. Auch Zulieferer, Logistikunternehmen, Forschungs- und Ausbildungsinstitutionen profitieren in Schleswig-Holstein vom Ausbau der Windenergie auf See.
Mit über 1,7 GW liefern die Offshore-Windparks vor der schleswig-holsteinischen Küste gute 40 % der Gesamtleistung aller in Betrieb befindlichen deutschen Windparks auf See.
Die Bewohner des nördlichsten Bundeslandes profitieren direkt von der Offshore-Windenergie. Dennoch ist der Zugang zu Informationen über die Windkraftanlagen auf dem Meer für Schüler und Lehrer schwierig, denn es fehlen Angebote, die Offshore-Windenergie in den Unterricht zu integrieren. Dies führt zu Missverständnissen und, mittelfristig, zu Mangel an Arbeitskräften im Offshore-Windenergiebereich. Um dieser Entwicklung entgegenzuwirken bedarf es der Schaffung von Angeboten für den Unterricht und der Vernetzung von Unternehmen und Schulen.

Das Projekt SchlesWind möchte dazu beitragen, dass Schüler in Schleswig-Holstein über die verschiedenen Themenfelder und Berufsmöglichkeiten in der Offshore-Windenergie informiert werden. Hierzu werden Projektwochen an ausgewählten Schulen der Sekundarstufe II oder Abschlussjahrgängen der Sekundarstufe I durchgeführt.
Die Schüler sollen, begleitet durch Experten der Branche, Präsentationen zu den Themen Technik, Wertschöpfungskette, politische Rahmenbedingungen, Berufs- & Ausbildungsmöglichkeiten sowie Umwelt & Klimawandel ausarbeiten. Ihre Ergebnisse stellen die Schüler im Rahmen einer öffentlichen Veranstaltung vor. Eine Jury aus Branchenvertretern bewertet diese Arbeiten und prämiert die besten mit einer Ausfahrt zu einem Windpark in der Nordsee.

Das Projekt wird durch Gesellschaft für Energie und Klimaschutz Schleswig-Holstein (EKSH) gefördert.

EKSH
Gesellschaft für Energie und
Klimaschutz Schleswig-Holstein GmbH

Verweise

1 Vgl. Themenseite Klimaschutz. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2017, https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/klimaschutz-abkommen-von-paris.html, Zugriff: 02. Oktober 2018.

2 Bezugswert: Wert, auf den man sich bezieht, um die Entwicklung, den Kontext eines anderen Wertes zu verdeutlichen; DUDEN. Wetter. Bibliographisches Institut GmbH, https://www.duden.de/, Zugriff: 02. Oktober 2018

3 Vgl. Pariser Übereinkommen. Europäische Komission 2017, https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_de, Zugriff: 02. Oktober 2018

4 Vgl. Kasang, D.: Hamburger Bildungsserver. Behörde für Schule und Berufsbildung Hamburg 2017, http://bildungsserver.hamburg.de/atmosphaere-und-treibhauseffekt/2068640/atmosphaere-aufbau-artikel/, Zugriff: 02. Oktober 2018.

5 DUDEN. Wetter. Bibliographisches Institut GmbH, https://www.duden.de/, Zugriff: 02. Oktober 2018

6 DUDEN. Klima. Bibliographisches Institut GmbH, https://www.duden.de/, Zugriff: 02. Oktober 2018

7 Vgl. Mäder, Dr. C.: Kipp-Punkte im Klimasystem. Welche Gefahren drohen? Dessau 2008, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3283.pdf, Zugriff: 02. Oktober 2018

8 Vgl. Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages: CO2-Bilanzen verschiedener Energieträger im Vergleich. 2007

9 Vgl. Lehrgangsskript Projektmanager Windenergie der WBS Training AG. Zitiert in: Stadtwerke Solingen GmbH: „Geschichte der Windenergie", unter http://www.bergwind-solingen.de/bergwind/windenergie-allgemein/, (Zugriff: 02. Oktober 2018)

10 Vgl. Kriener, M.: Die Kraft aus der Luft. In Zeit Online Geschichte Nr. 6/2012. Auch Online: http://pdf.zeit.de/2012/06/Windkraft.pdf, Zugriff: 02. Oktober 2018.

11 Vgl. Richter, Mario: Offshore Windenergie in Deutschland. Potenziale, Anforderungen und Hürden der Projektfinanzierung von Offshore-Windparks in der deutschen Nord- und Ostsee, Lüneburg 2008, S. 11.

12 Vgl. Schweinswale finden per Klick zum Ziel. Spiegel Online 2005, http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/bio-sonar-schweinswale-finden-per-klick-zum-ziel-a-370517.html, Zugriff: 02. Oktober 2018.

13 Vgl. Lautlos in die Tiefe. Energiewinde 2018, https://www.energie-winde.de/faszination-und-technik/details/offshore-wind-fundamente-lautlos-in-die-tiefe.html, Zugriff: 02. Oktober 2018.

14 Vgl. Gerke, Dr. M./ Stroh, Dr. K.: UmweltWissen – Lärm. Lärm – Hören, messen und bewerten. Augsburg 2017 (2003), auch unter: Bayerisches Landesamt für Umwelt, https://www.lfu.bayern.de/buerger/doc/uw_34_laerm_messen_bewerten.pdf, Zugriff: 02. Oktober 2018.

15 Vgl. Lautlos in die Tiefe. Energiewinde 2018, https://www.energie-winde.de/faszination-und-technik/details/offshore-wind-fundamente-lautlos-in-die-tiefe.html, Zugriff: 02. Oktober 2018.

16 Vgl. Brandt, M. u.a.: Auswirkungen von Rammarbeiten auf See auf das Schweinswal-Vorkommen in der Deutschen Bucht 2009 – 13. Untersuchungen zum Effekt von Rammschall. Deutsche Zusammenfassung des englischen Endberichtes. Husum 2016, im Auftrag des Offshore Forum Windenergie.

17 Vgl. Köller, J./Köppel, J./Peters, W.: Offshore Wind Energy. Research on Environmeltal Impacts. Berlin 2006, S. 91ff.

18 Vgl. Grüling, B.: Nutzen Windräder der Unterwasserwelt? Zeit Online 2013, https://www.zeit.de/wissen/umwelt/2013-03/offshore-windparks-lebensraum, Zugriff: 02. Oktober 2018.

19 Vgl. Abkommen von Paris. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/klimaschutz-abkommen-von-paris.html, Zugriff: 02. Oktober 2018.

20 Vgl. Emissionsquellen. Umweltbundesamt 2016, https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/emissionsquellen#textpart-1, Zugriff: 02. Oktober 2018.

21 Vgl. Bauchmüller, M./Kirchner, T.: Was die EU-Klage für Deutschland bedeutet. Zeit Online 2018, http://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/eu-kommission-klage-deutschland-1.3983793, Zugriff: 02. Oktober 2018.

22 Vgl. Helms, H. u.a.: Ökologische Begleitforschung zum Flottenversuch Elektromobilität (FKZ 0325071A). Endbericht. Heidelberg 2013, S. 54.

[23] Vgl. Gulde, D./Napp, A.: Die vier Herausforderungen für das E-Auto. auto motor und sport 2016, https://www.auto-motor-und-sport.de/verkehr/elektromobilitaet-vier-herausforderungen-fuer-e-autos/, Zugriff: 02. Oktober 2018.

[24] Vgl. Merkel kassiert das Ziel von einer Million E-Autos bis 2020. Tagesspiegel 2017, https://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/elektromobilitaet-merkel-kassiert-das-ziel-von-einer-million-e-autos-bis-2020/19809744.html, Zugriff: 02. Oktober 2018.

[25] Vgl. Energiewende. Fragen und Antworten. Bundesregierung (ohne Datum), https://www.bundesregierung.de/Webs/Breg/DE/Themen/Energiewende/Fragen-Antworten/7_Verkehr/_node.html;jsessionid=5F4CEBA867B17FE727F49A10B33FEC9E.s1t2#doc605200bodyText1, Zugriff: 02. Oktober 2018.

[26] Vgl. Energiewende im Verkehr. Programmübergreifende Förderinitiative startet. BINE Informationsdienst 2017, http://www.bine.info/themen/news/energiewende-im-verkehr.pdf, Zugriff: 02. Oktober 2018.

[27] Vgl. Energiewende. Fragen und Antworten. Bundesregierung (ohne Datum), https://www.bundesregierung.de/Webs/Breg/DE/Themen/Energiewende/Fragen-Antworten/7_Verkehr/_node.html;jsessionid=5F4CEBA867B17FE727F49A10B33FEC9E.s1t2#doc605200bodyText1, Zugriff: 02. Oktober 2018.

[28] Vgl. Felts, A.: Oslo fährt voraus. Zeit Online 2017, https://www.zeit.de/mobilitaet/2017-05/elektroauto-norwegen-foerderung-elektromobilitaet/komplettansicht, Zugriff: 02. Oktober 2018.

[29] Vgl. China und Norwegen sind weiter Vorreiter bei der Elektromobilität. Handelsblatt 2018, http://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/absatzzahlen-fuers-erste-quartal-china-und-norwegen-sind-weiter-vorreiter-bei-der-elektromobilitaet/21186284.html, Zugriff: 02. Oktober 2018.

[30] Vgl. Lee, F.: China gibt das Tempo vor. Zeit Online 2018, https://www.zeit.de/mobilitaet/2018-01/elektromobilitaet-china-batterietechnik-entwicklung, Zugriff: 02. Oktober 2018.

[31] Vgl. Fromm, T.: Warum BMW seine Ingenieure an die Chinesen verliert. Süddeutsche Zeitung 2016, http://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/elektromobilitaet-warum-bmw-seine-ingenieure-an-die-chinesen-verliert-1.2957975, Zugriff: 02. Oktober 2018.

Bildnachweise

Umschlag:	Logo	Stiftung OFFSHORE-WINDENERGIE/E.A. Liebenow/iStock: MeggiSt&Bika_Ambon
Seite 1:	Ninja 1&2	Stiftung OFFSHORE-WINDENERGIE/E.A. Liebenow/iStock: MeggiSt&Bika_Ambon
Seite 3:	CO^{2-}Austoss	Stiftung OFFSHORE-WINDENERGIE/E.A. Liebenow/iStock: HS3RUS
Seite 4:	Windmühle	iStock: vectorikart
	Hist. WEA	Danish Wind Energy Association
Seite 5:	WEA im Meer	iStock: Artis777
Seite 6:	Politikerin	iStock: Vitaly_Art
Seite 7/8:	Ausbaukarte	Stiftung OFFSHORE-WINDENERGIE
Seite 9:	Gründungsstrukturen	Stiftung OFFSHORE-WINDENERGIE/blickfang
Seite 10:	Aufbau WEA	Vattenfall
Seite 11:	Blasenschleier	Vattenfall
Seite 12:	Wal	Stiftung OFFSHORE-WINDENERGIE/E.A. Liebenow
Seite 13:	Elektrofahrzeug	iStock: rozelt
Seite 14:	E-Tankstelle	iStock: rozelt

Dieses Begleitheft wurde auf Recyclingpapier, zertifiziert durch die RAL GmbH (Blauer Engel) und den Verein für verantwortungsvolle Waldwirtschaft e.V. (FSC), gedruckt.

ES GIBT KEINEN PLANET B

SCHLESWIND