



Einschätzung der Naturverträglichkeit der Strategien und Technologien der Energiewende

Der Diskussionsbeitrag wurde vom NABU-Bundesfachausschuss Energie und Klima am 27.04.2021 beschlossen.

Folgend handelt es sich nicht um eine Position des NABU, sondern um eine Einschätzung des NABU-Bundesfachausschusses Energie und Klima als Diskussionsbeitrag zur Information. Wir hoffen mit dieser Einschätzung einen Beitrag zur Orientierung für die Entwicklung der NABU-Positionen zu den aufgeführten Technologien beizutragen. Dieses Papier soll und kann nicht den Anspruch auf Vollständigkeit erfüllen.

Teile wurden aus der Studie „Strategien für eine naturverträgliche Energiewende: Analyse von Strategien zur Umsetzung von ambitioniertem Klimaschutz unter Gewährleistung eines hohen Naturschutzniveaus“ des Wuppertal Instituts im Auftrag des NABU (2018/2019) (folgend WI-Studie) (Wuppertal Institut, 2018) übernommen und sind nicht an allen Stellen explizit als Zitate gekennzeichnet.

Vielen Dank an die beteiligten Mitglieder im NABU-Bundesfachausschuss Energie und Klima.

Inhalt

Vorbemerkung.....	2
Verbreitung von suffizienteren Lebensstilen	3
Energieeffizienz	4
Elektrifizierung (Substitution fossiler Energieträger)	4
Nutzung von CCS	5
Förderung natürlicher Senken, Verminderung der Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft	6
Kreislaufwirtschaft	7
Nutzung erneuerbarer Energien	7
Digitalisierung als notwendige Technologie bei erneuerbaren Energien	8
Importe CO ₂ -freier Energieträger.....	8
Energetische Verwertung von angebauter Biomasse, Änderung von Landnutzung	10
Windenergie.....	11
Photovoltaik	14
Solarthermie, Wärmepumpen, Geothermie, Wasserkraft	15
Notwendige Geschwindigkeit der Energiewende	16
Zusammenfassung	17
Literaturverzeichnis	17

NABU-Bundesfachausschuss Energie und Klima

Jürgen Reincke

Sprecher BFA Energie und Klima
Steigerhügel 1
67659 Kaiserslautern

Tel. +49 (0)631.66 28 1

Fax +49 (0)631.69 63 68

BFA-Energie-und-Klima@NABU.DE

www.NABU.de/bfa-ek

01.06.2021

NABU – Naturschutzbund Deutschland e.V.
Charitéstraße 3
10117 Berlin

Tel. 030-28 49 84-0

Fax 030-28 49 84-20 00

NABU@NABU.de

Der NABU ist ein staatlich anerkannter Naturschutzverband (nach § 63 BNatSchG) und Partner von Birdlife International. Spenden und Beiträge sind steuerlich absetzbar. Erbschaften und Vermächtnisse an den NABU sind steuerbefreit.



Vorbemerkung

Absolute Beurteilungen zur Naturverträglichkeit einzelner Technologien sind nicht möglich. Es muss immer der jeweilige Einzelfall beurteilt werden. So muss zum Beispiel der Anbau von Biomasse zur energetischen Verwertung völlig anders beurteilt werden, als der Anbau zur Nutzung als ökologisches Material bei der Gebäudedämmung. Die spezifische Situation vor Ort ist für die Naturverträglichkeit einer Maßnahme entscheidend und dies kann nicht ohne weiteres verallgemeinert oder auf andere Projekte übertragen werden. Überwiegend werden bei der Energiewende die Technologien der erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung beurteilt, doch dies berücksichtigt andere Sektoren wie beispielsweise Mobilität oder Sektorenkopplung nicht.

Ein wesentlicher Aspekt ist der Bedarf bzw. die Verfügbarkeit von benötigten Ressourcen und der notwendige Anteil an Energie, der für eine erfolgreiche Erreichung der Energiewendeziele mindestens durch die jeweilige Technologie benötigt wird. So könnte eine gewisse Energiemenge beispielsweise durch Windenergieanlagen (WEA) aufgrund von konfliktfrei verfügbarer Fläche relativ naturverträglich erreicht werden, bei größerem Anteil dieser Technologie der Flächenbedarf jedoch nicht mehr naturverträglich sein.

Eine Abwägung aller Technologien der Energiewende nach Naturverträglichkeit kann daher nicht zu einer Reihenfolge führen. Es entsteht stattdessen eine gewichtete Mischung der Technologien, auch mit nicht-technologischen Anteilen wie beispielsweise Energieeinsparung durch Verhaltensänderung/Suffizienz.

Ein weiterer, vielleicht entscheidender Aspekt zur Beurteilung der Strategien oder Technologien für den Klimaschutz und die notwendige Energiewende ist, ob neben der benötigten Energiemenge auch die Geschwindigkeit zur Umsetzung ausreicht. Wenn nicht voller (bisher unbestätigter) Hoffnung auf eine spätere Reduzierung der Treibhausgase aus der Atmosphäre (Entzug von CO₂ und Speicherung innerhalb von wenigen Jahrzehnten) gesetzt wird, so dürfte die schnellstmögliche Umsetzung auch für die Naturverträglichkeit (und den Artenschutz) ein entscheidendes Kriterium sein.

Naturverträglichkeit ist keine definierte, messbare Größe. Häufig wird unter Naturverträglichkeit versucht eine bilanzierende Bewertung für Lebensräume und Arten zu machen. Auch Biodiversität wird häufig als Wert für Naturverträglichkeit genannt, setzt allerdings mehr auf Vielfalt, als auf jeweilige Quantität. Eine Betrachtung von Bilanz oder Vielfalt schließt jedoch nicht das Aussterben einiger Arten aus. Dann würde genau diese Beurteilung für eben diese negativ betroffenen Arten (z.B. windenergiesensible Vogel- und Fledermausarten), insbesondere wenn Naturschützer*innen ihren Blick auf deren Verluste bei Individuen richten, nicht naturverträglich ausfallen.

Die Geschwindigkeit ist sicher ein entscheidendes Kriterium, muss aber nicht unbedingt auf Kosten der Naturverträglichkeit erfolgen. Beispielsweise können Windenergieanlagen in den nächsten Jahren auf den naturverträglichsten Standorten errichtet werden und erst später und bei weiterem Bedarf die Erweiterung auf den nächst naturverträglichen Flächen erfolgen. Es wäre nicht naturverträglich und sogar falsch, mit dem heutigen Wissen und den heutigen Technologien Windenergieanlagen auf Flächen zu errichten, solange es geeignete und weniger

schützenswerte Alternativen gibt. Daher kann es auch nicht richtig sein heute alle Flächen freizugeben, die aus heutigen Betrachtungen bis 2050 nötig erscheinen.

Dennoch will ich folgend versuchen, überwiegend auf Basis der vom NABU beim Wuppertal Institut beauftragten Metastudie „Strategien für eine naturverträgliche Energiewende“ (Wuppertal Institut, 2018), Kriterien für eine vergleichende Beurteilung anzubieten. Aus heutiger Sicht erscheint es sinnvoll alle Strategien und Technologien zu verfolgen. Dabei müssen wir wesentlich schneller werden!

	Naturverträglichkeit	Ressourcenschutz	Hohe Umsetzungsgeschwindigkeit	Gesellschaftliche Akzeptanz	Geringe Kosten	Unabhängigkeit vom Ausland
Stärkere Nutzung von Photovoltaik anstatt von Windenergie	+	°	+	+	°	°
Stärkere Nutzung anderer Erneuerbarer anstatt von Biomasse	+	° (?)	°	+	-	°
Deutliche Erhöhung der Energieeffizienz	++	+	°	+	+	+
Verbreitung von suffizienteren Lebensstilen	++	++	+	+	++	+
Import von erneuerbar erzeugtem Strom	+ (?)	° (?)	-	° (?)	+	--
Import von auf Basis erneuerbarer Energien erzeugter synthetischer Energieträger	+ (?)	° (?)	-	+ (?)	+	-
Einsatz von CCS im Industriesektor zur Reduktion des Bedarfs an erneuerbar erzeugtem Strom	+ (?)	° (?)	--	-	° (?)	°
Förderung natürlicher Senken	++	++	+	+ (?)	° (?)	+
Materialsubstitution/-effizienz und Kreislaufwirtschaft	++	++	-	+	° (?)	° (?)

Abbildung: Kriterien basierter Vergleich der potenziell naturverträglichen Klimaschutzstrategien (Wuppertal Institut, 2018)

Verbreitung von suffizienteren Lebensstilen

Verbreitung von suffizienteren Lebensstilen, also Verhaltensänderung, ist eine Strategie für die Energiewende, aber keine Technologie. Suffiziente Lebensstile gehen deutlich weiter, sparen beispielsweise Ressourcen, Rohstoffabbau, Abfall, reduzieren Bedarf an Flächen für Bebauung, Infrastruktur oder intensive Landwirtschaft und vieles mehr. Das durch Suffizienz auch der Energieverbrauch sinken soll und so die Ziele der Energiewende leichter erreicht werden, ist nur ein positiver Effekt unter vielen.

Als Verhaltensänderungen werden in der WI-Studie (Wuppertal Institut, 2018) Energie einsparende bzw. THG-Emissionen vermeidende Änderungen in den Verhaltensweisen bzw. Lebensstilen der Bevölkerung oder von Teilen der Bevölkerung definiert, die zumindest teilweise auf das Motiv „Klimaschutz“ zurückzuführen sind. Entsprechende Änderungen von Verhaltensweisen bzw. Lebensstilen können auch als „Suffizienz“ bezeichnet werden. Beispiele sind die Verlagerung auf energieeffizientere Verkehrsmittel, Reduzierung des Fleischkonsums oder der Raumtemperatur im Winter, gesteigerte Reparaturfreundlichkeit, längere Produktnutzungsdauer. Bei einigen, z.B. Geschwindigkeitsbegrenzung, kann zwischen freiwilliger und erzwungener Suffizienz unterschieden werden. Erste Ansätze geben etwas Anlass zu Optimismus wenigstens im Bereich der Individualmobilität einen wirksamen Beitrag in den kommenden Jahren zu erreichen.



Aus heutiger Sicht ist es fraglich, ob wir schnell genug und in ausreichendem Maß durch Verhaltensänderung den notwendigen Anteil an klimawirksamen Gasen einsparen werden, weil die Politik kaum die Rahmenbedingungen dafür setzt. Bei Konsum, Wohnen, Güterverkehr auf Straßen oder Verlagerung auf die Schiene, Flugzeugverkehr oder Schifffahrt bewegt sich bislang wenig.

Es liegt auf der Hand, dass Suffizienz als Strategie ausgesprochen naturverträglich ist. Ohne erhebliche Einsparung von Energie in allen Sektoren wird eine ausreichende Energiewende nicht gelingen.

Naturverträglichkeit: In der Regel kein Ressourcenbedarf und keinerlei negativen Einflüsse auf die Natur.

Energieeffizienz

Bei Effizienz (oder Endenergieproduktivität) gilt das Gleiche, wie bei Verhaltensänderung. Alle betrachteten Szenarien betonen, dass deutliche Effizienzsteigerungen bei der Nutzung von Energie in den verschiedenen Sektoren (Verkehr, Industrie, Gewerbe, Haushalte) eine wichtige Voraussetzung darstellen, um die langfristigen Klimaschutzziele erreichen zu können. Bisher werden Einsparungen durch Effizienz leider zu einem großen Teil durch Reboundeffekte ausgeglichen oder sogar überkompensiert. Ohne erhebliche Einsparungen durch Effizienzverbesserungen wird die Energiewende nicht naturverträglich und vermutlich nicht in ausreichendem Umfang und Geschwindigkeit möglich sein.

Naturverträglichkeit: Hohe Naturverträglichkeit, da in der Regel weniger ressourcenintensiv und kein direkter Einfluss auf Ökosysteme.

Elektrifizierung (Substitution fossiler Energieträger)

Als direkte und indirekte Elektrifizierung lässt sich die **Substitution von fossilen Energieträgern** in Endverbrauchssektoren durch Elektrizität (direkte Elektrifizierung) oder durch aus Strom gewonnene Energieträger (indirekte Elektrifizierung, z.B. Wasserstoff oder synthetische Kraftstoffe) bezeichnen. Elektrifizierung kann die Dekarbonisierung der Endverbrauchssektoren in zweierlei Hinsicht erheblich erleichtern: Erstens ermöglicht die Elektrifizierung in einigen Fällen den Einsatz effizienterer Technologien auf Seiten der Endverbraucher, was mit einer Minderung des Endenergiebedarfs verbunden ist. Dies gilt für die Substitution von Autos mit Verbrennungsmotor durch Elektroautos genauso wie für die Substitution konventioneller Schmelzöfen durch Induktionsschmelzöfen. Zweitens ermöglicht es die Elektrifizierung, im Falle einer überwiegend oder vollständig auf erneuerbaren Energien beruhenden Stromerzeugung, CO₂-arme bzw. CO₂-freie Endenergieträger einzusetzen (Wuppertal Institut, 2018).

Die Naturverträglichkeit der indirekten Elektrifizierung zur Erzeugung von Wasserstoff oder regenerativ über Strom erzeugten Treibstoffen (E-Fuels) wird im Kapitel „Importe CO₂-freier Energieträger“ behandelt.

Elektrifizierung ist eine Strategie, keine Technologie. Als Strategie gibt sie den Weg für zahlreiche Technologien vor. Da Elektrifizierung die Voraussetzung für den Ersatz fossiler Energieträger durch regenerative Energien und somit eine unabdingbare Voraussetzung für Klimaschutz und Energiewende ist, muss sie als



Strategie grundsätzlich befürwortet werden. Der Grad der Naturverträglichkeit ergibt sich durch den Bedarf an elektrischer Energie und deren Erzeugung.

Naturverträglichkeit: Die Elektrifizierung als Strategie zur Substitution fossiler Energieträger ist als Strategie des Klimaschutzes zwingend erforderlich. Elektrische Antriebe sind im Vergleich zu fossilen wesentlich effizienter und können hier eine erhebliche Reduktion des Endenergieverbrauch ermöglichen. Da ohne Elektrifizierung die Klimaschutzziele nicht erreichbar sind und Klimaschutz weltweiten Schutz von Arten und Lebensräumen bedeutet, muss logischerweise Elektrifizierung als Strategie für Naturschutz bewertet werden. Dies gilt selbstverständlich nicht für jede Maßnahme der Elektrifizierung. Es gilt den Bedarf von elektrischer Energie, wie grundsätzlich von jeder Variante des Energieverbrauchs, zu minimieren. Einzelne Maßnahmen der Elektrifizierung (z. B. Stromtrassen, Umspannwerke, Stromerzeugung) müssen jeweils so naturverträglich es geht umgesetzt werden. Hierbei gilt es Minimierung, Effizienz und die naturverträglichsten Varianten zu favorisieren.

Nutzung von CCS

Es wird gegenwärtig allgemein davon ausgegangen, dass der Einsatz von Technologien zur Abscheidung und Speicherung von CO₂ („Carbon Capture and Storage“, CCS) im Kraftwerksbereich sowohl aus wirtschaftlichen Gründen als auch aufgrund mangelnder öffentlicher Akzeptanz in Deutschland in Zukunft keine Rolle spielen wird.

Allerdings nehmen zwei der drei in der WI-Studie betrachteten -95 %-Szenarien an, dass CCS-Technologie ab dem Jahr 2030 im Industriesektor eingesetzt wird, um ansonsten kaum vermeidbare energie- und prozessbedingte CO₂-Emissionen deutlich zu reduzieren. Zu den CCS-Einsatzbereichen in den beiden Szenarien gehören beispielsweise die Zementherstellung, die Rohstahlproduktion und die Produktion bestimmter Chemikalien (Wuppertal Institut, 2018). Besser wäre allerdings den Bedarf der so hergestellten Produkte zu verringern und sie möglichst durch andere Lösungen zu ersetzen. Ein positives Beispiel wäre Holzbau statt Einsatz von Stahl oder Beton.

Nicht beurteilt wird, ob es bis 2050 wirtschaftlich, naturverträglich, dauerhaft sicher und in nennenswerter Menge zu einem technischen Abscheiden und Speichern von CO₂ aus der Atmosphäre kommen wird. Insbesondere die dauerhaft sichere Endlagerung wird derzeit kritisch beurteilt. Da es zunehmend wahrscheinlicher wird, dass die Vermeidung klimawirksamer Emissionen bis 2050 nicht ausreichen könnte das 2°C-Ziel zu erreichen, müsste dennoch die Entfernung von Kohlenstoff aus der Atmosphäre und die Kohlenstoffabscheidung und -speicherung bei unvermeidbaren Industrieprozessen als Option entwickelt werden („negative Emissionen“). (UBA, 2019), (IPCC, 2005)

Naturverträglichkeit: Der Einsatz von CCS im Industriesektor muss vermutlich positiv eingeschätzt werden, da auf einen Teil des Ausbaubedarfs an erneuerbaren Energien verzichtet werden könnte; allerdings werden gerade bei diesen Industrien große Mengen fossiler Energieträger benötigt, deren Förderung, Transport und Nutzung mit negativen Einflüssen auf die Natur verbunden sind; hinzu kommt die Wirkung der CCS-Infrastruktur. Alternativ wäre daher zu prüfen, ob es Einspar- oder Substitutionsmöglichkeiten für die erzeugten Industrieprodukte gibt. Daher ist der Nettoeffekt nicht zweifelsfrei zu bestimmen.



Förderung natürlicher Senken, Verminderung der Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft

Zur Beurteilung der Technologien oder Strategien der Energiewende mit deren Beiträgen zum Klimaschutz, also zur Reduktion der Emissionen von Treibhausgasen (THG), sind THG-Senken eine Kompensationsmöglichkeit unvermeidbarer Emissionen. Sie sind zwar keine Technologie der erneuerbaren Energien, sondern des Klimaschutzes, können aber Emissionen fossiler Energieträger bilanziell ausgleichen und werden daher bei der Energiewende zur Berechnung von aktuellen oder zukünftigen THG-Emissionen verwendet. Natürliche Senken sind beispielsweise Meere, Moore, Wälder oder Humusaufbau. Ein Beispiel ist bei unvermeidbaren Flügen eine Kompensationszahlung zur Förderung von Moorschutzprojekten. Es wird erwartet, dass der Rückgang der THG-Aufnahmefähigkeit der natürlichen Senken in den kommenden Jahrzehnten zu einem bedeutenden Treiber des globalen Klimawandels werden wird. Die Erhaltung der Senken mit ihrem gespeicherten Kohlenstoff und die Förderung von weiterer Speicherung sind für den Klimaschutz zwingend notwendig, denn sie verhindern die Freisetzung des gespeicherten Kohlenstoffs (eventuell auch Methan) und bieten eine naturverträgliche Möglichkeit unvermeidbare THG-Emissionen auszugleichen.

Die Förderung natürlicher CO₂-Senken bedeutet im Moment vor allem, den internationalen Raubbau an Wäldern, an dem auch wir beispielsweise durch unsere Importe Anteil haben, zu beenden. Im hochindustrialisierten Deutschland sind Senken ebenfalls von einiger Relevanz für die Netto-THG-Bilanz.

Landwirtschaftlich genutzten Flächen haben eine direkte Klimarelevanz durch Humusverlust und damit einhergehenden Emissionen von Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O). Diese werden vorwiegend durch (vor allem konventionellen) Ackerbau, Entwaldung und Trockenlegungen verursacht – besonders Moore sind in diesem Zusammenhang als bedeutende Kohlenstoffspeicher zu nennen, die bei Trockenlegung große Mengen an Treibhausgasen freisetzen und nur durch Wiedervernässung stabilisiert werden können. Sowohl der derzeitige Anbau von energetisch genutzter Biomasse als auch der Futtermittelanbau gehen mit Netto-THG-Emissionen und der Beeinträchtigung von THG-Senken einher. Durch Renaturierung können dabei typischerweise deutlich mehr THG-Emissionen vermieden bzw. negative Emissionen erreicht werden als durch einen Wechsel zwischen verschiedenen Arten der Bewirtschaftung. *„Damit zeigt sich deutlich, dass mit einer Umwandlung von Ackerflächen auf organischen Böden hin zu Wald, Feuchtgebieten oder Gehölzen eine zwei- bis dreifach höhere THG-Reduktion erreicht werden kann als mit dem Anbau von Bioenergie.“*

(Repenning et al. (BMUB), 2015)

Einige Möglichkeiten natürlicher Senken:

- Die Vermeidung von Futtermittel- und Biomasseanbau, verbunden mit einer Renaturierung der dann nicht benötigten Flächen, ist der weit bessere Klimaschutz, als die Substitution der Energieerzeugung aus fossilen Energieträgern durch Bioenergie, die mittels konventioneller Landwirtschaftspraktiken bereitgestellt wird. (WBGU, 2009)
- Der Schutz und die Wieder-Ausweitung von Überflutungsflächen stellt ebenfalls eine wichtige Klimaschutzmaßnahme dar, da in diesen Flächen allein in Deutschland ca. 550 Mt CO₂-Äquivalent gespeichert sind.



- Der Schutz weiterer Ökosysteme mit besonders hohem Potenzial zur Kohlenstoffspeicherung, also CO₂-Senken wie Moore, Wälder, Auen und Grasland („no net loss principle“), bildet den Eckpfeiler einer ökosystemorientierten Klimaschutzpolitik, die starke Synergien mit Biodiversitätszielen schafft. Die Sicherung von Mooren (d. h. eine Verhinderung ihrer landwirtschaftlichen Nutzung) und deren Wiederherstellung ist von besonderer Bedeutung.
- Wald kann nur dann als langfristige Senke erachtet werden, wenn er langfristig erhalten bleibt (so dass die Gesamtheit der lebenden Bäume einen langfristig stabilen Kohlenstoffspeicher darstellen kann) und der Aufbau von Dauerhumus erfolgt. Eine andere Form der Kohlenstoffspeicherung in Holz stellt die Herstellung von möglichst lang genutztem Bauholz oder anderen Holzprodukten dar.

Naturverträglichkeit: Natürliche Senken haben häufig positive Synergieeffekte mit Naturschutz; es ist kein relevanter, negativer Ressourcenbedarf zu erwarten. Natürliche Senken sind immer und ganz unabhängig von der Energiewende wichtig und zu stärken. Aus Sicht des Naturschutzes sind Senken neben ihrer Klimarelevanz aufgrund von Artenreichtum oder wegen spezifisch an diese Lebensräume angepassten Arten von besonderer Bedeutung.

Kreislaufwirtschaft

Eine in den letzten Jahren zunehmend diskutierte Strategie für den Klimaschutz ist die Transformation unserer aktuell überwiegend linearen Produktions- und Konsummuster hin zu einer Kreislaufwirtschaft, bei der die in Produkten und ihren Komponenten enthaltene Energie und natürliche Ressourcen am Ende ihrer Nutzungsphase möglichst optimal erhalten bleiben (Abfallvermeidung). Ansätze zur Schließung von Kreisläufen ergeben sich dabei nicht nur auf der Angebotsseite – durch eine Erhöhung der Recycling-Raten beispielsweise bei Stahl, Aluminium und Kunststoffen – sondern auch auf der Nachfrageseite, indem zirkuläre Geschäftsmodelle vorangetrieben werden („Teilen statt Haben“) (Wuppertal Institut, 2018).

Es liegt auf der Hand, dass Kreislaufwirtschaft unter Berücksichtigung nach Naturverträglichkeit eine hohe Priorisierung bekommt. Allerdings kann dies nicht die Naturverträglichkeit von Vermeidung (siehe Verhaltensänderung) erreichen. Suffizienter Lebensstil und Kreislaufwirtschaft bedingen sich gegenseitig.

Naturverträglichkeit: Diese Strategie reduziert in der Regel den Materialaufwand, teilweise (allerdings wohl nicht immer) auch den Energieaufwand; daher sind sicherlich positive Effekte hinsichtlich des Naturschutzes zu erwarten. Nach der Rohstoffeinsparung ist ein größtmöglicher Anteil an Kreislaufwirtschaft anzustreben.

Nutzung erneuerbarer Energien

Der weitere Anstieg der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien bei gleichzeitiger Minderung der Stromerzeugung aus fossilen Brennstoffen gilt als eine der zentralen Klimaschutzstrategien für Deutschland. Klimaschutz bedeutet also den Wechsel von fossilen Energieträgern zu erneuerbaren Energien in allen Sektoren.



Klimaschutz ist mittel- bis langfristig sowohl bei einer bilanzierenden Betrachtung (Lebensräume, Arten und deren Vielfalt und Anzahl) als auch bei Beurteilung von Biodiversität ein entscheidender Hebel zum Schutz der Natur.

Digitalisierung als notwendige Technologie bei erneuerbaren Energien

Digitalisierung als Notwendigkeit der Energiewende wird in der WI-Studie nicht genannt: weder als Technologie, noch als Strategie. In den Strategien und bei den Technologien ist der Einsatz von Digitalisierung für die Funktionsfähigkeit notwendig und daher dort impliziert enthalten. Gut eingesetzte Digitalisierung kann allerdings darüber hinaus eigene, positive Effekte erbringen.

Die Energiewende ist ohne Digitalisierung nicht möglich. Das kommende Energiesystem wird von fluktuierenden erneuerbaren Energien geprägt sein. Die Anpassung von Energielast an Dargebot, Einspeisemanagement, dezentrale Energieerzeugung, Netzstabilität, Speichermanagement oder die Kopplung der Sektoren Stromversorgung mit Wärme (Gebäude, Industrie) und Mobilität sind ohne entsprechende Digitalisierung und Steuerungstechnik nicht vorstellbar.

In vielen Bereichen sind Technologien zur Datenerfassung, Auswertung, Visualisierung, Steuerung und Vernetzung von Prozessen längst nicht mehr nur der Forschung vorbehalten, sondern halten auch zunehmend Einzug in die Praxis. Aktuelle Forschungen der Digitalisierung im Artenschutz betreffen beispielsweise Flugverhalten und Häufigkeit von Vögeln, Fledermäusen und Insekten und daraus abgeleitet Genehmigungen und optimierte Abschaltungen von Windenergieanlagen. Eingriffe in die Natur durch Netzausbau können durch ein intelligent gesteuertes Energiedarangebots-, Netz- und Lastmanagement verringert werden.

Digitalisierung kann und muss einen Beitrag zur Naturverträglichkeit der Energiewende leisten. Gleichzeitig werden hierfür Energie und Ressourcen (z.B. Rohstoffe, Fläche) mit Eingriffen in die Natur benötigt. Ob letztlich Belastungen oder Vorteile für die Natur durch Digitalisierung überwiegen, lässt sich kaum beurteilen und hängt vom betrachteten Detail ab. Es wird aber zukünftig zunehmend wichtiger, die Naturverträglichkeit bei der Umsetzung der mit Sicherheit notwendigen Digitalisierung zu beachten und digitale Technik im Naturschutz einzusetzen.

Naturverträglichkeit: Die Naturverträglichkeit der Digitalisierung muss als notwendige Technologie der Energiewende insgesamt positiv eingeschätzt werden. Auch hier gilt es Minimierung, Effizienz und die jeweils naturverträglichsten Varianten zu priorisieren. Einem Mehrverbrauch durch die Anlagen der Elektrifizierung stehen durch Steuerung von Energiegewinnung, Lastmanagement, Netzstabilität, Ausfallsicherheit und besonders durch die von Dargebot abhängige Steuerung des Verbrauchs und der Steuerung der Sektorenkopplung entscheidende Notwendigkeiten und Vorteile gegenüber.

Importe CO₂-freier Energieträger

Importe regenerativ erzeugten Stroms oder auf Basis regenerativ erzeugten Stroms hergestellte synthetische Energieträger müssen als Strategie und nicht als Technologie eingestuft werden. Eine zentrale Frage ist zunächst, welche Klimawirkungen synthetische Energieträger haben und ob sie Entlastungen gegenüber fossilen Referenzprodukten erbringen. Bei Importen hängt die Naturverträglich-



lichkeit entscheidend von ihrer Erzeugung im Herkunftsland, aber auch von ihrem Transport ab. Prinzipiell stünde ein großes Potenzial relativ unproblematischer Standorte zur regenerativen Erzeugung dem Transport und einem Mehraufwand durch höheren Infrastrukturaufwand und evtl. geringerem Fokus auf Naturschutz in Drittländern gegenüber. Bei der Herstellung von E-Fuels werden für die Wasserelektrolyse erhebliche Mengen Wasser benötigt. Wenn diese Produktion beispielsweise in Ländern mit viel Sonne wie Marokko geschieht, muss beachtet werden, dass dies nicht zu Wasserknappheit, Versalzung o.ä. vor Ort führt.

Der Import CO₂-freier Energieträger stellt grundsätzlich eine Möglichkeit dar, den Verbrauch fossiler Energieträger zu reduzieren. Mit CO₂-freien Energieträgern sind hier zum einen Strom und zum anderen synthetische Energieträger gemeint, sofern deren Erzeugung auf erneuerbaren Energien beruht und kein CO₂ aus fossilen Quellen eingesetzt wird. Besonders ungünstig aus der Perspektive des Treibhauspotenzials ist heute noch die Herstellung synthetischer Energieträger mit Strom aus der allgemeinen Stromversorgung bzw. dem derzeitigen Strommix. Das Treibhauspotenzial dieser Energieträger liegt für das Jahr 2015 bei bis zu 350 % der fossilen Referenz (UBA, 2019).

Alle Studien mit ambitionierten Zielen des Klimaschutzes gehen von Importen aus, allerdings in unterschiedlicher Menge. Diese Annahme wird damit begründet, dass in anderen Teilen Europas und der Welt Regionen zu finden sind, die erhebliche Potenziale für die Nutzung erneuerbarer Energien aufweisen und diese relativ kostengünstig erschlossen werden könnten. Hierzu gehören viele Küsten- und Meeresregionen Europas (für die Onshore- und Offshore-Windstromerzeugung) sowie der Süden Europas und Nordafrika (v. a. für die Solarstromerzeugung). Für Deutschland könnte es demnach in Zukunft möglich und wirtschaftlich sein, einen Teil des Energiebedarfs durch Strom und/oder synthetische Energieträger zu decken, die im Ausland auf Basis erneuerbarer Energien erzeugt wurden. (Wuppertal Institut, 2018)

Auf Basis von Strom erzeugte Energieträger würden eventuell erlauben, auf den Ausbau von naturschutzfachlich besonders problematischen Erneuerbaren-Anlagen in Deutschland zu verzichten. Andererseits hat Deutschland im Vergleich zu vielen anderen Ländern relativ gute Gesetze für den Schutz der Natur. Anlagen und Infrastrukturen im Ausland können und würden ebenfalls mit relevanten Einflüssen auf den Naturschutz verbunden sein. Zur Beurteilung von Naturverträglichkeit ist es daher zwingend die Erzeugung und die Transportwege sowie deren Auswirkungen auf die Natur zu berücksichtigen. Strikte Vorgaben, beispielsweise durch Herkunftszertifikate mit genauen Umweltvoraussetzungen, könnten ein Instrument zur naturverträglichen Steuerung von Importen regenerativ erzeugter Energie bzw. Energieträger sein.

Auch die Zuverlässigkeit bei Preisgestaltung, Lieferfähigkeit, politischem System der Erzeugungs- und Durchleitungsländer und wie weit man abhängig von anderen bleiben oder sein möchte, müssen beim angestrebten Anteil von Importen Berücksichtigung finden. Vermutlich muss zwischen Lieferungen von Ländern innerhalb oder außerhalb der Europäischen Union unterschieden werden.

Mit Öffnung der Option eines Imports erneuerbarer Energien besteht aus Sicht des Naturschutzes die Gefahr, dass die Anstrengungen und Pfade zu einer größtmöglichen Lösung in Deutschland verwässert werden, die Umsetzung verzögert wird und letztlich nicht mehr oder nur mit sehr großen Verlusten für die Natur erreicht werden könnten. Die Etappenziele und notwendigen Maßnahmen können



(das gilt übrigens auch für CCS) fast beliebig aufgegeben werden, indem auf spätere Anteile von Importen oder CO₂-Entfernung verwiesen wird. Daher sollte aus Sicht des NABU das Ziel des Klimaschutzes bzw. die Energiewende oder der Treibhausgasvermeidung größtmöglich aus eigener Kraft angestrebt werden, gerade auch mit Berücksichtigung von Naturverträglichkeit.

Naturverträglichkeit: Wegen der schwer beurteilbaren und steuerbaren Naturverträglichkeit für importierte, regenerative Energieträger und der Gefahr bei Einplanung von beliebigen Importmengen den eigenen Zielpfad zu vernachlässigen, sollten Importe bei aktuellen Planungen weitgehend als nicht naturverträglich eingestuft und abgelehnt werden. Nichtsdestotrotz muss Politik und Wirtschaft diese Option vorbereiten. Importe können im Einzelfall notwendig und naturverträglich sein, z.B. Strom aus naturverträglicher Wasserkraft aus Norwegen oder Windenergie aus Skandinavien. Ein möglichst großflächiges, europaweites Verteilungsnetz kann den Speicherbedarf in einzelnen Ländern reduzieren. Dieser länderübergreifende Versorgungsverbund kann im Übergang zu einem regenerativen Energiesystem und auch zur Bedarfsdeckung größerer Erzeugungslücken bei mehrtägigen „Dunkelflauten“ notwendig und naturverträglich sein. Der Import von regenerativ erzeugtem Wasserstoff oder E-Fuels muss nach heutigem Stand als eher nicht naturverträglich eingestuft werden. Für zukünftige Importe sollten Nachhaltigkeitskriterien aufgestellt werden, die den in Deutschland geltenden Standards entsprechen.

Energetische Verwertung von angebauter Biomasse, Änderung von Landnutzung

Die Vermeidung von Futtermittel- und Biomasseanbau verbunden mit einer Renaturierung ist der weit bessere Klimaschutz (WBGU, 2009) als die Substitution anderer Energieerzeugung durch mittels konventioneller Landwirtschaftspraktiken bereitgestellter Bioenergie (Wuppertal Institut, 2018).

Die landwirtschaftlich genutzten Flächen haben eine direkte Klimarelevanz durch den Humusverlust und die damit einhergehenden klimawirksamen Emissionen (Treibhausgase, THG). Sowohl der derzeitige Anbau von zur energetischen Nutzung angebauten Biomasse als auch der Futtermittelanbau gehen mit Netto-THG-Emissionen und der Beeinträchtigung von THG-Senken einher. Eutrophierung der Böden durch reaktiven Stickstoff aus Kunstdünger und Tierfäkalien verursacht starke Schädigungen sowohl der landbasierten als auch der maritimen THG-Senken. Konventionelle Viehhaltung mit Futtermittelimporten (Mais, Soja, Palmöl) führt häufig zur Zerstörung von THG-Senken und zu erheblichen THG-Emissionen in anderen Ländern und auf dem Transportweg. Besonders negativ für Klima- und Naturschutz ist die aktuell noch von der Bundesregierung als Klimaschutzmaßnahme eingestufte Beimischung von importiertem, aus Palmölmokulturen hergestelltem Biokraftstoff (Bio-Ethanol), ungeachtet der oft klima- und naturschädlichen Effekte in den Anbauländern – auch wenn dies dort teilweise soziale Vorteile bringt.

Auch wenn der Anbau von Biomasse zur energetischen Verwertung Flexibilität ermöglicht und bezüglich der THG-Emissionen klimaverträglicher sein kann als Futtermittelanbau, so muss eine naturverträgliche Strategie bedeuten sowohl den Fleischkonsum und somit industrielle Tierhaltung mit klimaschädlichem Futtermittelanbau zu reduzieren, als auch auf Biomasseanbau zur energetischen Verwertung zumindest mittelfristig vollständig zu verzichten. Biomasse- und Futtermittelanbau stehen zudem in Konkurrenz zum Lebensmittelanbau. Außerdem



werden Biomasse und Anbauflächen langfristig in der post-fossilen Chemieindustrie in erheblichem Umfang benötigt werden.

Gute, ökologische und nachhaltige Land- und Forstwirtschaft müssen in Zukunft zu Humusaufbau statt -abbau und somit zur Speicherung statt dem Freisetzen von Kohlenstoff beitragen. Auch die Nutzung von Pflanzenkohle, beispielsweise in Terra Preta, zeigt großes Potential zur Kohlenstoffeinspeicherung im Boden und zur dauerhaften Humusbildung. Da Böden aber wichtige, sehr stark besiedelte Lebensräume sind, müssen auch derartige Veränderungen mit großer Vorsicht gesteuert werden.

Für weitere Informationen verweise ich auf das sehr gute Kapitel in der WI-Studie (Wuppertal Institut, 2018), Seite 50ff.

Naturverträglichkeit: Biomasse zur direkten energetischen Verwertung lehnt der NABU als nicht-naturverträglich ab. Energetische Nutzung darf in zukünftigen Szenarien nur als abschließende Reststoffverwertung, für nicht weiter kreislauffähige Abfälle aus Industrie, Gewerbe und Siedlung und für Klärschlamm/Klärgas eingesetzt werden.

Windenergie

Windenergieanlagen können negative Einflüsse auf Menschen und Tiere haben. Relevante Auswirkungen auf Tiere können sich durch die mit der Errichtung und dem Betrieb der Windenergieanlagen einhergehenden Landnutzungsänderungen sowie durch die Anlagen selbst ergeben (Störungen des Lebensraums oder Kollisionen). Diese Gefahr sollte möglichst durch sorgfältige Standortwahl und durch Maßnahmen während des Betriebs (Abschaltzeiten, technische Maßnahmen zur Erkennung von Anflug und Auslösung von Abschaltung, Kompensationsmaßnahmen, Vertragsnaturschutz und weitere) verringert werden. Demgegenüber steht die Tatsache, dass der Windenergie im Vergleich zu anderen erneuerbaren Energieträgern (mit Ausnahme möglicherweise der Fotovoltaik, s. unten) das größte technisch-ökologische Potenzial für die Stromerzeugung in Deutschland zugesprochen wird und die Erzeugungskosten von Onshore-Windenergieanlagen derzeit niedriger liegen als bei Biogas-, Geothermie- und kleinen PV-Anlagen.

Bezüglich der Naturverträglichkeit muss zwischen Windenergieanlagen an Land oder über dem Meer unterschieden werden. In vier der fünf betrachteten Szenarien (Wuppertal Institut, 2018) stammt dabei auch Mitte des Jahrhunderts der meiste Windstrom aus Onshore-Anlagen, nur im Szenario „95 %-Pfad“ dominiert die Offshore-Erzeugung.

Aus Gründen des Naturschutzes sind Einsparung (mit erheblichen Verhaltensänderungen), Effizienz, Photovoltaik und im sinnvollen Bereich Solarthermie vor der Windenergie zu priorisieren. Ohne den notwendigen Anteil durch Windenergie wird der Ausstieg aus der Verbrennung fossiler Rohstoffe nicht möglich und auch selbst Mindestziele zur Reduzierung treibhauswirksamer Emissionen nicht schnell genug erreicht werden können. Die Klimaschutzziele würden erheblich verfehlt!

Windenergie an Land

Die installierte Leistung der Onshore-Anlagen steigt laut der betrachteten Studien (Wuppertal Institut, 2018) von knapp 51 GW im Jahr 2017 auf mindestens 102 GW („95%-Pfad“ (Gebert et al., 2018)) und auf bis zu 150 GW („KS 95“ (BMUB,



2016)) im Jahr 2050. Dieses Wachstum muss allerdings nicht zwingend mit einem Anstieg der Anlagenanzahl einhergehen, denn deren durchschnittliche Nennleistung wird gegenüber ca. 1,8 MW in 2017 auf mindestens 5 MW in 2050 geschätzt. Daher würde für die in den ausgewerteten Studien benötigte Leistung der Windenergie an Land keine größere Anlagenanzahl benötigt, wenn die in den Studien angenommenen Strategien (PV-Ausbau, Einsparung, Effizienz, ...) in allen Sektoren eingehalten werden.

Dabei ist darauf hinzuweisen, dass Anlagen mit einer höheren Nennleistung auch höher und größer wären als heutige Anlagen. Entsprechend erhöht sich der Flächenbedarf pro Anlage (Abschirmung, Windschatten, gesetzliche Abstandsvorgaben). Die Gefahr für Vögel und Fledermäuse hängt neben der Höhe der Anlagen in erster Linie vom Rotordurchmesser ab, und dieser wächst mit der Leistung der Anlagen. Mit zunehmender Narbenhöhe und größerem Rotordurchmesser wächst, neben der Leistung und der Gefahr für Vögel und Fledermäuse, auch die Sichtbarkeit. Nennleistung und Flächenbedarf sind zwar nicht proportional, aber auch nicht sehr weit davon abweichend. Insofern dürfte die Nennleistung der Anlagen ein besserer Indikator für die Einflüsse auf Menschen und Tiere sein als die Anzahl der Anlagen. Gleichzeitig besteht die Hoffnung, dass zumindest kein weiterer starker Anstieg der Anlagenanzahl das Potenzial bietet, bei der Standortwahl der Anlagen stärker auf naturschutzfachliche Belange zu achten und Standorte mit den geringsten Belastungen Priorität vor Standorten mit größerer Rentabilität bekommen.

Begrenzender Faktor für Windenergie an Land ist die benötigte Fläche. In der Studie „Climate Change 38/2019“ (UBA, 2019) schätzt das UBA: „Das Leistungspotenzial auf vollständig freier Fläche beträgt 80,7 GW.“ Allerdings ist dieser Wert noch mit einigen Annahmen und gewisser Unsicherheit verbunden.

Die Prämisse der aktuellen NABU-Position zur Windenergie an Land und auf See von 2017 (NABU, 2017) und des erläuternden NABU-Hintergrundpapiers (NABU, 2018) ist, dass der naturverträgliche Ausbau der Windenergie bei/trotz Erfüllung aller in der Position definierten einschränkenden Kriterien, in ausreichendem Maße möglich ist. In der Politik und auch von Seiten des Bundesverbands Windenergie (BWE) wird dafür regelmäßig ein Flächenbedarf (Gesamtfläche von Windparks, nicht durch WEA versiegelte Fläche!) von 2% der Landfläche Deutschlands genannt. Die BfN-geförderte Potentialstudie „Naturverträgliche Energieversorgung aus 100 % erneuerbaren Energien 2050“ der Universität Hannover (BfN, 2018) berechnete 2018, dass man mit 1,2% der Landfläche (deren Flächenpotential mit „geringem Raumwiderstand“) zusätzlich zu den bestehenden WEA in den Bereich einer 100% erneuerbaren Energieversorgung kommen kann. Hier wird außerdem ein Anteil von Kleinwindanlagen mit geringerem Flächenbedarf diskutiert.

Aufgrund einer internen, nicht veröffentlichten Studie geht der NABU davon aus, dass in einem naturverträglichen Gesamtszenario die trotz der NABU-Flächenrestriktionen verbleibenden Flächen (ca. 2,35% der Fläche Deutschlands) ausreichen könnten. Allerdings gehen bisherige Annahmen von einem Flächenbedarf für Windenergie an Land von 2% der Fläche Deutschlands aus.

Nicht berücksichtigt ist, dass zur Erreichung der Klimaschutzziele ein Minde-rungspfad bis 2050 nicht ausreichen könnte und verfügbare Technologien wie Windenergieanlagen der 3 MW-Klasse bis 2035 deutlich stärker zugebaut werden



müssen. Nachfolgend bis 2050 könnte die Anzahl durch Repowering mit 5 MW-Anlagen wieder reduziert werden (eigene Berechnungen basierend auf (Wuppertal Institut, 2020) (Wuppertal Institut, 2018)).

Naturverträglichkeit: Windenergieanlagen sind immer Eingriffe in die Natur und mit Verlusten an Fläche bzw. Boden, Landschaftsbild, Vogel- und Fledermausschlag und Vergrämung verbunden. Entscheidend sind letztlich die Anzahl der Anlagen, die Wahl der Flächen und die Qualität der eingesetzten Maßnahmen. Der breite Einsatz von Abschaltalgorithmen hat dazu geführt, dass neue Windparks inzwischen mit deutlich geringeren Gefahren für Fledermäuse verbunden sind. Zukünftig werden zudem automatische Abschaltssysteme auch zu einem besseren Schutz von Vögeln beitragen können. Derartige technische Systeme müssen weiterentwickelt und flächendeckend eingesetzt werden.

Naturverträglich ist die – bei insgesamt möglichst wenig Energieverbrauch und Nutzung der naturverträglicheren Alternativen – für das 1,5°C-Ziel des Klimaschutzes nötige Energieerzeugung aus Windenergie an den besten Standorten mit zugleich den bestmöglichen Schutz- und Kompensationsmaßnahmen. Die besten Standorte ergeben sich aus der Betroffenheit von Naturschutz, aus Wirtschaftlichkeit und aus Rücksicht auf und Akzeptanz durch die betroffene Bevölkerung.

Windenergie über dem Meer

Auch Windenergie über dem Meer (auf See, offshore) ist aufgrund der Eingriffe bei Bau und Betrieb durch die Gründung der Fundamente, die Verlegung der Stromleitungen, Veränderung der Strömungen und des Meeresbodens und Vergrämung und Vogelschlag ein gravierender Eingriff in die Natur. Viele Millionen Zugvögel überqueren jedes Jahr Nord- und Ostsee.

Auf eine Abwägung von Windenergie über dem Meer wird in der WI-Studie (Wuppertal Institut, 2018) nur wenig eingegangen. Der NABU unterstützt die Ziele für den Ausbau der Offshore-Windenergie nach dem EEG 2016 auf 6,5 GW bis 2020 bzw. 15 GW installierte Leistung bis 2030. Diese Deckelung beendet den baulichen Wildwuchs der vergangenen Jahre und ermöglicht ein planerisches Nachsteuern unter Berücksichtigung naturschutzfachlicher Kriterien. Das ist dringend geboten, da bei der Offshore-Windenergie im Vergleich zur Onshore-Windenergie der Forschungs- und Handlungsbedarf noch sehr groß ist und die Auswirkungen auf die Meeresumwelt in Summe und Ausmaß noch nicht ausreichend untersucht und bekannt sind. Die in der WI-Studie berücksichtigten Szenarien gehen bis 2050 von einer weiteren Steigerung auf 32 GW bis 60 GW aus. Gleichzeitig wird die durchschnittliche Nennleistung der Windenergieanlagen auf See von ca. 4,5 MW (2017) auf 10 MW bis 14 MW steigen. Entsprechend ist die Anlagenanzahl nur extrem unsicher einschätzbar und würde zwischen 2286 WEA-Anlagen (GreenEE (UBA, 2017) bei 32000 MW installierter Leistung mit durchschnittlich 14 MW/Anlage) und sicher nicht naturverträglichen 6000 WEA-Anlagen (95%-Pfad (Repenning et al. (BMUB), 2015) bei 60000 MW installierter Leistung mit durchschnittlich 10 MW/Anlage) liegen. Auch hier gilt somit für Naturverträglichkeit neben Standort, Bau und Betrieb: Die Menge macht's!

Zur Beurteilung und zur Verbesserung von Naturverträglichkeit hat der NABU in seinem Positionspapier eine Forderungsliste zur Windenergie auf See zusammengestellt (NABU, 2017). Neben Forderungen zur Bau- und Betriebsphase müssten mehr Naturverträglichkeit in einem Gesamtkonzept, bei Standortwahl, Netzanbindung, Forschung vorgeschrieben werden. Der Ausbau der Windenergie auf See



muss unbedingt international, insbesondere bei Standortfindung und Netzanbindung, naturverträglich koordiniert werden.

Die Ostsee muss aufgrund von hydrografischen und ökologischen Besonderheiten, aber auch wegen ihrer begrenzten räumlichen Potentiale und vielfachen Nutzungskonkurrenzen, vom weiteren Ausbau der Offshore-Windenergie ausgenommen werden.

Naturverträglichkeit: Einen weiteren Zubau im deutschen Hoheitsgebiet der Ostsee hält der NABU für nicht naturverträglich. Ein weiterer Ausbau und Betrieb ist bei internationaler Zusammenarbeit in anderen Meeresbereichen und Meeren unter Berücksichtigung des Naturschutzes in begrenztem Maß relativ naturverträglich vorstellbar. Dabei müssen automatische Abschaltssysteme bei Vogelanflug weiterentwickelt und eingesetzt werden. Wie bei Windenergie an Land wäre ein größerer Anteil von PV im Verhältnis zu Windenergie naturverträglicher. Letztlich wird ein naturverträglicher Ausbau von Windenergie auf See nur bis zu einer begrenzten Menge möglich sein und dann zunehmend stark unverträglich eingestuft werden müssen.

Photovoltaik

Das bei weitem größte Potenzial unter den erneuerbaren Energien zur Kompensation einer Minderung der Windstromerzeugung hat vorliegenden Studien zufolge eine Stromerzeugung auf Basis der Fotovoltaik. Im Jahr 2019 wurden durch die Nutzung der PV in Deutschland netto 29,2 Mio. Tonnen Treibhausgasemissionen vermieden, d.h. ca. 615 g/kWh PV-Strom bei einer Stromproduktion von 47,5 TWh. (ISE, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, 2020_12)

Das UBA (UBA, 2010) schätzt das technische Potenzial von PV-Anlagen, die auf Dach- und Fassadenflächen sowie sonstigen Siedlungsflächen wie Parkplatzüberdachungen oder Lärmschutzwänden stehen, „konservativ“ auf rund 250 TWh/a (UBA, 2010). Hinzu kommen noch die Potenziale von restriktionsfreien Freiflächenanlagen, die einer Studie des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI, 2015) zufolge auf mindestens 143 GW (ca. 130 TWh/a) abgeschätzt werden können. Außerdem lässt sich ein Teil der baulich geprägten Siedlungsflächen (ohne Gebäudeflächen und ohne Verkehrsflächen wie Straße oder Schiene 134 GWp an technischem Potenzial (UBA, 2010)), mit PV-Modulen als Schattenspendler überdachen oder mit speziellen, befahrbaren Modulen belegen.

Mit Agri-Photovoltaik (APV) lassen sich Landwirtschaft und Stromproduktion auf derselben Fläche kombinieren. Hier gibt es allerdings noch Forschungsbedarf zu Erträgen und Auswirkungen auf die Natur und auch die gesetzlichen Rahmen müssen erst geschaffen werden. Bisher ist eine gleichzeitige Nutzung von Fläche für Landwirtschaft und Energiegewinnung ausgeschlossen. So lange dies so ist, führt ein verstärkter PV-Freiflächenausbau ggf. auch zu Konkurrenz- und Verdrängungseffekten mit der Landwirtschaft und einem gesteigerten Druck zur Nutzung von artenreichem Grünland oder Grenzertragsstandorten für PV-Freiflächenanlagen. Eine Reihe von Nutzpflanzen zeigen kaum Ertragseinbußen bei reduzierter Einstrahlung, andere profitieren sogar (ISE, 2020_10). Wird die aktuelle Anbaufläche dieser beiden Pflanzenklassen in Deutschland als technisches Potenzial angenommen, so entspricht dies einer Nennleistung von 1,7 TW. (ISE, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, 2020_12)

Zumindest die auf Siedlungsflächen gebauten PV-Anlagen weisen dabei nach gegenwärtigen Kenntnissen keine bedeutsamen negative Einflüsse auf die Tierwelt



auf (Hernandez et al., 2014), (Gasparatos et al., 2017)) und haben eine geringere Flächeninanspruchnahme als die Windenergie (Matthes et al., 2018). Die Photovoltaik genießt zudem in der Gesellschaft eine besonders hohe Akzeptanz (AEE Agentur für erneuerbare Energien, 2018). Insofern könnte es überraschen, dass die betrachteten Szenarien nicht stärker auf eine PV-Stromerzeugung setzen, um so den teilweise umstrittenen bzw. aus Sicht des Naturschutzes problematischen Ausbau der Windenergie zu begrenzen. (Wuppertal Institut, 2018)

Für das angestrebte Verhältnis von Windstrom zu Photovoltaik spielen allerdings auch die bessere Systemdienlichkeit des Windstroms, die Stromgestehungskosten und energiepolitische Zielsetzungen (Akzeptanz, wirtschaftliche Interessen, sozialer Ausgleich, Naturverträglichkeit) sowie weitere Kriterien eine Rolle. Daher gibt es sehr unterschiedliche Empfehlungen, in welchem Verhältnis Wind- und PV-Strom Mitte des Jahrhunderts liegen sollten oder werden.

Naturverträglichkeit: Auf Siedlungsfläche (Dach- oder Fassadenanlagen) errichtete PV-Anlagen müssen als relativ naturverträglich eingeschätzt werden. Geringere Vorteile bzw. Naturverträglichkeit gilt bei Freiflächenanlagen, wobei dies stark vom vorherigen Zustand der Flächen, der Gestaltung und Nutzung unter der PV-Anlage und den Kompensationsmaßnahmen abhängt. So bietet PV für Flächen mit vorher schlechtem, artenarmem ökologischem Zustand auch Möglichkeiten zur Synergie von Klima- und Naturschutz.

Solarthermie, Wärmepumpen, Geothermie, Wasserkraft

Um den Umfang dieser Beurteilung nicht noch länger zu machen, werden diese Technologien hier nicht genauer ausgeführt. In den von der WI-Studie ausgewerteten Studien wird hierauf nicht genauer eingegangen. Tiefengeothermie hat bisher in Deutschland wenig Akzeptanz, wird aber für die Fernwärmeversorgung mit erheblichen Steigerungen prognostiziert. Gerade im Bereich Wärme/Kälte im Sektor Wohnen und Industrie werden zukünftig mit regenerativ erzeugtem Strom betriebene Wärmepumpen eine maßgebliche Rolle spielen. Niedertemperatur-Wärmenetze (in der Regel niedriger als 50 °C, teils nur 20 °C) erlauben es, Wärmequellen mit niedrigen Temperaturniveaus zu erschließen, wie beispielsweise Solarthermie, Geothermie, Abwärme und Umweltwärme (Wuppertal Institut, 2020). In den Energieszenarien werden beispielsweise fossile Rohstoffbedarfe für Wärme in Immobilien zukünftig durch Strombedarf ersetzt. Zukünftige Neubaugebiete können mit sehr guter Energieeffizienz als „Kalte Nahwärme“ oberflächennahe Geothermie und PV kombinieren und so neue, kostengünstige Lösungen für ganze Quartiere darstellen. Solarthermie hat im Vergleich der benötigten Fläche einen geringeren Wirkungsgrad als PV-Stromerzeugung und Einsatz einer Wärmepumpe. Das Potential zur naturverträglichen Energiegewinnung mit Wasserkraft wird für Deutschland als weitgehend ausgeschöpft beurteilt.

Naturverträglichkeit: Die Nutzung von Umweltwärme und Solarthermie (ähnlich zur PV) dürfte weitgehend unproblematisch für die Natur sein. Für Tiefengeothermie werden besonders große Potenziale zur naturverträglichen Wärme- und Energiegewinnung gesehen.



Notwendige Geschwindigkeit der Energiewende

Schon heute beträgt die Erderwärmung 1,1 Grad gegenüber dem vorindustriellen Niveau. Um die Erhöhung der globalen Durchschnittstemperatur auf „deutlich unter 2 Grad, möglichst 1,5°C“ zu begrenzen, wie es das Pariser Klimaschutzabkommen vorsieht, müssen die globalen Treibhausgasemissionen schnell und deutlich sinken (AGORA Energiewende, 2020). Das deutsche anteilige Budget mit einer 50%igen Wahrscheinlichkeit, die Erderwärmung auf 1,5 °C zu begrenzen, beträgt 4,2 Gigatonnen CO₂ ab 2020. Ein solches deutsches Budget setzt einen engen Rahmen: Lägen auch künftig in Deutschland die CO₂-Emissionen so hoch wie im Jahr 2019, wäre das maximale Budget bereits 2029 aufgebraucht (SRU, 2020). Das Einhalten des 1,5-°C-Emissionsbudgets verlangt deutlich schnellere Emissionsminderungen und ein wesentlich früheres Erreichen von CO₂-Neutralität als dies sowohl in bislang vorliegenden umfassenden Szenariostudien (die eine weitgehende Treibhausgasneutralität bis 2050 zum Ziel haben) als auch in bestehenden politischen Zielvorgaben der Bundesregierung dargelegt ist. Aktuelle Studien gehen von der Notwendigkeit eines deutlich früheren Zieljahrs für weitgehende Klimaneutralität in Deutschland aus (Wuppertal Institut, 2020), (SRU, 2020), (AGORA Energiewende, 2020). Dabei wird bis 2035 ein gesteigerter Zubau der erneuerbaren Energien mit jährlich mindestens 7 GW Windenergie an Land, 2 GW Windenergie über dem Meer und 7-8 GW Photovoltaik bei gleichzeitig erheblichen Importen regenerativ erzeugter Energieträger (25-40 GW/a in 2035) ausgegangen (Wuppertal Institut, 2020). Dies würde in den kommenden Jahren unter Berücksichtigung des zunehmend notwendigen Rückbaus und Repowerings von Windenergieanlagen einen Bedarf von mindestens 2000¹ genehmigten und umgesetzten WEA pro Jahr bedeuten (eigene Berechnung NABU BFA Energie und Klima).

Aus Gründen des Klimaschutzes stellt sich zunehmend die Frage, ob vorübergehend alle verfügbaren Strategien und Technologien maximal ausgebaut und genutzt werden müssen.

Für den Naturschutz und Verbände, wie den NABU, ergibt sich daraus ein Dilemma: Ohne maximalen Ausbau der für den Klimaschutz notwendigen Maßnahmen werden gravierende Verluste bei Lebensräumen und Arten eintreten. Maximaler, schnellstmöglicher Ausbau der Energiewende bedeutet ebenfalls Verluste, zumindest bei den davon betroffenen Arten (beispielsweise windenergiesensible Vogelarten). Ist der bestmögliche Klimaschutz auch in der Bilanz der beste Naturschutz? Darf dadurch sogar der Verlust von Arten akzeptiert werden? Kann hier von Naturschutzverbänden eine Abwägung und Entscheidung erwartet oder sogar gefordert werden? Oder muss sich der Naturschutz ungeachtet der späteren Folgen für den maximalen Schutz der gegenwärtigen Natur einsetzen?

¹ Korrektur gegenüber dem am 27.04.2021 verabschiedeten Diskussionspapier: Die Berechnung der WEA-Anzahl für einen jährlichen Bruttozubau von 7 GW ergab bei Anlagen mit 3 MW einen Bedarf von 2330 WEA/a (Fassung des Diskussionspapiers vom 27.04.2021). Mit Berechnung mit dem durchschnittlichen Neubau in 2020 von knapp 3,5 MW/WEA (Deutscher WindGuard, 2021) ergibt sich ein Bedarf von 2000 WEA/Jahr.



Zusammenfassung

Die für dieses Hintergrundpapier ausgewertete Metastudie des Wuppertal Instituts im Auftrag des NABU (Wuppertal Institut, 2018) sowie weitere Quellen zeigen:

- Die vorliegenden Klimaschutzszenarien für Deutschland stimmen darin überein, dass es grundsätzlich möglich ist, die energiebedingten THG-Emissionen Deutschlands bis Mitte des Jahrhunderts gegenüber 1990 um rund 85 % bis 100 % zu reduzieren.
- Einige aktuelle Studien (Matthes et al., 2018), (UBA, 2017)) deuten zudem darauf hin, dass für eine solche Strategie (die zu einer für die Natur in Deutschland und weltweit sehr wichtigen Verlangsamung des Klimawandels beiträgt) in Deutschland grundsätzlich ausreichend Flächen für eine insgesamt naturverträgliche Realisierung des erforderlichen Ausbaus der erneuerbaren Energien vorhanden sind.
- Die WI-Studie zeigt zudem, dass es eine Reihe von Klimaschutzstrategien gibt, die die dennoch vorhandenen möglichen negativen Auswirkungen auf die Natur zumindest deutlich verringern könnten und die in den bisher hauptsächlich in der Wissenschaft und Politik diskutierten Klimaschutzpfaden zumeist – wenn überhaupt – nur am Rande berücksichtigt werden.

Es kann also festgehalten werden, dass eine Energiewende, die (in Deutschland und weltweit) die THG-Emissionen des Energiesystems durch den Umstieg auf erneuerbare Energien bis zur Mitte des Jahrhunderts um (nahezu) 100 % verringert, die zentrale Strategie zum Schutz der natürlichen Umwelt ist. Es lohnt sich allerdings sehr, die Ausgestaltung der Energiewende gegenüber bisherigen Vorstellungen weiter zu optimieren, da somit die Naturverträglichkeit des Energiesystems (und somit auch die Akzeptanz für die Umsetzung der Energiewende) deutlich verbessert werden kann, ohne in Bezug auf das Hauptziel des Klimaschutzes Kompromisse eingehen zu müssen.

Literaturverzeichnis

- AEE Agentur für erneuerbare Energien. (2018). *Klares Bekenntnis der deutschen Bevölkerung zu Erneuerbaren Energien*. Von <https://www.unendlich-viel-energie.de/themen/akzeptanz-erneuerbarer/akzeptanz-umfrage/klares-bekenntnis-der-deutschen-bevoelkerung-zu-erneuerbaren-energien> abgerufen
- AGORA Energiewende. (2020). *Klimaneutrales Deutschland: In drei Schritten zu null Treibhausgasen bis 2050 über ein Zwischenziel von -65 % im Jahr 2030 als Teil des EU-Green-Deals*. Von https://static.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2020/2020_10_KNDE/A-EW_195_KNDE_WEB_V1111.pdf abgerufen
- BfN. (2018). *EE100-Studie: Naturverträgliche Energieversorgung aus 100 % erneuerbaren Energien 2050*. Von <https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/service/Dokumente/skripten/Skript501.pdf> abgerufen
- BMUB. (2016). *Klimaschutzplan 2050 – Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung*. Von



- https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf abgerufen
- BMVI. (2015). *Räumlich differenzierte Flächenpotentiale für erneuerbare Energien in Deutschland*. Von https://www.bbr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/ministerien/BMVI/BMVIOnline/2015/DL_BMVI_Online_08_15.pdf?__blob=publicationFile&v=2 abgerufen
- Deutscher WindGuard. (2021). *Status des Windenergieausbaus an Land in Deutschland - Jahr 2020*. Von https://www.windenergie.de/fileadmin/redaktion/dokumente/publikationen-oeffentlich/themen/06-zahlen-und-fakten/Status_des_Windenergieausbaus_an_Land_-_Jahr_2020.pdf abgerufen
- Gasparatos et al. (2017). *Renewable energy and biodiversity: Implications for transitioning to a Green Economy*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Bd. 70, S. 161-184.
- Gebert et al. (2018). *Klimapfade für Deutschland, im Auftrag des Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI)*. Von <https://e.issuu.com/embed.html#2902526/57478058>. abgerufen
- Hernandez et al. (2014). *Environmental impacts of utility-scale solar energy*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Bd. 29, S. 766–779.
- IPCC. (2005). *Carbon Dioxide Capture and Storage*. Von Carbon Dioxide Capture and Storage: <https://www.ipcc.ch/report/carbon-dioxide-capture-and-storage/> abgerufen
- ISE, F.-I. f. (2020_10). *Agri-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energiewende*. Von <https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/agri-photovoltaik-chance-fuer-landwirtschaft-und-energiewende.html> abgerufen
- ISE, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme. (2020_12). *Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland*. Von www.pv-fakten.de abgerufen
- Matthes et al. (2018). *Zukunft Stromsystem II – Regionalisierung der erneuerbaren Stromerzeugung*. WWF Deutschland.
- NABU. (2018). *Hintergrundpapier: Naturverträgliche Nutzung der Windenergie an Land und auf See*. Von https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/klimaschutz/190219_nabu-hintergrundpapier_naturvertr_gliche_nutzung_der_windenergie.pdf abgerufen
- NABU . (2017). *Positionspapier: Naturverträgliche Nutzung der Windenergie an Land und auf See*. Von https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/energie/wind/170320__positionspapier_naturvertraegliche_nutzung_windenergie.pdf abgerufen
- Repenning et al. (BMUB). (2015). *Klimaschutzszenario 2050, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit*



- (BMUB). *Öko-Institut e.V.; Fraunhofer ISI*. Von <https://www.oeko.de/oekodoc/2451/2015-608-de.pdf> abgerufen
- SRU. (2020). *Für eine entschlossene Umweltpolitik in Deutschland und Europa, UMWELTGUTACHTEN 2020*. Von https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/01_Umweltgutachten/2016_2020/2020_Umweltgutachten_Entschlossene_Umweltpolitik.pdf;jsessionid=8389C41CF4F5BD30000C596C7EAC4A64.2_cid292?__blob=publicationFile&v=30 abgerufen
- UBA. (2010). *Energieziel 2050: 100% Strom aus erneuerbaren Quellen*. Von https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/energieziel_2050.pdf abgerufen
- UBA. (2017). *GreenEE, Den Weg zu einem treibhausgasneutralen Deutschland ressourcenschonend gestalten*. Von https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/uba_fachbrosch_rtd_final_bf_0.pdf abgerufen
- UBA. (2019). *CLIMATE CHANGE 34/2019*. Von https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-10-02_climate-change_34-2019_kernbotschaften-ipcc.pdf abgerufen
- UBA. (2019). *Systemvergleich speicherbarer Energieträger aus erneuerbaren Energien, Texte 68/2020*. Von https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_2020_68_systemvergleich_speicherbarer_energetraeger_aus_erneuerbaren_energien.pdf abgerufen
- UBA. (2019). *Climate Change 38/2019, Analyse der kurz- und mittelfristigen Verfügbarkeit von Flächen für die Windenergienutzung an Land*. Von https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/climate_change_38_2019_flaechenanalyse_windenergie_an_land.pdf abgerufen
- WBGU. (2009). *Welt im Wandel: zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung*. Von https://www.wbgu.de/fileadmin/user_upload/wbgu/publikationen/hauptgutachten/hg2008/pdf/wbgu_jg2008.pdf abgerufen
- Wuppertal Institut. (2018). *Strategien für eine naturverträgliche Energiewende, im Auftrag des NABU*. Von https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/klimaschutz/strategien_f__r_eine_naturvertr__gliche_energiewende.pdf abgerufen
- Wuppertal Institut. (2020). *CO2-neutral bis 2035: Eckpunkte eines deutschen Beitrags*. Von https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7606/file/7606_CO2-neutral_2035.pdf abgerufen