



Germán Bersalli, Christof Schiller, Thorsten Hellmann, Leonard Mussler, Johan Lilliestam

Erfüllung der Klimaziele:

Wie weit sind führende Länder beim Übergang zu kohlenstofffreier Energie für Heizung, Straßenverkehr und Stromversorgung?

Selbst Vorreiterstaaten hinken bei der systemischen Umstellung des Energiesystems auf eine vollständige Dekarbonisierung hinterher, doch ihre Beispiele verdeutlichen, dass eine Beschleunigung möglich ist. Unsere sektorale Analyse zeigt gezielt Reformgelegenheiten und -barrieren in Dänemark, Norwegen, dem Vereinigten Königreich und Deutschland auf.

1. Einleitung

Die Energiewende und die erfolgreiche und vollständige Umstellung der Energieversorgung auf erneuerbare Energien und mehr Energieeffizienz sind zweifelsohne zentrale Prüfsteine für die Fähigkeit der internationalen Staatengemeinschaft,

die ehrgeizigen Klimaziele des Pariser Abkommens von 2015 noch zu erreichen. Sie sind auch ein entscheidender Lackmestest für die Fähigkeit von Regierungen, komplexe gesellschaftliche und wirtschaftliche Transformationsprozesse unter hohem Zeitdruck effektiv zu steuern, ohne die Akzeptanz der Bevölkerung zu verlieren.

Wo aber stehen aktuell einzelne Vorreiterstaaten bei der Realisierung der Energiewende fast zehn Jahre nach Ausrufung der Klimaziele? Wandelt sich das Energiesystem in dem jeweiligen Land so umfassend, dass es bis Mitte des Jahrhunderts auch tatsächlich klimaneutral sein könnte? Bislang fehlte es an theoriegeleiteten Evaluationsansätzen, die es ermöglichen würden, relevante Schlüsselindikatoren für die Messung des Fortschritts der Umstellung der Energieversorgung innerhalb und zwischen Staaten zu identifizieren und in einen systemischen Handlungsrahmen zu stellen.

In diesem Policy Brief¹ stellen wir einen solchen theoriegeleiteten systemischen Evaluationsansatz für die Sektoren Elektrizität, Individualverkehr und Gebäudewärme vor. Damit werden mögliche Barrieren und Gelegenheiten für den erfolgreichen Fortgang der Dekarbonisierung in diesen Sektoren in und zwischen Staaten systematisch vergleichbar. Unser Bewertungsrahmen wird auf vier Länder angewendet: Dänemark, Norwegen, das Vereinigte Königreich und Deutschland. Zwar hat noch kein Land die Energiewende vollständig abgeschlossen, doch alle haben in bestimmten Sektoren erhebliche Fortschritte erzielt, wobei sich aus Rückschlägen und Erfolgen fallübergreifende Erkenntnisse ableiten lassen.

Im folgenden Abschnitt zeigen wir, warum Regierungen gut beraten sind, sich an einem umfassenden, aber gezielten Evaluationsansatz zu orientieren, der über Emissionsdaten hinausgeht. Anschließend stellen wir die wichtigsten Ergebnisse unseres Ländervergleichs zum aktuellen Stand der Energiewende in Dänemark, Deutschland, Norwegen und dem Vereinigten Königreich vor und zeigen Chancen und Hindernisse für Reformen in den einzelnen Ländern auf. In jedem der drei Sektoren – Heizung, Straßenverkehr und Strom – hat mindestens ein Land erhebliche Fortschritte in Richtung sektoraler CO₂-Neutralität erzielt. Eine Dekarbonisierung bis zur Mitte des Jahrhunderts scheint also erreichbar, wenn die Regierungen die politischen Ziele besser aufeinander abstimmen, den Einsatz emissionsfreier Technologien fördern und die Vorschriften und Infrastruktur anpassen. Abschließend untersuchen wir ausgewählte Beispiele guter Praxis in Dänemark

(Heizung und Strom) und Norwegen (Straßenverkehr), die wichtige Erkenntnisse und politische Strategien für eine effektivere Beschleunigung des Übergangs zu einer dekarbonisierten Energiezukunft hervorheben, und schließen mit einem Ausblick.

2. Fortschrittsmessung: Tracking von Emissionsdaten allein reicht nicht aus

Um die Temperaturziele des Pariser Abkommens zu erreichen, müssen die CO₂-Emissionen bis 2050 auf Netto-Null gesenkt werden. In Europa ist das Ziel der Klimaneutralität bis 2050 im Europäischen Klimagesetz (Europäisches Parlament und Europäischer Rat 2021) verankert, wie im Europäischen Green Deal dargelegt. Dies erfordert nicht nur die Reduzierung der CO₂-Emissionen, sondern deren vollständige Beseitigung, was eine Umgestaltung aller energiebezogenen Sektoren und den Einstieg in Wege zur Emissionsfreiheit erfordert. Die genaue Frist für die Dekarbonisierung der einzelnen Sektoren kann variieren, da einige Sektoren leichter zu dekarbonisieren sind als andere. Der Übergang zur Netto-Null-Emission ist im Stromsektor relativ weit fortgeschritten (Victor et al., 2019), da bereits ausgereifte, kostengünstige emissionsfreie Technologien verfügbar sind. Darüber hinaus kann eine frühzeitige Dekarbonisierung des Stromsektors die Dekarbonisierung in anderen Sektoren durch teilweise oder vollständige Elektrifizierung erleichtern. In dieser Studie nehmen wir 2035 als Maßstab für die Erreichung von null CO₂-Emissionen im Stromsektor in Europa, in Übereinstimmung mit Modellierungsübungen (Boitier et al., 2023; IEA, 2021b). Für den Personenstraßenverkehr nehmen wir 2045 als Maßstab (Plötz et al., 2021); wir setzen 2045 auch als Maßstab für das Erreichen von Null-Emissionen im Heizungsbereich, was widerspiegelt, dass die Dekarbonisierung in diesen Sektoren noch nicht so weit fortgeschritten ist wie im Stromsektor.

1 Der folgende Policy Brief bereitet zentrale Ergebnisse der Studie Bersalli, G. et al. Assessing Zero-Emissions Energy Transitions: A Systemic View auf. Die komplette Fassung der Studie mit detaillierten methodologischen Erläuterungen sowie Quellenangaben ist unter folgendem Link abrufbar: <https://www.bertelsmann-stiftung.de/de/publikationen/publikation/did/assessing-zero-emissions-energy-transitions>. Zusätzlich zur Studie herangezogene Quellen werden im Literaturverzeichnis des Policy Briefs berichtet.

Diese langfristigen Ziele werfen die Frage auf, wie man den Fortschritt messen kann: Wie können wir wissen, ob die Transformation eines Sektors hin zu Null-Emissionen gut vorankommt? Welche Indikatoren sollten wir verwenden? Einerseits kann sich aufgrund des notwendig hohen Reformtempos daher eine Fortschrittmessung bei der Energiewende nicht allein nur auf einzelne nachlaufende Indikatoren wie sektorbezogene Emissionsdaten oder Daten zum Stand des Ausbaus erneuerbarer Energieträger verlassen. Diese Indikatoren erfassen, teils stark zeitverzögert, nämlich Ergebnisse vergangener Entwicklungen und lassen keine Rückschlüsse auf kurzfristig notwendige Anpassungen in system-relevanten Bereichen zu, die sich aber massiv auf zukünftige Emissionen oder den Ausbau neuer Technologien auswirken. Daher benötigen wir zusätzlich zu diesen nachlaufenden Indikatoren Frühwarnindikatoren, um die Angleichung der Infrastruktur und der institutionellen Entwicklungen sowie den Umfang der öffentlichen Zustimmung zu den Transformationsbemühungen zu bewerten. Darüber hinaus folgen technologische Revolutionen, wie die Energiewende, oft einem disruptiven, nichtlinearen Verlauf. Eine ausschließliche Konzentration auf nachlaufende Indikatoren birgt die Gefahr, dass die Geschwindigkeit und Dynamik derart umfassender Prozesse des wirtschaftlichen Wandels nur unzureichend erfasst werden, da die ex-post Analyse zugrunde liegende, systemische Veränderungsprozesse ignoriert.

Die Auswahl von Schlüsselindikatoren für eine erfolgreiche Energiewende muss neben den vergangenen Fortschritten daher zusätzlich auch die Erfassung möglicher Gelegenheiten und Hindernisse im politischen, technologischen und gesellschaftlichen System miteinschließen. Neben dem eingeschlagenen Zielpfad bei Emissionsminderungen und dem Ausbau sauberer Energieträger in den drei Sektoren, sind also auch Indikatoren zu nationalen Entwicklungen mit Blick auf Marktintegration und Wirtschaftlichkeit neuer Technologien, der Passung der jeweiligen Infrastruktur sowie zum politischen und regulativen Umfeld in dem jeweiligen Land wichtig. Wenn es beispielsweise darum geht, das regulatorische Umfeld eines Landes zu bewerten, ist es wichtig zu bestimmen, inwieweit und wie der Ausstieg aus fossilen Brennstoffen durchgesetzt wird, sei es durch politische Mandate und regulatorische Anpassungen oder durch andere Maßnahmen wie die Erhöhung der Kosten für fossile Brennstoffe.

Ohne solche Ausstiegsmaßnahmen könnten saubere und fossile Energiequellen über einen längeren Zeitraum nebeneinander bestehen, was die Bemühungen zur Dekarbonisierung untergraben würde. Schließlich ist eine sektorspezifische Analyse der Energiewende unerlässlich, um die einzigartigen Hindernisse und Chancen in jedem Sektor zu ermitteln, was wiederum gezielte Maßnahmen ermöglicht, die den Nutzen maximieren und die Risiken minimieren, die während des Übergangs auftreten.

Zwischen unseren Untersuchungsdimensionen Technologie, Infrastruktur und dem regulativen und politischen Umfeld besteht eine dynamische Wechselwirkung: Saubere Technologien müssen wettbewerbsfähig genug werden, um alte fossile Energieträger verdrängen zu können. Damit der Durchbruch neuer Technologie gelingt, muss die (physische) Infrastruktur wiederum Schritt halten mit zukünftigen Anforderungen und Verbreitungsszenarien. Politische Vorgaben und Policies schließlich müssen zudem die Ersetzung fossiler durch saubere Energie gezielt und glaubwürdig forcieren. Für jede der drei Dimensionen - Technologie, Infrastruktur und Regulierung- identifizieren wir die kritischsten Variablen und ordnen ihnen einen oder mehrere sektorspezifische Schlüsselindikatoren zu.

Die folgende sektorale Länderanalyse orientiert sich an diesen übergeordneten Leitfragen:

- 1. Politische Zielvorgaben:** Stehen sektorale Dekarbonisierungsziele, einschließlich technologie- und infrastrukturbezogener Ziele, in Einklang mit dem nationalen Ziel der Kohlenstoffneutralität bis Mitte des Jahrhunderts?
- 2. Ausstieg aus fossilen Brennstoffen:** Reduziert das Land die Kohlenstoffintensität und steigt es ausreichend schnell aus kohlenstoffintensiven Technologien aus, um bis Mitte des Jahrhunderts Netto-Null zu erreichen?
- 3. Einführung neuer Technologien:** Ist die Einführungsrate neuer Technologien auf die nationalen Ziele für Klimaneutralität abgestimmt? Sind neue Technologien auf nationaler und internationaler Ebene mit Technologien für fossile Brennstoffe kostenmäßig wettbewerbsfähig oder nähern sie sich dieser Wettbewerbsfähigkeit an?

4. **Infrastrukturentwicklung:** Inwieweit ist der Zustand der Infrastruktur und ihr Ausbau auf die Einführung kohlenstofffreier Technologien abgestimmt?
5. **Regulatorischer Rahmen:** Inwieweit unterstützt Regulierung (Abbau klimaschädlicher Subventionen, Beschleunigung Genehmigungsverfahren) den Umstieg?

3. Beschleunigung der Energiewende: Aktueller Stand in Deutschland, Norwegen, Dänemark und Großbritannien

Elektrizität

Deutschland

Deutschlands **politische Zielvorgaben** für den Ausbau erneuerbarer Energien entsprechen prinzipiell dem Ziel, bis 2035 100 % Strom aus erneuerbaren Energien zu erzeugen. Die Abstimmung des Ausbaus der Infrastruktur gestaltet sich jedoch schwierig, da offizielle Ziele für den Ausbau der Verteilungsnetze und die Stromspeicherkapazitäten noch fehlen.

Beim **Ausstieg aus der fossilen Stromerzeugung** zeigen sich zwar Fortschritte, doch sind diese nicht ausreichend. Zwar konnte der Anteil fossiler Brennstoffe am Strommix (2022: 50 %) zwischen 2017 und 2022 jährlich um 1,2 Prozentpunkte gesenkt werden; ein vollständiger Ausstieg bis 2035 würde jedoch eine Reduktion um mindestens 3,8 Prozentpunkte pro Jahr erfordern. Der **Einsatz neuer Technologien** wie Photovoltaik und Onshore-Windenergie hat zwar zu sinkenden Stromgestehungskosten geführt, jedoch ist das Tempo des Ausbaus nicht ausreichend, um das Kapazitätsziel für 2030 von 360 GW zu erreichen. Hierfür müsste die neu installierte Solar- und Windkapazität 28,4 GW pro Jahr betragen, während die tatsächliche Zunahme im Zeitraum 2018-2022 lediglich bei 6,8 GW pro Jahr lag.

Dringender Handlungsbedarf besteht beim **Ausbau und der Modernisierung der Netzinfrastuktur**, insbesondere mit Blick auf Übertragungsleitungen. Diese konnten zwischen 2017 und 2022 nicht ausgebaut werden. Die Unzulänglichkeit der bestehenden Netzinfrastuktur spiegelt sich u.a. in der anhaltenden Drosselung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien wider.

Im Hinblick auf das **regulatorische Umfeld** hat sich die drastische Erhöhung der staatlichen Subventionen für Erdgas als kontraproduktiv erwiesen. Zwar gingen diese Subventionen von 921 Millionen US-Dollar im Jahr 2017 auf 779 Millionen US-Dollar im Jahr 2021 etwas zurück, stiegen jedoch im Zuge der Energiekrise im Jahr 2022 auf 10 Milliarden US-Dollar an. Auch das anhaltende Auftreten negativer Strompreise verdeutlicht die Notwendigkeit politischer Interventionen zur Behebung von Marktverzerrungen.

Eine 100-prozentige Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien bis 2035 ist machbar, erfordert aber die Bewältigung der identifizierten Herausforderungen, wie z. B. die Anpassung der Infrastrukturentwicklung an die Ziele für erneuerbare Energien sowie die Flexibilisierung der Netze. Darüber hinaus ist es wichtig, ein hohes Maß an öffentlicher Unterstützung für den Übergang sicherzustellen.

Norwegen

Norwegen verfolgt das **politische Ziel**, den Anteil erneuerbarer Energien am Strommix bis 2030 auf 100 % der Kapazität zu erhöhen. Zwar fehlen formelle Ziele für den Ausbau der Übertragungs- und Verteilungsnetze sowie die Speicherkapazität, jedoch betonen die im Systementwicklungsplan 2023 dargelegten Initiativen die Bedeutung der Netzinfrastuktur, um den wachsenden Anteil der erneuerbaren Energiequellen aufnehmen zu können.

Beim **Ausstieg aus der fossilen Stromerzeugung** zeigen sich große Fortschritte. Norwegen hat den Ausstieg aus der Kohleverstromung bis 2023 erfolgreich vollzogen. Der Anteil fossiler Brennstoffe an der Stromerzeugung (2022 < 1 %) könnte in den kommenden Jahren ebenfalls auf null gesenkt werden, ebenso wie die CO₂-Emissionen. 2022 lag die Kohlenstoffintensität von Strom bei 26 g CO₂/kWh und damit deutlich unter dem EU-Durchschnitt, Tendenz fallend. Die dominie-

Stromwende

		Deutschland	Norwegen	Dänemark	Vereinigtes Königreich
Zielvorgaben	Kongruent zu fossilfreier Stromversorgung in 2035	teilweise ausreichend	ausreichend	ausreichend	teilweise ausreichend
	Kongruent zu 100 % erneuerbarer Energieversorgung bis 2035	ausreichend	ausreichend	ausreichend	ausreichend
	Kongruenz Übertragungsnetz und Ausbau Erneuerbare	teilweise ausreichend	teilweise ausreichend	ausreichend	teilweise ausreichend
	Kongruenz Verteilungsnetz und Ausbau Erneuerbare	unzureichend	teilweise ausreichend	Auswertung ist nicht möglich	teilweise ausreichend
	Kongruenz Speicherkapazitäten und Ausbau Erneuerbare	teilweise ausreichend	teilweise ausreichend	teilweise ausreichend	teilweise ausreichend
Ausstieg aus fossilen Technologien	Reduktion der CO2 Emissionen (Strom) ausreichend für Nullemissionen in 2035	teilweise ausreichend	teilweise ausreichend	teilweise ausreichend	teilweise ausreichend
	Reduktion der CO2 Intensität (Strom) über OECD-Durchschnitt	unzureichend	ausreichend	ausreichend	ausreichend
	Reduktion der fossilen Stromerzeugung ausreichend für Zielerreichung	teilweise ausreichend	ausreichend	ausreichend	teilweise ausreichend
Einstieg in saubere Technologie	Stromerzeugungskosten für PV günstiger als für fossile Träger	ausreichend	Auswertung ist nicht möglich	ausreichend	ausreichend
	Stromerzeugungskosten für Wind günstiger als für fossile Träger	ausreichend	Auswertung ist nicht möglich	ausreichend	ausreichend
	Zugebaute Kapazität für Wind/PV entspricht nationaler Zielvorgabe	teilweise ausreichend	ausreichend	teilweise ausreichend	teilweise ausreichend
	Wachstum Erneuerbarer im Strommix ausreichend für Nullemissionen in 2035	unzureichend	ausreichend	ausreichend	teilweise ausreichend
Infrastruktur	Keine Drosselung Erneuerbarer trotz Wachstum	unzureichend	ausreichend	unzureichend	unzureichend
	Ausbau des Übertragungsnetzes entspricht nationalen Zielvorgaben	unzureichend	ausreichend	teilweise ausreichend	Auswertung ist nicht möglich
	Ausbau des Verteilungsnetzes entspricht nationalen Zielvorgaben	teilweise ausreichend	Auswertung ist nicht möglich	Auswertung ist nicht möglich	Auswertung ist nicht möglich
	Energiespeicherquote höher als im EU-Durchschnitt	teilweise ausreichend	ausreichend	teilweise ausreichend	ausreichend
Regulatorischer Rahmen	Negative Preise treten nicht mehr auf	unzureichend	teilweise ausreichend	unzureichend	unzureichend
	Subventionen für Kohle und Gas nicht vorhanden	unzureichend	ausreichend	unzureichend	unzureichend
	Dauer Genehmigungsverfahren (Wind) entspricht EU-Richtlinien	teilweise ausreichend	Auswertung ist nicht möglich	Auswertung ist nicht möglich	Auswertung ist nicht möglich
	Mehrheit der Einwohner unterstützt Ausbau Erneuerbarer	ausreichend	Auswertung ist nicht möglich	ausreichend	Auswertung ist nicht möglich

■ ausreichend
 ■ teilweise ausreichend
 ■ unzureichend
 ■ Auswertung ist nicht möglich

Quelle: eigene Darstellung

| BertelsmannStiftung

rende Energiequelle in Norwegen ist Wasserkraft, die relative Bedeutung des **Einsatzes neuer Technologien** (insbesondere der Windenergie) nimmt jedoch zu und erhöht die Widerstandsfähigkeit des Stromsystems. Der von der Regierung im Mai 2022 vorgelegte Plan für Offshore-Windenergie sieht vor, bis 2040 eine Ka-

pazität von 30 GW zu erreichen, was fast der gesamten gegenwärtigen Stromerzeugungskapazität Norwegens entspricht.

Die gut ausgebaute **Netzinfrastuktur** hat dazu beigetragen, dass es bislang zu keiner Drosselung der Stro-

merzeugung aus erneuerbaren Energien gekommen ist. Das Übertragungsnetz hat sich in den letzten 5 Jahren (2018–2023) fast verdoppelt und ist von 6850 auf 13250 km (Leitungslänge \geq 220 kV) angewachsen, und auch die Verbundnetze mit den Nachbarländern wurden ausgebaut. Negative Strompreise waren in Norwegen bisher selten. Die Tatsache, dass das Auftreten negativer Preise in den Jahren 2022–2023 zugenommen hat, zeigt jedoch, dass mehr Speicherkapazität und Flexibilitätsoptionen erforderlich sind, um die zunehmende variable Stromerzeugung zu bewältigen. Die **staatlichen Subventionen** für Kohle wurden fast vollständig abgeschafft, die Subventionen für Erdgas liegen auf sehr niedrigem Niveau und wurden auch im Zuge der Energiekrise 2022 nicht erhöht.

Die Herausforderung der kommenden Jahre besteht darin, das Stromsystem auszubauen und neue Flexibilitäten zu integrieren, um die wachsende Nachfrage zu befriedigen, die durch die rasche Elektrifizierung in Sektoren wie Verkehr, Heizung und teilweise auch Industrie entsteht. Mit Blick auf die Erfüllung der Klimaziele besteht eine große Herausforderung zudem in der Auflösung des sogenannten „norwegischen Paradoxes“, also der Förderung der heimischen Erdölproduktion und der Vorreiterstellung beim Übergang zu einer erneuerbaren heimischen Energieversorgung. Norwegen plant, die Erdölproduktion und -förderung weiter zu erhalten und sogar auszubauen. Die Erdölindustrie (25 Prozent) zählt neben dem Transportsektor (33 Prozent) und anderen energieintensiven Industriezweigen zu den größten Emittenten (Hagen, Lund-Tønnesen und Schøyen forthcoming).

Dänemark

Dänemark verfolgt das **politische Ziel**, den Anteil erneuerbaren Energien bis 2030 auf fast 100 % zu erhöhen, und setzt dabei auf eine erhebliche Steigerung der Offshore-Windkapazitäten sowie eine Vervierfachung der Onshore-Wind- und Photovoltaikkapazitäten (PV). Darüber hinaus zielt die dänische Power-to-X-Strategie (PtX) darauf ab, bis 2030 bis zu 6 GW an Wasserstoff-Elektrolyse-Kapazitäten aufzubauen.

Der Anteil fossiler Brennstoffe an der Stromerzeugung in Dänemark ist von 29,5 % im Jahr 2018 auf 18,6 % im Jahr 2022 deutlich zurückgegangen, was zu einer Verringerung der CO₂-Emissionen aus der Stromerzeugung in diesem Zeitraum um 19,5 % führte. Der Ausstieg aus der Kohleverstromung soll bis 2030 gelingen,

die bestehenden Kohlekraftwerke haben alle ein festes Schließungsdatum (das letzte ist Nordjylland im Jahr 2028). Wenn sich die jüngsten Trends fortsetzen, könnte der **Ausstieg aus fossiler Stromerzeugung** bereits 2029 abgeschlossen sein.

Der Anteil erneuerbarer Energien am Strommix könnte bis 2028 100 % erreichen (2022: 81 %). Die deutliche Senkung der Stromgestehungskosten (LCOE) für Solar- und Windenergie (die LCOE für Offshore-Windenergie sanken zwischen 2017 und 2022 um 26 %) hat die kontinuierliche Ausweitung **neuer Technologien** erleichtert. Dennoch ist eine Beschleunigung des Ausbaus von Solar- und Windenergie erforderlich, um die ehrgeizigen Ziele für erneuerbare Energien zu erreichen.

Trotz der robusten und gut vernetzten **Strominfrastruktur** des Landes haben Netzengpässe (insbesondere in den Nachbarländern) gelegentlich die Windenergieerzeugung eingeschränkt und zu negativen Strompreisen geführt. Das Übertragungsnetz wurde nicht schnell genug ausgebaut, um mit der Nachfrage Schritt zu halten. Die jüngsten ehrgeizigen Netzausbaupläne, die mit den Zielen für erneuerbare Energien übereinstimmen, lassen jedoch auf Verbesserungen in den kommenden Jahren hoffen.

Vereinigtes Königreich

Die **politischen Ziele** des Vereinigten Königreichs sehen vor, bis 2024 aus der Verstromung von Kohle auszusteigen, und bis 2035 100 % des Stroms aus erneuerbaren Energien (insbesondere aus Offshore-Windenergie) sowie Kernkraft zu erzeugen. Es mangelt jedoch an einer klaren Strategie für den Ausstieg aus der Gaserzeugung und an klaren Zielen in Bezug auf die Übertragungs- und Verteilungsnetze.

Beim **Ausstieg aus der fossilen Stromerzeugung** zeigt sich folgendes Bild: Die Kohlenstoffintensität der britischen Stromerzeugung ist rückläufig, doch muss das Tempo der Emissionsenkung beschleunigt werden, um bis 2035 Emissionsfreiheit zu erreichen. Zwar sind die CO₂-Emissionen zwischen 2017 und 2022 um 18,5 % gesunken, doch liegt die durchschnittliche jährliche Reduktion immer noch unter der erforderlichen Rate, um bis 2035 Null-Emissionen zu erreichen. Der Einsatz von Kohle wurde fast vollständig eingestellt, aber es gibt immer noch Widerstand gegen die schrittweise Abschaffung von Gas.

Erneuerbare Energien wie Wind- und Solarenergie sind aufgrund kontinuierlicher Kostensenkungen zu den kosteneffizientesten Quellen der Stromerzeugung geworden. Der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung stieg von 29 % im Jahr 2017 auf 41 % im Jahr 2022. Dennoch hält das Wachstum des Anteils der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien nicht Schritt mit der erforderlichen Benchmark für die Erreichung von emissionsfreiem Strom bis 2035. Das deutet auf Handlungsbedarf beim **Einsatz neuer Technologien** hin.

Zwar wurde das Übertragungsnetz ausgebaut, jedoch macht die Drosselung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien die Unzulänglichkeiten der **Netzinfrastruktur** deutlich. Fortschritte zeichnen sich insbesondere bei der Stromspeicherung ab. Stand März 2024 sind 2,6 GW in Betrieb, 3,7 GW im Bau und 25,7 GW in der Entwicklung.

Das Auftreten negativer Preise und hoher Subventionen für fossile Brennstoffe zeigt **regulatorischen Handlungsbedarf**. Während die Subventionen für Kohle gering sind und mit dem Ausstieg aus der Kohle auslaufen, sind die Subventionen für Erdgas (insbesondere im Jahr 2022 bedingt durch die Energiekrise) besonders stark angestiegen.

Individualverkehr

Deutschland

Die deutsche Übergangstrategie für den Verkehrssektor ist nicht ausreichend, um das Pariser Klimaziel zu erreichen. Obwohl das Land als **politisches Ziel** anstrebt, dass bis 2035 100 % der verkauften Neuwagen CO₂-emissionsfrei sind, müsste diese Frist auf 2030

Verkehrswende

		Deutschland	Norwegen	Dänemark	Vereinigtes Königreich
Zielvorgaben	Aus für Verbrennungsmotoren bis 2045	unzureichend	unzureichend	unzureichend	unzureichend
	100% Verkauf sauberer Fahrzeuge bis 2030	teilweise ausreichend	ausreichend	teilweise ausreichend	teilweise ausreichend
	Anzahl Ladestationen ausreichend für Emissionsfreiheit 2045	teilweise ausreichend	ausreichend	unzureichend	teilweise ausreichend
Ausstieg aus fossilen Technologien	Reduktion der CO2 Emissionen (Verkehr) ausreichend für Nullemissionen in 2045	ausreichend	ausreichend	unzureichend	ausreichend
	Reduktion der Verbrenner ausreichend für Zielerreichung	unzureichend	ausreichend	teilweise ausreichend	unzureichend
	Anteil der Pkw am gesamten Personenverkehr sinkt schneller als im EU-Durchschnitt	unzureichend	unzureichend	unzureichend	unzureichend
Einstieg in neue Technologie	E-Autos sind günstiger als Verbrenner	teilweise ausreichend	teilweise ausreichend	unzureichend	teilweise ausreichend
	Trend Verkaufsanteil E-Autos entspricht nationaler Zielvorgabe	ausreichend	ausreichend	ausreichend	teilweise ausreichend
	Trend Anteil von E- Autos an der gesamten Fahrzeugflotte ausreichend für Nullemissionen in 2045	teilweise ausreichend	ausreichend	teilweise ausreichend	teilweise ausreichend
Infrastruktur	Verhältnis von Ladestation zu E-Autos ist 1:10 oder besser	unzureichend	unzureichend	unzureichend	unzureichend
	Ausbau der Ladepunkte ausreichend für Zielerreichung	teilweise ausreichend	ausreichend	teilweise ausreichend	teilweise ausreichend
Regulatorischer Rahmen	Keine Subventionen für Verbrenner/ Öl	unzureichend	teilweise ausreichend	unzureichend	teilweise ausreichend

■ ausreichend
 ■ teilweise ausreichend
 ■ unzureichend
 ■ Auswertung ist nicht möglich

vorgezogen werden, um bis 2045 Emissionsfreiheit im Straßenverkehr zu erreichen. Zudem fehlt ein klares Ziel und eine Strategie für die Abschaffung der verbleibenden Verbrennungsfahrzeuge.

Beim **Ausstieg aus dem fossilen Individualverkehr** zeigt sich folgendes Bild: Der Rückgang der Emissionen zwischen 2016 bis 2021 (-3,6 Prozent pro Jahr) entspricht zwar dem Benchmark für das Erreichen von Nullemissionen bis 2045, ist jedoch zum Teil auf einen vorübergehenden Einbruch im Zuge der COVID-Pandemie zurückzuführen. Zudem ist der Anteil der Verbrennungsmotoren an der gesamten Fahrzeugflotte zwar rückläufig (von 98 % im Jahr 2019 auf 92 % im Jahr 2023), allerdings liegt die Reduktionsrate (-1,6 % pro Jahr) weit unter dem linearen Pfad (-4,2 %) zum Benchmark. Im Jahr 2022 machten Elektrofahrzeuge (einschließlich Hybride) 31 % der gesamten Autoverkäufe aus, gingen jedoch im Jahr 2023 auf 24,5 % zurück. Dieser Anteil stellt einen deutlichen Anstieg gegenüber nur 3 % im Jahr 2019 dar und entspricht fast dem erforderlichen **Fortschritt bei der Einführung neuer Technologien**. Der anhaltende Preisunterschied zwischen Elektro- und Verbrennungsfahrzeugen lässt jedoch Zweifel an einem möglichen deutlichen Anstieg der Verkäufe von Elektrofahrzeugen in den kommenden Jahren aufkommen.

Dringender Handlungsbedarf besteht beim **Ausbau der Ladeinfrastruktur**, die nicht ausreicht, um die steigende Zahl von E-Fahrzeugen zu versorgen. Zwar wurden im Jahr 2022 17.700 neue Ladestationen errichtet, doch würde die Erreichung der gesetzten Ziele die jährliche Installation von 124.000 neuen Ladestationen pro Jahr erfordern. Insgesamt sind die Fortschritte Deutschlands auf dem Weg zu einem emissionsfreien Straßenverkehrssektor eindeutig unzureichend, und es sind weitere Anstrengungen erforderlich, um den Anteil der Pkw am gesamten inländischen Personenverkehr (89 % im Jahr 2021) zu verringern und die verbleibende Flotte zu elektrifizieren.

Norwegen

Die Umstellung auf einen emissionsfreien Straßenverkehrssektor geht in Norwegen zügig voran. Der Nationale Verkehrsplan 2022-2033 und der Klimaplan 2021-2030 setzen ambitionierte **politische Ziele** für emissionsfreie Fahrzeuge (z.B. müssen ab 2025 neu zugelassene PKW und leichte Nutzfahrzeuge emissions-

frei sein), und sind damit mit den Szenarien des Pariser Abkommens vereinbar.

Bei der **Errichtung eines emissionsfreien Verkehrssektors** zeigt sich folgendes Bild: Die verkehrsbedingten CO₂-Emissionen konnten zwischen 2016 und 2021 um 22 Prozent reduziert werden, die Reduktion ist damit deutlich höher als für einen linearen Weg zu Nullemissionen bis 2045 erforderlich. Ein Grund für diese positive Entwicklung ist, dass der Anteil der Verbrennungsfahrzeuge an der gesamten Fahrzeugflotte in den vergangenen Jahren stark reduziert werden konnte (von 86 % im Jahr 2018 auf 67 % im Jahr 2022). Der Anteil des Pkw-Personenverkehrs nimmt jedoch zu, und folgt damit einem negativen EU-Trend. Die norwegische Regierung hat darauf reagiert, indem sie das Ziel verfolgt, das Wachstum des Pkw-Verkehrs in städtischen Ballungsräumen auf null zu reduzieren.

Obwohl der Durchschnittspreis für ein Elektroauto im Jahr 2023 etwa zweieinhalbmal höher war als der Preis für ein Verbrennungsfahrzeug, sind die Verkaufszahlen von E-Autos in den letzten Jahren sprunghaft angestiegen. So waren 2022 waren 79 Prozent der gesamten Autoverkäufe E-Fahrzeuge und weitere 10 Prozent Plug-in-Hybride. Gleichzeitig verschwinden Neuwagen mit Benzinmotor und Dieselmotor zugunsten **neuer Antriebstechnologie** zunehmend vom Markt. Diese Entwicklung ist insbesondere auf die Gewährung finanzieller Vorteile für Elektrofahrzeuge zurückzuführen. Die öffentliche **Ladeinfrastruktur** ist zwar im Vergleich zur EU-Richtlinie unzureichend, jedoch schreitet die Einrichtung neuer Ladepunkte parallel zum Wachstum der E-Fahrzeugflotte rasch voran.

Wenn sich die aktuellen Trends fortsetzen und die derzeitigen Gesetze bestehen bleiben, werden bis 2025 fast 100 % der Neuwagenverkäufe auf Elektrofahrzeuge entfallen, wodurch Norwegen auf dem besten Weg ist, seinen Personenverkehrssektor deutlich vor 2045 zu dekarbonisieren. Allerdings hat das Land immer noch Schwierigkeiten, seine starke Abhängigkeit von Autos für den Personentransport zu verringern, obwohl es notwendig ist, das Angebot an nachhaltigeren Alternativen wie Zügen und Bussen weiter zu entwickeln.

Dänemark

Der Gesamtfortschritt der Dekarbonisierung des Individualverkehrs in Dänemark ist nicht ausreichend,

um die Ziele des Pariser Abkommens zu erreichen. Die nationalen **politischen Ziele** sehen vor, dass bis 2035 100 % der Neuwagenverkäufe emissionsfrei sein sollen. Diese Frist müsste jedoch auf 2030 vorgezogen werden, um bis 2045 Emissionsfreiheit im Straßenverkehr zu erreichen. Auch fehlen klare Ziele für die Abschaffung von Verbrennern sowie für den Ausbau der Ladeinfrastruktur.

Die verkehrsbedingten CO₂-Emissionen sanken zwischen 2016 und 2021 um 7 Prozent, zur **Errichtung eines emissionsfreien Verkehrssektors** bis 2045 wäre jedoch eine doppelt so hohe Reduktionsrate erforderlich. Auch die Fortschritte bei der Abschaffung von Verbrennungsmotoren sind unzureichend, 2023 betrug der Anteil von Verbrennungsfahrzeugen 87 Prozent an der gesamten Fahrzeugflotte. Der Anteil des Pkw-Verkehrs am gesamten Personenverkehr hat von 81 % im Jahr 2016 auf 87 % im Jahr 2021 zugenommen, was auf Herausforderungen bei der Förderung alternativer Verkehrsmittel hinweist.

Obwohl der Durchschnittspreis für E-Autos nach wie vor über dem eines Verbrennungsfahrzeugs liegt, hat sich die **Verbreitung elektrischer Antriebstechnologie** in den letzten Jahren beschleunigt. Von 2022 bis 2023 haben sich die Verkaufszahlen von Elektroautos mehr als verdoppelt, und verzeichneten einen Marktanteil von 46 Prozent (einschließlich Plug-in-Hybride).

Auch in Dänemark besteht Nachholbedarf beim Ausbau der öffentlichen **Ladeinfrastruktur**, 2021 gab es lediglich ein öffentliches Ladegerät pro 35 Elektrofahrzeuge. Da die Regierung das Ziel verfolgt, den Bestand an Elektrofahrzeugen bis 2030 auf 1 Million zu erhöhen (von 210.000 im Jahr 2022), müssten schätzungsweise 67.000 öffentliche Ladepunkte errichtet, und die derzeitige jährliche Installationsrate (2.260 neue Ladegeräte im Jahr 2022) in den kommenden Jahren verdoppelt werden.

Vereinigtes Königreich

Im Vereinigten Königreich verläuft der Übergang zu einem emissionsfreien Straßenverkehrssektor bislang nicht schnell genug, um die Ziele des Pariser Abkommens zu erreichen. Die ursprünglichen **politischen Ziele** der britischen Regierung sahen vor, dass bis 2030 100 % der Neuwagenverkäufe elektrisch sein sollten, was mit dem Erreichen von null Emissionen

im Straßenverkehr bis 2045 vereinbar war. Nachdem das Zieldatum jedoch 2023 um fünf Jahre auf das Jahr 2035 verschoben wurde, gilt dies nicht mehr. Darüber hinaus fehlt auch im Vereinigten Königreich eine klare Zielvorgabe für die Abschaffung verbleibender Verbrennungsfahrzeuge.

Erfreulich ist, dass die verkehrsbedingten CO₂-Emissionen zwischen 2016 und 2021 insgesamt um 20 Prozent gesunken sind und damit wesentlich schneller als für einen linearen Pfad zu Null-Emissionen bis 2045 erforderlich. Die **Abkehr von der auf fossilen Brennstoffen basierenden Technologie** geht jedoch nur langsam voran. So ist der Anteil der Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor am Gesamtbestand von 2019 bis 2023 jährlich nur um 1,8 % (von 98 % auf 91 %) gesunken, während eine jährliche Reduzierung um 4,1 % erforderlich ist, um die Klimaziele zu erreichen.

Obwohl der Durchschnittspreis für ein E-Fahrzeug 2023 etwa doppelt so hoch war wie für ein mittleres Verbrennungsfahrzeug, ist der Absatz von Fahrzeugen mit **elektrischer Antriebstechnologie** rapide angestiegen. So lag der Anteil der E-Autos an den gesamten Autoverkäufen im Jahr 2022 bei 23 %. Dies entspricht einem jährlichen Anstieg von 5,6 % pro Jahr im Zeitraum 2018 bis 2022 und steht im Einklang mit der erforderlichen Wachstumsrate (5,7 Prozent).

Der Zustand der öffentlichen **Ladeinfrastruktur** und deren Ausbau werden als (teilweise) unzureichend angesehen. So gab es 2021 eine öffentliche Ladestation pro 21 E-Fahrzeuge, und damit deutlich weniger als in der EU-Richtlinie festgelegt (1:10). Die Installation von öffentlichen Ladestationen stieg zwar von 2.500 im Jahr 2018 auf 13.900 im Jahr 2022 an, jedoch ist die Installationsrate noch immer zu gering, um den zukünftigen Bedarf zu decken.

Gebäudewärme

Deutschland

Die Bewertung der **politischen Zielvorgaben** mit Blick auf die Dekarbonisierung des Gebäudesektors zeigt ein gemischtes Bild. Es gibt Ziele für die Installation neuer Wärmepumpen und die Erhöhung des Anteils kohlenstofffreier Heizsysteme, die im Prinzip mit emissionsfreiem Heizen bis 2045 übereinstimmen. Im

Wärmewende

		Deutschland	Norwegen	Dänemark	Vereinigtes Königreich
Zielvorgaben	Aus für Öl- und Gasheizungen bis 2045	unzureichend	ausreichend	ausreichend	teilweise ausreichend
	Ausbaupfad Wärmepumpen konsistent mit Emissionsfreiheit in 2045	ausreichend	ausreichend	ausreichend	ausreichend
	Anteil saubere Gebäudewärme konsistent mit Emissionsfreiheit in 2045	ausreichend	ausreichend	ausreichend	teilweise ausreichend
	Energieeffizienz von Gebäude konsistent mit Emissionsfreiheit in 2045	ausreichend	teilweise ausreichend	ausreichend	unzureichend
	Gebäudesanierung konsistent mit Emissionsfreiheit 2045	ausreichend	unzureichend	ausreichend	unzureichend
	Wärmespeicherung in Gebäuden konsistent mit Emissionsfreiheit in 2045	unzureichend	unzureichend	unzureichend	unzureichend
Ausstieg aus fossilen Technologien	Reduktion der CO2 Emissionen (Gebäudeenergie) ausreichend für Nullemissionen in 2045	unzureichend	ausreichend	teilweise ausreichend	unzureichend
	Reduktion des Öl- und Gasheizungsanteils ausreichend für Zielerreichung	unzureichend	ausreichend	teilweise ausreichend	unzureichend
Einstieg in neue Technologien	Wärmepumpen sind günstiger als Gasboiler	unzureichend	ausreichend	ausreichend	unzureichend
	Trend Einbau Wärmepumpen entspricht Zielvorgabe	teilweise ausreichend	ausreichend	ausreichend	teilweise ausreichend
	Trend Anteil fossilfreie Gebäudewärme ausreichend für Nullemissionen in 2045	unzureichend	ausreichend	teilweise ausreichend	unzureichend
Infrastruktur	Rückgangsrate des Energieverbrauchs entspricht EU-Zielvorgabe	ausreichend	ausreichend	ausreichend	unzureichend
	Trend von mit Energieeffizienzmaßnahmen behandelte Häuser entspricht EU-Zielvorgaben	Auswertung ist nicht möglich	Auswertung ist nicht möglich	Auswertung ist nicht möglich	Auswertung ist nicht möglich
	Trend Haushalte mit Energiespeicher entspricht EU-Zielvorgaben	Auswertung ist nicht möglich	Auswertung ist nicht möglich	Auswertung ist nicht möglich	Auswertung ist nicht möglich
Regulatorischer Rahmen	Gebäudeanteil mit intelligenten Zählern/Tarifen liegt über EU/OECD-Durchschnitt	unzureichend	ausreichend	ausreichend	ausreichend
	Keine Subventionen für Heizungen mit fossilen Brennstoffen	ausreichend	ausreichend	ausreichend	teilweise ausreichend

■ ausreichend
 ■ teilweise ausreichend
 ■ unzureichend
 ■ Auswertung ist nicht möglich

Quelle: eigene Darstellung

[BertelsmannStiftung](#)

Jahr 2023 hat die Regierung neue Ziele für die Installation von Heizsystemen festgelegt. Änderungen des Gebäudeenergiegesetzes schreiben eine Umstellung auf Heizsysteme vor, die mehr als 65 % ihrer Energie aus erneuerbaren Quellen beziehen. Dies verbietet praktisch die Installation neuer Gas- oder Ölheizungen, die diese Anforderung nicht erfüllen können. Die Regelung gilt jedoch erst ab Januar 2024 für Neubauten in neu erschlossenen Wohngebieten. Für bestehende Gebäude und Neubauten außerhalb dieser Gebiete können Gas- und Ölheizungen noch installiert werden, bis die jeweilige Kommune einen Plan für den

Übergang zu klimaneutraler Heizung entwickelt hat. Dies kann Optionen wie den Ausbau der Fernwärme beinhalten. Großstädte müssen ihre Pläne bis 2026 vorlegen, kleinere Städte haben bis 2028 Zeit dafür. Es gibt jedoch noch keine klaren Ziele für die schrittweise Abschaffung fossiler Brennstoffe in bestehenden Heizsystemen, und es gibt auch keine Ziele für Gebäude mit thermischer Energiespeicherung.

Zwar zeigen sich Fortschritte beim **Ausstieg aus kohlenstoffintensiven Technologien**, jedoch vollzieht sich der Ausstieg nicht schnell genug. So sind die CO₂-Emis-

sionen im Gebäudesektor von 2017 bis 2022 durchschnittlich um 0,65 Megatonnen zurückgegangen, während zur Erreichung von Nullemissionen bis 2045 eine jährliche Reduktion von 5,4 Megatonnen erforderlich wäre. Kritisch im Hinblick auf das Erreichen der Reduktionsziele ist zudem der deutliche Anstieg des Erdgasverbrauchs (+14 % von 2017 bis 2021).

Auch das Tempo des **Ausbaus kohlenstofffreier Technologien** ist nicht ausreichend. Zwar ist die Anzahl neu installierter Wärmepumpen zwischen 2018 und 2022 von rund 98.000 auf 236.000 Einheiten gestiegen, die Erreichung des Ziels von 6 Mio. Wärmepumpen bis 2030 erfordert allerdings eine jährliche Installation von 500.000 Einheiten. Ein Grund für den schleppenden Ausbau ist u.a. darin zu sehen, dass die Investitionskosten für eine Wärmepumpe noch immer sehr hoch sind.

Positiv zu bewerten im Hinblick auf die **Infrastruktur** ist die Verbesserung der Gebäudeeffizienz. So ist der Energieverbrauch zwischen 2016 und 2021 durchschnittlich um 2,2 kWh/m² gesunken und übertrifft damit den EU-Benchmark von -1,3 kWh pro Jahr.

Der Anteil mit intelligenten Zählern ausgestatteter Haushalte ist zwar äußerst gering (0,3 % im Jahr 2021), jedoch schreibt eine 2023 eingeführte **Regulierung** eine flächendeckende Einführung intelligenter Zähler vor, die mit entsprechenden Fristen verbunden ist (20 % Rollout bis Ende 2025, 50 % bis 2028 und 95 % bis 2030). Zudem werden ab 2025 alle Stromversorger verpflichtet sein, dynamische Tarife anzubieten. Positiv zu bewerten ist zudem die Abschaffung von Subventionen für Investitionen in mit fossilen Brennstoffen betriebenen Heizungsanlagen.

Norwegen

Der Übergang zu einem emissionsfreien Gebäudeheizungssektor vollzieht sich in Norwegen rasch. Bereits 2016 wurde ein Verbot für die Installation von Heizsystemen auf Basis fossiler Brennstoffe in neuen Gebäuden eingeführt, seit 2020 ist das Heizen mit Mineralöl auch in bestehenden Gebäuden verboten. Was jedoch fehlt, sind **politische Zielvorgaben** für die Renovierung bestehender Gebäude sowie für Wärmespeichersysteme.

Das norwegische Gebäudewärmesystem basiert fast ausschließlich auf erneuerbaren Energien, was den

Ausstieg aus fossilen Brennstoffen im Wohnungssektor drastisch vorangetrieben hat: Seit 2006 wird keine Kohle mehr verwendet und der Verbrauch von Gas und Öl ist erheblich zurückgegangen. Gleichzeitig gehen die CO₂-Emissionen aus der direkten Energienutzung in Gebäuden weiter zurück und dürften in den kommenden Jahren vollständig eliminiert werden.

Im Jahr 2021 waren 60 % der Haushalte mit Wärmepumpen ausgestattet, der höchste Prozentsatz weltweit, und die hohe jährliche Installationsrate (155.000 neue Einheiten im Jahr 2022) wird voraussichtlich in den kommenden Jahren zu einer 100-prozentigen Marktdurchdringung führen. Der zügige Ausbau von Wärmepumpen wurde begünstigt durch günstigen und sauberen Strom, hohe Steuern auf fossile Brennstoffe, großzügige staatliche Subventionen für Haushalte und das Verbot von Heizkesseln für fossile Brennstoffe.

Ein Blick auf die **Gebäudeinfrastruktur** zeigt, dass sich die Effizienz der Wohngebäude in den vergangenen Jahren deutlich verbessert hat. Der Energieverbrauch pro Quadratmeter ist zwischen 2015 und 2020 pro Jahr durchschnittlich um 2,2 kWh/m² gesunken, die Reduktion übertrifft damit deutlich den EU-Benchmark von -1,3 kWh/m².

Vorbildlich ist zudem die nahezu 100-prozentige Durchdringung des Wärmesektors mit intelligenten Zählern, die durch staatliche **Regulierung** erreicht wurde. So ordnete die Nationale Direktion für Wasserressourcen und Energie im Jahr 2011 an, dass alle Kunden bis 2019 mit intelligenten Zählern ausgestattet sein müssen.

Dänemark

Insgesamt macht Dänemark ebenso wie Norwegen große Fortschritte bei der Umstellung des Gebäudesektors auf emissionsfreies Heizen. Frühzeitig festgelegte **politische Ziele** haben dabei eine entscheidende Rolle gespielt. Zu den wichtigsten Initiativen gehören ein Verbot der Installation von fossilen Öl- und Gaskesseln in neuen Gebäuden seit 2013 sowie die Verpflichtung zur Nutzung erneuerbarer Energien in neuen und bestehenden Gebäuden.

Der **Ausstieg aus den fossilen Brennstoffen** (insbesondere Erdgas) und die Reduktion der CO₂-Emissionen im Gebäudesektor schreitet dennoch nicht schnell genug

voran, um 2045 Emissionsfreiheit zu erreichen. Zwar sind die CO₂-Emissionen zwischen 2017 und 2022 um 14 Prozent von 4,3 Millionen Tonnen auf 3,7 Millionen Tonnen zurückgegangen, die jährliche Reduktionsrate betrug jedoch nur 0,074 Millionen Tonnen CO₂, und lag damit deutlich unterhalb der für die Erreichung von Null-Emissionen bis 2045 erforderlichen Mindestreduktion in Höhe von 0,16 Millionen Tonnen.

Positiv hervorzuheben sind dagegen die **Fortschritte bei der Einführung emissionsfreier Technologien** und dem steigenden Anteil von Gebäuden mit klimaneutraler Heizung. So konnte beispielsweise die Installation von Wärmepumpen zwischen 2018 und 2022 um 78 % gesteigert werden. Darüber hinaus plant die Regierung den weiteren Ausbau der Fernwärme in bestimmten Regionen.

Auch **infrastrukturelle Voraussetzungen** wie die Energieeffizienz der Gebäude haben sich verbessert. Die durchschnittliche Verringerung der Energieintensität von Wohngebäuden betrug von 2016 bis 2021 2,8 kWh/m² pro Jahr, und lag damit deutlich über dem EU-Benchmark von -1,3 kWh/m².

Regulierungsmaßnahmen haben dabei eine entscheidende Rolle gespielt, und dazu geführt, dass bis 2022 100 % der Gebäude mit intelligenten Zählern ausgestattet waren. Zudem hat Dänemark die Subventionen für Heizungen, die mit fossilen Brennstoffen betrieben werden, eingestellt.

Vereinigtes Königreich

Die Fortschritte beim Übergang des Gebäudewärmesektors im Vereinigten Königreich sind derzeit nicht ausreichend, um bis 2045 Emissionsfreiheit zu gewährleisten. Zwar gibt es festgelegte Endtermine für die Inbetriebnahme neuer fossiler Heizkessel und ehrgeizige **politische Ziele** für den Einsatz von Wärmepumpen, jedoch fehlen Zielvorgaben für den Energieverbrauch pro Quadratmeter oder die Renovierungsrate von Gebäuden. Kontraproduktiv für die Energiewende im Gebäudesektor ist zudem, dass die Regierung im September 2023 die geplanten Vorschriften für Mindeststandards für die Energieeffizienz von Mietobjekten (MEES) zusammen mit anderen Plänen gestrichen oder auf Eis gelegt hat.

Die CO₂-Emissionen aus der direkten Energienutzung in Gebäuden sind von 2017 bis 2022 um 0,3 Tonnen CO₂ pro Jahr gestiegen, während zur Erreichung des Null-Emissions-Ziels eine jährliche Reduktion um mindestens 3,2 Tonnen erforderlich wäre. Ein Grund für diese Entwicklung ist, dass der **Ausstieg aus fossilen Brennstoffen** im Wärmesektor nur schleppend vorangeht. Zwar ist der Einsatz von Erdöl und Kohle zurückgegangen, jedoch hat der Verbrauch von Erdgas zugenommen und ist nach wie vor die Hauptquelle für Heizzwecke.

Auch die **Einführung klimafreundlicher Technologien** ist unzureichend. Obwohl die Zahl der installierten Wärmepumpen zwischen 2018 und 2022 um 130 % gestiegen ist, liegen die Gesamtzahlen immer noch unter den nationalen Zielen: Die Regierung strebt an, bis 2028 jährlich 600.000 Wärmepumpen zu installieren: Im Jahr 2022 wurden allerdings nur 60.000 neue Wärmepumpen installiert. Als hinderlich erweist sich in diesem Zusammenhang die Tatsache, dass die Kosten für herkömmliche Gasheizungen deutlich geringer sind als für Wärmepumpen.

Handlungsbedarf mit Blick auf die **Infrastruktur** besteht zudem im Hinblick auf die Verbesserung der Energieeffizienz in Wohngebäuden. So lag der Energieverbrauch pro Quadratmeter 2021 mit 167 kWh/m auf demselben Niveau wie im Jahr 2016, während die Erreichung des Benchmarks eine jährliche Reduktion von 1,3 kWh/m erfordert hätte.

Positiv zu vermerken ist, dass 56 % der Haushalte im Jahr 2022 mit intelligenten Zählern ausgestattet waren und die Regierung bis Ende 2024 mehr als 50 Millionen intelligente Zähler (Strom und Gas) installieren will. Der **regulatorische Rahmen** ist aber uneinheitlich. Zwar werden klimafreundliche Heizsysteme (insbesondere Wärmepumpen) subventioniert. Auf der anderen Seite werden auch fossile Heizsysteme weiterhin finanziell gefördert.

4. Beispiele guter Reformpraxis: Schrittweiser Abbau technologischer und gesellschaftlicher Barrieren

Elektrizität

Dänemark ist dasjenige Land in unserem Ländersample, das mit Blick auf den Ausbau und die Modernisierung seiner Stromnetze aktuell noch den größten Planungsfortschritt vorweisen kann. Gerade bei der Frage effektiver Mechanismen von Politikkoordination, evidenzbasierter Politikgestaltung und zivilgesellschaftlicher Beteiligung, verfügt das dänische Regierungssystem seit jeher über vielfältige Stärken im internationalen Ländervergleich. In der von der Bertelsmann Stiftung seit 2009 herausgegebenen Sustainable Governance Indicators-(SGI)-Daten-Reihe, die die Nachhaltigkeit von Governance-Ansätzen in den OECD-Staaten bewertet, belegt das Land seit Jahren die vordersten Plätze nicht zuletzt auch beim effektiven Einsatz von Instrumenten evidenzbasierter Politikgestaltung (Bertelsmann Stiftung 2022). Auch das Gesamtranking der aktuellen SGI-2024-Datenerhebung zum vorausschauenden Regieren, mit dessen Hilfe Vergleiche zur Frage ermöglicht werden sollen, inwieweit regierungsinterne Instrumente, Prozesse und Strukturen eine antizipative Governance ermöglichen (Bertelsmann Stiftung forthcoming), wird von Dänemark angeführt.

In der Energiepolitik besitzt Dänemark langjährige Erfahrung mit antizipativen, adaptiven und integrativen Planungsansätzen. Anhand unterschiedlicher Instrumente gelingt es dem Land, regionale Unterschiede im Stromkonsum, künftige Nachfrage nach Strom, technische (Kapazitäts-)Anforderungen sowie Flexibilitätsbedürfnisse wie etwa durch weitere Technologien wie Wasserstoff und Wärmespeicherung fortlaufend aufeinander abzustimmen. Bei der Stromnetzplanung erarbeitet zunächst die dänische Energieagentur - abgestimmt mit den politischen Zielvorgaben - eine Vorhersage zum möglichen Konsum- und Produktions-

verhalten im Elektrizitätsbereich für die kommenden 20 Jahre (DEA 2023). Diese wird jährlich aktualisiert. Auf dieser Basis entwickelt wiederum Energinet, ein unabhängiges, öffentliches Unternehmen des dänischen Ministeriums für Klima und Energie, eine Langfristplanung sowohl für zukünftige Bedarfe (Energinet 2022a) als auch für mögliche Lösungsansätze (Energinet 2022b). Diese Planung geht sehr detailliert auf regionale Anpassungserfordernisse ein. Auf Basis dieser Langfristplanung werden sodann Dialogformate mit Bürgern durchgeführt. Es gibt außerdem regelmäßige Überprüfungen und Anpassungen der Stromnetzplanung. Die von Energinet festgelegten Ziele für das Übertragungsnetz, die sowohl die Solar- als auch die Windenergie berücksichtigen, basieren auf Technologiekapazitäten, die bis 2030 44 GW erreichen sollen. Diese Ziele sind ehrgeiziger als die jüngsten nationalen Ziele für Solar- und Windenergie, die auf 29 GW abzielen. Dieser proaktive Netzausbau wirkt als Katalysator für den verstärkten Einsatz von Strom aus erneuerbaren Energien in der Zukunft.

Im Bereich der Windenergie wurden erhebliche Kostensenkungen und ein hoher industrieller Reifegrad erreicht. Die führende Rolle Dänemarks in diesem Bereich – sowohl bei der Nutzung der Windenergie als auch in der Windenergiebranche – seit den 1990er Jahren ist auf die fortlaufenden Strategieanpassungen und gezielten Maßnahmen der Regierung zurückzuführen, wie z. B. feste Einspeisetarife und Prämienmodelle, die Windparkbetreiber unterstützen.

Mit Blick auf die Beschleunigung von Genehmigungsverfahren oder die Ausweisung geeigneter Flächen kann Dänemark zudem auf ausgereifte integrative, antizipative und adaptive administrative Verfahren und Strukturen zurückgreifen. Dies gilt gleichermaßen für Offshore-Windenergie wie für Onshore-Windturbinen, Photovoltaik oder Power-to-X. Die Entwicklung der Offshore-Windenergie erfolgt durch ein zentralisiertes One-Stop-Shop-Modell: Eine einzige Anlaufstelle für Genehmigungen, die von der dänischen Energieagentur verwaltet wird. Mit der maritimen Raumplanung z.B. gibt es einen ganzheitlichen Ansatz für die meeresbezogene Planung, der die Interessen des Naturschutzes, der Fischerei und der erneuerbaren Energien in Einklang bringt. Gleiches gilt für Lösungen an Land. Ab 2023 werden in einer landesweiten Bewertung geeignete Gebiete für Onshore-Windturbinen, Photovoltaik und Power-to-X-Technologien identifiziert. Die Regie-

nung strafft die kommunale Planung mit Energieparks - kombinierte Wind-, Solar- und andere Technologiestandorte - um die Einführung zu beschleunigen. Ein 2023 gebildetes interministerielles Team unterstützt die Kommunen bei der Beschleunigung des Einsatzes erneuerbarer Energien und bei der Umstellung vor Ort.

In Dänemark gibt es zudem aktuell insgesamt vier Förderinstitutionen, um die öffentliche Unterstützung vor Ort für die Erstellung von Windkraft- und Photovoltaikanlagen zu fördern (vgl. Danish Energy Agency 2024):

1. Die Regelung für den Wertverlust von Eigentum ermöglicht es Nachbarn und Bürgern, vom Eigentümer der EE-Anlage für den Wertverlust ihres Eigentums durch Windturbinen und Solaranlagen entschädigt zu werden.
2. Die Regelung der Erwerbsoption gibt den nächstgelegenen Hausbesitzern das Recht, ihr Wohneigentum an den Eigentümer der EE-Anlage zu verkaufen, wenn ein Wertverlust von mehr als 1 % festgestellt wird.
3. Die Bonusregelung berechtigt die nächstgelegenen Nachbarn von EE-Anlagen, einen jährlichen Bonus zu erhalten, der sich nach der Produktion der Anlage richtet und vom Eigentümer der EE-Anlage gezahlt wird.
4. Die Regelung des Grünen Fonds verpflichtet die Eigentümer von EE-Anlagen, einen Pauschalbetrag in einen Fonds einzuzahlen, der von der Gemeinde verwaltet wird, in der die Anlage installiert ist. Der Fonds wird der örtlichen Gemeinde zur Verfügung gestellt.

Im Ergebnis kann sich Dänemark bei seinen schnellen Dekarbonisierungsfortschritten im Elektrizitätsbereich über hohe öffentliche Zustimmungswerte freuen. Laut der jüngsten Eurobarometer-Umfrage halten es 93 Prozent der Dän:innen für weiterhin wichtig oder sehr wichtig, dass ihre nationale Regierung sich ehrgeizige Ziele für die Steigerung der Nutzung erneuerbarer Energien bis 2030 setzt. EU-weit liegt der Wert bei nur 87 Prozent. In Deutschland liegt die öffentliche Unterstützung leicht unterhalb des Durchschnitts bei noch ausbaufähigen 85 Prozent (Eurobarometer 2023: 68).

Motorisierter Individualverkehr

Der Erfolg Norwegens bei der Dekarbonisierung des Straßenverkehrssektors basiert auf einer an ambitionierten Zielen orientierten und strategischen Vorgehensweise, einer offensiven Subventionierung emissionsfreier Fahrzeuge sowie dem raschen Ausbau der Ladeinfrastruktur. Handlungsleitend für die norwegische Verkehrspolitik ist der alle vier Jahre erstellte Nationale Verkehrsplan, der die verkehrspolitischen Ziele, Strategien und Prioritäten der Regierung für einen Zeitraum von 12 Jahren beinhaltet, und Beiträge von Ministerien, Agenturen, regionalen Behörden, Stadtverwaltungen, Unternehmen, der Industrie und Interessengruppen umfasst (Norwegian Ministry of Transport 2021).

Norwegen gilt als weltweit führend bei der Einführung emissionsfreier Fahrzeuge (Figenbaum 2023). Im Jahr 2022 machten Elektrofahrzeuge (einschließlich Hybridfahrzeuge) 89 % des gesamten Fahrzeugabsatzes aus, womit das Land auf dem besten Weg ist, sein Ziel eines 100 % emissionsfreien Fahrzeugabsatzes bis 2025 zu erreichen (OECD 2022).

Die rasche Verbreitung der Elektromobilität ist in erster Linie auf großzügige finanzielle Anreize, die mit dem Besitz bzw. der Nutzung von Elektrofahrzeugen verbunden sind, zurückzuführen (OECD 2022). Ein erster Schritt war die Befreiung emissionsfreier Fahrzeuge von der Zulassungssteuer (die den Preis des Fahrzeugs in etwa verdoppelte) im Jahr 1990. In den Folgejahren wurde das Anreizsystem kontinuierlich ausgebaut, um die Nachfrage auf emissionsfreie ZEVs zu verlagern und deren Anteil in der Fahrzeugflotte zu erhöhen. Zu den Maßnahmen mit den größten Marktauswirkungen zählen, neben der Begünstigung bei der Zulassungssteuer, die Befreiung elektrisch angetriebener Fahrzeuge von der Mehrwertsteuer und der jährlichen Besitzsteuer, sowie ermäßigte Maut-, Park- und Fährgebühren (Figenbaum 2023).

Da der Markt für Elektrofahrzeuge inzwischen ausgereift ist, und die durch die Gewährung finanzieller Vorteile verursachten steuerlichen Einnahmeausfälle den Staatshaushalt zunehmend belasten, sind einige der gewährten Vergünstigungen inzwischen zurückgefahren bzw. aufgehoben worden. So gilt beispielsweise die Mehrwertsteuerbefreiung für Elektroautos seit 2023 nur noch bis zu einem Preis von 500.000 NOK

(ca. 42.500 Euro), während der darüber hinaus gehende Betrag dem vollen Mehrwertsteuersatz (25%) unterliegt. Zudem wird seit 2023 eine Erwerbsteuer für alle Fahrzeuge erhoben, deren Höhe sich nach dem Gewicht des jeweiligen Fahrzeugs bemisst (European Commission 2024).

Die rasche Einführung von emissionsfreien Fahrzeugen wurde auch durch öffentliche Investitionen in den Auf- und Ausbau eines dichten Netzes von Ladestationen begünstigt (OECD 2022). So wurden u.a. Ladepunkte an Hauptstraßen öffentlich gefördert, um zu gewährleisten, dass mindestens alle 50 km eine Ladestation verfügbar ist. Daneben hat die norwegische Regierung 2017 u.a. ein „Laderecht“ für Personen in Mehrfamilienhäusern eingeführt, nach dem Vermieter oder Eigentümer die Installation der entsprechenden Ladeinfrastruktur zulassen müssen, wenn keine objektiven Gründe dem entgegenstehen (NOW GmbH 2023). Enova, ein öffentliches Unternehmen zur Förderung der umweltfreundlichen Energieerzeugung, hat maßgeblich dazu beigetragen, den Aufbau öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur für Leichtfahrzeuge zu subventionieren.

Da der Lademarkt für Leichtfahrzeuge inzwischen ausgereift ist, und die meisten Ladestationen rein marktwirtschaftlichen Bedingungen errichtet werden, sind nach Auffassung der Regierung für den Ausbau der Ladeinfrastruktur keine weiteren Subventionen erforderlich. Um jedoch zu gewährleisten, dass der Ausbau der Ladeinfrastruktur mit der zunehmenden Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen im Einklang steht, und um die Elektrifizierung schwerer Fahrzeuge zu flankieren, hat Norwegen 2023 eine „Nationale Ladestrategie“ auf den Weg gebracht, mit der vor allem der Ausbau von Schnellladepunkten vorangetrieben werden soll. Die Schwerpunkte der Strategie liegen auf einer Verbesserung der rechtlichen Bedingungen in Bezug auf die Flächennutzung, dem Zugang zum Stromnetz sowie auf einer Verbesserung der Benutzerfreundlichkeit der Ladeinfrastruktur.

Die Betreiber der Stromnetze sind gemäß Eigentümer-Mieter-Gesetz verpflichtet, allen Kunden, die dies wünschen, unverzüglich einen Netzanschluss mit der von ihnen benötigten Kapazität einzurichten. Um dies zu gewährleisten, soll die Bearbeitung von Anträgen auf Netzlizenzierung verkürzt, und die Effizienz durch verstärkte Digitalisierung gesteigert werden. Darüber

hinaus werden nationale Planungsrichtlinien erstellt, um Kommunen bei der Zuweisung geeigneter Flächen für die Ladeinfrastruktur zu unterstützen.

Ist im bestehenden Netz keine Kapazität verfügbar, muss die Netzgesellschaft unverzüglich die notwendigen Netzinvestitionen tätigen, wobei die Investitionskosten ganz oder teilweise vom Kunden zu tragen sind. Die Benutzerfreundlichkeit der Ladestationen soll durch einheitliche Preisinformationen und einfache Vergleichbarkeit zwischen den Betreibern, die Möglichkeit des bargeldlosen Bezahls sowie die Bereitstellung von Echtzeitdaten über den Status und die Verfügbarkeit der Ladestationen in einer Datenbank verbessert werden. Zudem soll das Aufladen für Bus- und Lkw-Fahrer buchbar sein (Norwegian Ministry of Transport 2023). Trotz dieser Fortschritte muss die politische Strategie zur Weiterentwicklung von Alternativen zum Straßenverkehr intensiviert werden, um die hohe Abhängigkeit vom Auto im Individualverkehr zu verringern.

Gebäudewärme

In Dänemark startete die Wärmewende bereits Ende der 1970er Jahre, während der Ölkrise, mit dem gezielten Ausbau der Fernwärme und der Gründung der dänischen Energieagentur, die die Wärmewende u.a. durch Energiepläne sowie Vorgaben, Standards und Daten für die Durchführung der lokalen Wärmeplanung begleitet. Gefördert wurde der Ausbau der Fernwärme auch mit hohen Steuern auf fossile Brennstoffe, die diese Brennstoffe nach und nach für das Heizen von Gebäuden unwirtschaftlich machen. 2022 lag die effektive Energiebesteuerung für Heizzwecke zuletzt bei umgerechnet 10 Euro pro Kilowattstunde für Gas und Öl, während die Nutzung von Elektrizität für das Heizen nahezu keiner effektiven Besteuerung unterliegt (IEA 2023:38). Ein Verbot des Einbaus von Öl- und Gaskesseln in neuen Gebäuden erfolgte 40 Jahre später, erst nachdem sich die Verbreitung alternativer Heizlösungen bereits weitgehend durchgesetzt hatte.

Heute sind rund zwei Drittel der Haushalte in Dänemark an das Fernwärmenetz angeschlossen. Die Energieerzeugung stammt bereits zu 60 Prozent aus erneuerbarer Energie: Biomasse, Biogas, Photovoltaik, Geothermie und Elektrizität (State of Green 2023). Langfristige Darlehen der Kommunalen Darlehens-

bank zu nichtkommerziellen Konditionen und der „Anschlusszwang“ reduzierten einseitig das Investitionsrisiko und förderten die Verbreitung der Fernwärme. Wichtige Alleinstellungsmerkmale des dänischen Wegs sind zudem, dass das Gemeinnützigkeitsprinzip oder das Prinzip der notwendigen Kosten den Wärmepreis bestimmt. Der durchschnittliche Wärmepreis ist unabhängig von der Wärmedichte im Versorgungsgebiet fast gleich, was den Preis gegenüber anderen Ländern relativ erhöht (Johansen und Werner 2022). Damit die Fernwärmelösung gegenüber anderen erneuerbaren Energieoptionen weiterhin attraktiv bleibt, hat das dänische Parlament Anfang Juli 2024 neben günstigeren Abschreibungsregeln für Betreiber auch eine Preisobergrenze beschlossen, die sich an den Kosten einer Wärmepumpe orientiert (Devine 2024).

Insgesamt stellte die dänische Regierung aktuell 4 Subventionspools zur Verfügung, um den schrittweisen Ausstieg aus Öl- und Gasöfen zu fördern. Die Pools unterstützen u. a. die Investition von Haushalten in eine Wärmepumpe, die Erschließung neuer Fernwärmegebiete sowie die Entkopplung vom Gasnetz.

Eines der Subventionspools – das sog. Verschrotungsprogramm für Öl- und Gasboiler – fördert eine Abonnementlösung beim Betrieb einer Wärmepumpe. Bei der Umstellung von einem Öl- oder Gaskessel auf eine Wärmepumpe übernimmt der Dienstleister die Verschrottung des Ölkessels sowie Installation und Wartung der Wärmepumpe. Der Hauseigentümer zahlt in der Regel Anmeldegebühr, verbrauchte Wärme und eine monatliche Abonnementgebühr für bis zu zehn Jahre (eine Bindungsfrist). Für einen dänischen Hauseigentümer ist es weitaus günstiger, eine Wärmepumpe im Abonnement zu erwerben als eine zu kaufen, da der Dienstleister von der dänischen Regierung einen Zuschuss von bis zu 25.000 DKK (ca. 3.350 EUR) pro Haus erhält. Die Lösung wurde durch das Konzept der Fernwärme inspiriert, das aus einem Abonnementpreis und einer Anschlussgebühr besteht und bei dem der Hauseigentümer nicht aktiv an den praktischen Einzelheiten der Wärmeversorgung beteiligt ist (vgl. Danish Energy Agency 2020).

5. Ausblick

Eine Bewertung sektoraler Übergänge im Energiebereich allein auf der Grundlage von Emissionsreduzierungen vorzunehmen, ist unzureichend. In einigen Fällen können erhebliche CO₂-Reduzierungen den Eindruck entstehen lassen, dass ein Übergang zur vollständigen Dekarbonisierung bis 2050 oder früher auf einem guten Weg ist oder sogar kurz bevorsteht. Allerdings können Emissionen manchmal auch durch Mechanismen gesenkt werden, die an und für sich gar keine Schritte in Richtung Nullemissionen sind, wie z. B. die Umstellung von Kohle- auf Gasenergie oder andere kohlenstoffärmere Technologien.

In diesem Policy Brief haben wir die Schlüsselkomponenten eines theoriegeleiteten, ganzheitlichen und dennoch fokussierten Bewertungsrahmens vorgestellt, um die Fortschritte hin zu einer emissionsfreien sektoralen Energiewende zu bewerten. In jedem energiebezogenen Sektor (hier Elektrizität, Straßenverkehr und Heizung) muss der Rückgang kohlenstoffintensiver Technologien und der Anstieg emissionsfreier Alternativen beobachtet werden, die durch umfassendere Systemänderungen unterstützt werden sollten: neue Infrastrukturen müssen parallel zur oder vor der Einführung von Technologien entwickelt werden, gerade wenn die vorhandene Infrastruktur für kohlenstofffreie Systeme nicht ausreicht. Gleichzeitig müssen regulatorische Reformen den Wandel erleichtern und die Integration und breite Einführung emissionsfreier Technologien sowohl in Haushalten als auch in Unternehmen ermöglichen. Nur wenn die Emissionen aufgrund solcher grundlegenden systemischen Veränderungen sinken, können wir auch sicher sein, dass ein Land sich auf dem Weg zu null Emissionen befindet.

Wie sich gezeigt hat, gibt es in jedem der drei untersuchten Sektoren mindestens ein Land, das erhebliche Fortschritte in Richtung eines vollständig emissionsfreien Betriebs gemacht hat, auch wenn der Systemwandel in den meisten Fällen noch unzureichend ist.

Dänemark und Norwegen sind auf dem besten Weg, ihre Umstellung auf Ökostrom und -wärme abzuschließen. Norwegen steht auch kurz davor, die Umstellung auf E-Mobilität zu meistern. Wie in den beiden vorherigen Abschnitten gezeigt wurde, haben diese beiden Länder ihre politischen Ziele, Institutionen, politischen

Instrumente sowie die jeweilige Infrastruktur kohärent aufeinander abgestimmt. In beiden Ländern gab es im Laufe der Zeit einen stabilen Konsens innerhalb verschiedener politischer Konstellationen, die den Wandel unterstützten. Dies zeigt, dass es grundsätzlich möglich ist, den Übergang in diesen Sektoren zu beschleunigen und bis zur Mitte des Jahrhunderts eine vollständige Dekarbonisierung zu erreichen.

Deutschland und das Vereinigte Königreich sind dagegen noch nicht auf dem Weg, ihre Umstellung auf Ökostrom, -wärme und -straßenverkehr rechtzeitig abzuschließen. Beide Länder haben in diesen Bereichen noch einen weiten Weg vor sich. Obwohl Deutschland beim Ausbau erneuerbarer Energien Fortschritte erzielt hat, würde eine Beschleunigung unter anderem die Festlegung offizieller Ziele für die Modernisierung und den Ausbau der Verteilernetze und Stromspeicherkapazitäten sowie eine bessere Abstimmung des Übertragungsnetzes mit den Zielen im Bereich erneuerbarer Energien beinhalten. Das Vereinigte Königreich benötigt eine klare Strategie für die schrittweise Einstellung der Stromerzeugung aus Gas und spezifische Ziele für den Ausbau seiner Übertragungs- und Verteilernetze. Darüber hinaus benötigen Deutschland und das Vereinigte Königreich kohärentere politische Strategien zur Beschleunigung des Übergangs im Straßenverkehr und bei der Gebäudewärme, beispielsweise durch die Unterstützung des schnellen Ausbaus einer Ladeinfrastruktur und die Umverteilung von Subventionen von kohlenstoffintensiven zu kohlenstofffreien Alternativen.

Insgesamt stellen die langsamen Fortschritte bei der Entwicklung einer zukunftssicheren Strominfrastruktur derzeit das größte Hindernis für die Verwirklichung eines kohlenstofffreien Energiesystems dar. Es ist unerlässlich, die Modernisierung und den Ausbau moderner Übertragungs- und Verteilernetze sowie Stromspeichersysteme zu beschleunigen. In dieser Hinsicht sind die neuesten Pläne für die Stromübertragung in Dänemark ein gutes Beispiel dafür, wie der Ausbau der Infrastruktur mit ehrgeizigen Zielen für erneuerbare Energien in Einklang gebracht werden kann. Außerdem ist es wichtig, die öffentliche Unterstützung aufrechtzuerhalten, beispielsweise durch die Unterstützung von Haushalten, die sich die manchmal hohen Kosten des Übergangs nicht vollständig leisten können.

Die Identifizierung und Untersuchung von Hindernissen und Katalysatoren für Veränderungen ist eine Chance für den Klimaschutz. Der Wandel hin zu einem kohlenstofffreien Energiesystem ist ein vielschichtiger und komplexer Prozess, der zahlreiche technologische, politische, soziale und wirtschaftliche Faktoren umfasst. Auch wenn es vielleicht nicht möglich ist, all diese Faktoren und ihre Wechselwirkungen zu erfassen, hoffen wir, dass der hier vorgeschlagene Bewertungsrahmen einen Fortschritt bei der Beurteilung des Fortschritts dieser soziotechnischen Transformationen darstellt. Wir hoffen auch, dass zukünftige Forschungsarbeiten die Messung jeder Dimension des Wandels weiterentwickeln werden und dass dieser Bewertungsrahmen auf andere Länder und Sektoren angewendet werden kann.

Bibliography

- Bertelsmann Stiftung 2022. Sustainable Governance Indicators 2022. Evidence-based Instruments. Retrieved, 17 July 2024, from [SGI 2022 | Good Governance | Executive Capacity | Evidence-based Instruments \(sgi-network.org\)](#)
- Bertelmann Stiftung 2024. Sustainable Governance Indicators 2024. Gütersloh. Bertelsmann Stiftung. Forthcoming.
- Boitier, B., Nikas, A., Gambhir, A., Koasidis, K., Elia, A., Al-Dabbas, K., Alibaş, Ş., Campagnolo, L., Chiodi, A., & Delpiazzi, E. (2023). A multi-model analysis of the EU's path to net zero. *Joule*, 7(12), 2760–2782.
- Danish Energy Agency 2020. How to be climate-friendly – Subscribe to a heat pump and scrap your old boiler. Retrieved, 18 July 2024, from [04_ens_faktaark.pdf](#)
- Danish Energy Agency 2023. Analyseforudsætninger til Energinet. Retrieved, 17 July 2024, from [Microsoft Word - AF23 - Sammenfatningsnotat.docx \(ens.dk\)](#).
- Danish Energy Agency 2024. Promoting onshore wind power. Retrieved, 22 July 2024, from [Promoting onshore wind power | The Danish Energy Agency \(ens.dk\)](#).
- Devine, Ayisha 2024. Danish Parliament Implements Price Cap on District Heating Sector. Retrieved, 18 July 2024, from [Danish Parliament Implements Price Cap on District Heating Sector | en.365Nyt](#).
- Energinet 2022a. Long-term Development Needs in the Power Grid. Energinet's long-term development plan 2022 – Needs analysis. Retrieved, 17 July 2024, from [lup22_behovsanalyse_el_engelsk.pdf \(energinet.dk\)](#).
- Energinet 2022b. Possible Solutions for Electricity Needs. Energinet's long-term development plan 2022 – Solution catalogue. Retrieved, 17 July 2024, from [lup22_losningskatalog_el_english.pdf \(energinet.dk\)](#).
- European Parliament and European Council 2021. Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 ('European Climate Law'). Document 32021R1119. Retrieved, 30 August 2024, from [Regulation - 2021/1119 - EN - EUR-Lex \(europa.eu\)](#).
- European Commission 2024. European Alternative Fuels Observatory: Norway, from [Incentives and Legislation | European Alternative Fuels Observatory \(europa.eu\)](#)
- Figenbaum, Erik 2023. The policy process behind Norway's BEVolution, from [EVS24 \(evs36.com\)](#)
- Hagen, K., J. Lund-Tønnesen und M. Schøyen forthcoming. Norway Report. Sustainable Governance Indicators 2024. Gütersloh. Bertelsmann Stiftung.
- IEA. (2021). Residential Heat Economics Calculator www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/residential-heat-economics-calculator
- Johansen, Katinka and Sven Werner 2022. Something is sustainable in the state of Denmark. A review of the Danish district heating sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 158 (April 2022): 1-15.

Norwegian Ministry of Transport 2021. National Transport Plan 2022-2033, from [National Transport Plan 2022–2033 - regjeringen.no](#)

Norwegian Ministry of Transport 2023. National Charging Strategy, from [National charging strategy - regjeringen.no](#)

NOW GbmH 2023. Dossier Norwegen, from [NOW_E-Mobilitaet-international_Dossier-Norwegen.pdf \(now-gmbh.de\)](#)

OECD 2022. Norway's evolving incentives for zero-emission vehicles, from [Norway's evolving incentives for zero-emission vehicles | OECD](#)

Plötz, P., Wachsmuth, J., Gnann, T., Neuner, F., Speth, D., & Link, S. (2021). Net-Zero-Carbon Transport in Europe until 2050—Targets, Technologies and Policies for a Long-Term EU Strategy. Karlsruhe: Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI.

State of Green 2023. New Plans to expand the Danish District Heating Network. Retrieved, 18 July 2024, from [New plans to expand the Danish district heating network \(stateofgreen.com\)](#).

Victor, D. G., Geels, F. W., & Sharpe, S. (2019). Accelerating the low carbon transition. The case for stronger, more targeted and coordinated international action.

© Bertelsmann Stiftung, Gütersloh

Oktober 2024

Herausgeber

Bertelsmann Stiftung
Carl-Bertelsmann-Straße 256
33311 Gütersloh
Telefon +49 5241 81-0
www.bertelsmann-stiftung.de

Kontakt

Dr. Christof Schiller
Senior Project Manager
Programm Nachhaltige Soziale Marktwirtschaft
Telefon +49 30 275788-138
christof.schiller@bertelsmann-stiftung.de

Dr. Thorsten Hellmann
Project Manager
Programm Nachhaltige Soziale Marktwirtschaft
Telefon +49 5241 81-81236
thorsten.hellmann@bertelsmann-stiftung.de

Verantwortlich

Dr. Christof Schiller

Autoren

Germán Bersalli: Research Institute for Sustainability – Helmholtz Centre Potsdam (RIFS), Potsdam, Germany; Sustainability Transition Policy, School of Business, Economics and Society, Friedrich Alexander University Erlangen-Nürnberg, Nuremberg, Germany.

Christof Schiller, Thorsten Hellmann,
Leonard Mussler: Bertelsmann Stiftung

Johan Lilliestam: Sustainability Transition Policy, School of Business, Economics and Society, Friedrich Alexander University Erlangen-Nürnberg, Nuremberg, Germany

Zitationshinweis

Germán Bersalli/ Christof Schiller/ Thorsten Hellmann/ Leonard Mussler/ Johan Lilliestam (2024).
Erfüllung der Klimaziele: Wie weit sind führende Länder beim Übergang zu kohlenstofffreier Energie für Heizung, Straßenverkehr und Stromversorgung? Policy Brief „Sustainable Governance in International Perspective“ 2024/01. Gütersloh, Bertelsmann Stiftung.

Der **Policy Brief Sustainable Governance in International Perspective** ist ein gemeinsames Produkt der Sustainable Governance Indicators SGI (www.sgi-network.org) und des Transformationsindex BTI (www.bti-project.org) der Bertelsmann Stiftung.

Der **Transformationsindex BTI** bewertet alle zwei Jahre die Qualität von Demokratie, Marktwirtschaft und Governance in 137 Entwicklungs- und Transformationsländern.

Die **Sustainable Governance Indicators (SGI)** bewerten alle zwei Jahre die Nachhaltigkeit der Politikgestaltung & die Qualität der Regierungsführung für die Wirtschafts-, Sozial- und Umweltpolitik in 30 OECD- und EU-Staaten.

Grafiken

Nicole Meyerholz, Bielefeld

Satz

Markus Diekmann, Bielefeld

Titelfoto

© kflgalore – stock.adobe.com

Druck

Hans Gieselmann Druck und Medienhaus
GmbH & Co. KG

DOI 10.11586/2024114

ID2273