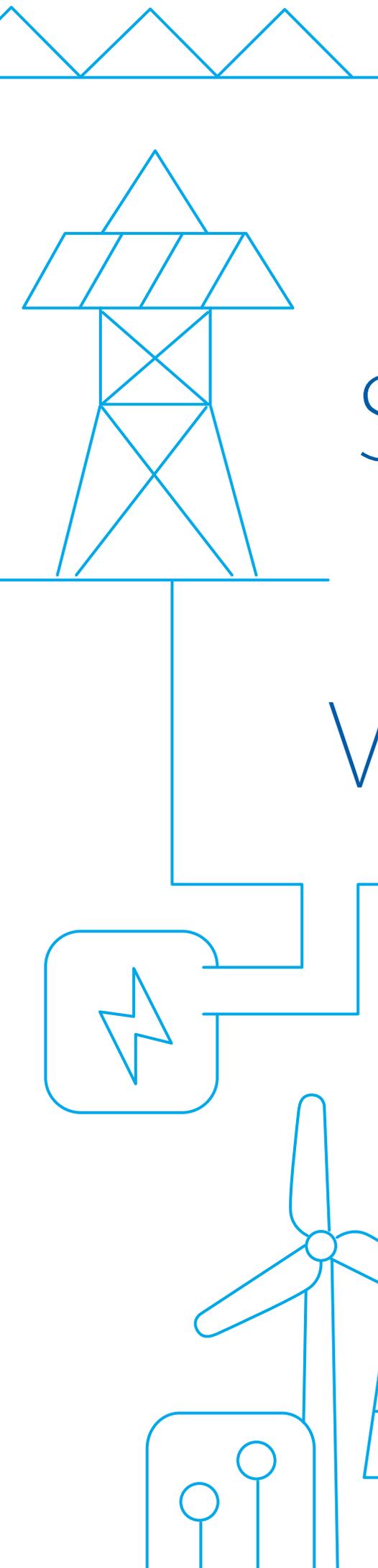


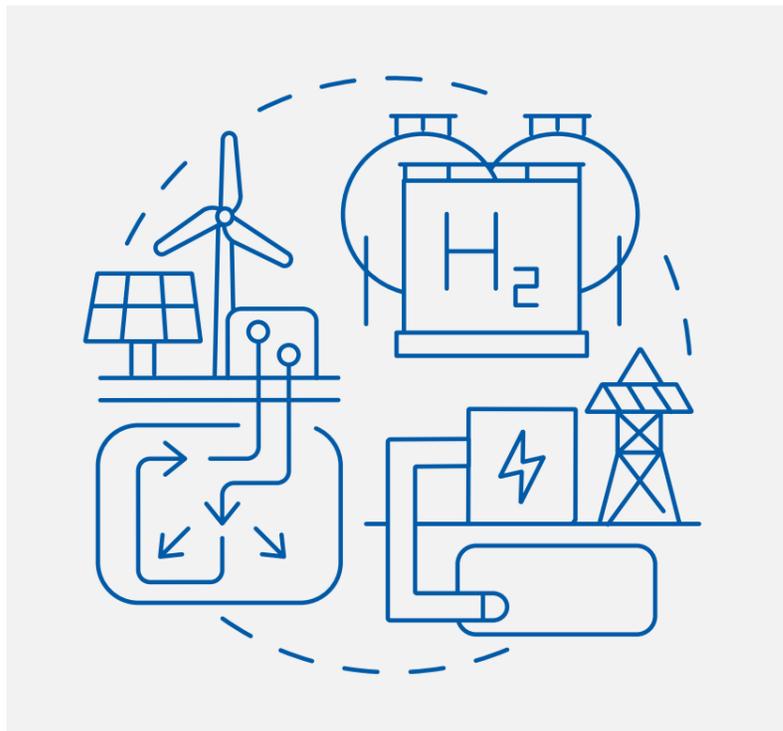
IM FOKUS

# STRATEGIEN FÜR EINE SICHERE UND CO<sub>2</sub>-FREIE ENERGIE- VERSORGUNG



**DREES &  
SOMMER**

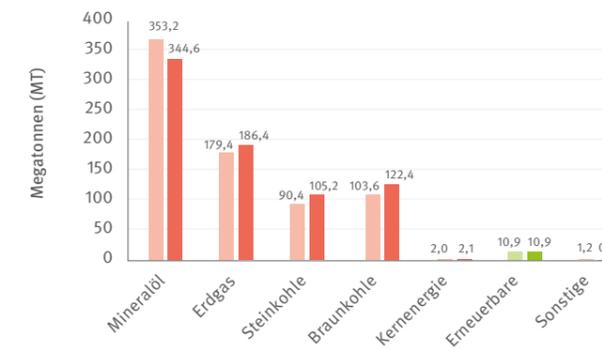
Noch immer sind unsere Energieversorgung und unsere Industrieprozesse auf Kohle, Öl und Gas aufgebaut. Es ist unverzichtbar, dass wir eine Zivilisation ohne weiteren CO<sub>2</sub>-Ausstoß werden. Dazu müssen wir sämtliche Sektoren optimieren – mit grünem Strom und Wasserstoff als Booster. Diese zu schulternde Transformation ist mindestens gleichbedeutend mit den drei vorherigen industriellen Revolutionen. Und die Frage der Versorgungssicherheit durch den Krieg in der Ukraine und seine kaum vorhersehbaren Konsequenzen verleiht ihr eine zusätzliche Dimension.



#### Wo wir heute stehen

Deutschland hat sich durch die – langfristig zwar sicher sinnvolle, aber kurzfristig schmerzhaft – Abschaltung der AKWs im Vergleich zu einigen Nachbarländern ganz besonders unter Druck gesetzt. So stiegen unsere Treibhausgasemissionen nach einem deutlichen Rückgang im Vorjahr wieder an. Rund 772 Millionen Tonnen Treibhausgase landeten 2021 in der Atmosphäre, die Abfallwirtschaft nicht mitgerechnet. Das sind gut 32 Millionen Tonnen mehr als 2020.

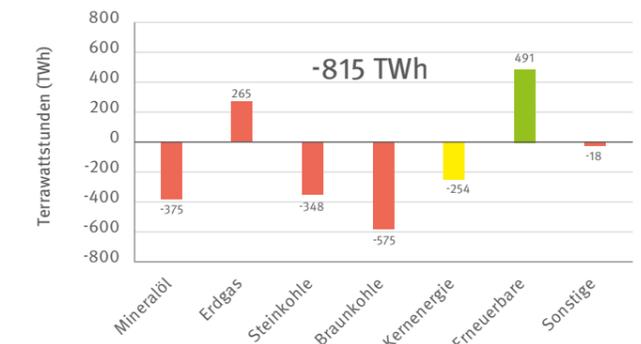
#### Deutschland CO<sub>2</sub>-Ausstoß 2020 und 2021



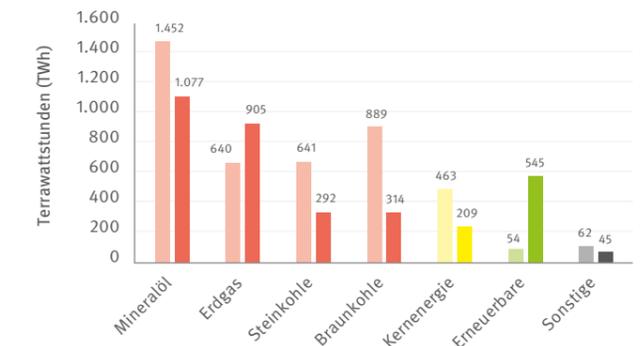
Ein Anstieg im vergangenen Jahr ist besonders im Energiesektor mit einem Zuwachs von 27 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente zu verzeichnen. Er hängt mit einer gestiegenen Stromnachfrage zusammen. Um sie zu stillen, setzte Deutschland verstärkt auf Kohle, weil die Gaspreise stiegen und die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien aufgrund schlechter Windverhältnisse stagnierte.

Und sollten die russischen Gaslieferungen – aus welchem Grund auch immer – ausbleiben, dann hätte Deutschland ein massives Problem. Und zwar nicht nur mit dem CO<sub>2</sub>-Ausstoß, sondern mit der Energieversorgung generell! Seit 1990 sank der Energieverbrauch in unserem Land um 815 TWh. Vor allem die besonders klimaschädliche Kohleverbrennung nahm stark ab, während es beim Erdgas und bei den erneuerbaren Energien einen Anstieg gab. Das ist tendenziell eine positive Entwicklung gewesen, ein Schritt in die richtige Richtung, allerdings einer, der bei Weitem nicht weit genug ging. Wir haben viel zu wenig gemacht. Das rächt sich nun.

#### Veränderung Primärenergie-Anteile 1990 – 2022



#### Entwicklung Primärenergie 1990 und 2021

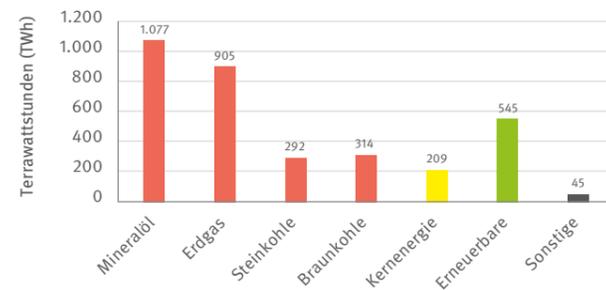


Es führt kein Weg daran vorbei, dass wir ein wesentlich höheres Tempo beim Ausbau der erneuerbaren Energien aufnehmen müssen. Deutschland muss es schaffen, ein Mehrfaches der Kapazitäten im Vergleich zu bisher zu installieren, um den Anteil der Erneuerbaren an der Stromerzeugung bis 2030 auf 80 Prozent zu steigern. Eine Hängepartie wie in den vergangenen Jahren darf es dabei nicht mehr geben.

Der russische Angriffskrieg auf die Ukraine hat uns zudem auf dramatische Weise deutlich gemacht, wie sehr Sicherheit und Energieversorgung zusammenhängen. Wir können es uns nicht mehr leisten, das zu ignorieren. Deshalb gilt es jetzt, jeden Stolperstein auf dem Weg zu mehr Wind- und Sonnenkraft zügig zu beseitigen. Die schnellere Abkehr von fossilen Energien muss alle Bereiche umfassen – von der Industrieproduktion über den Gebäudebereich bis hin zur Mobilität und zu Landwirtschaft. Entscheidend ist dabei, die soziale Balance zu wahren.

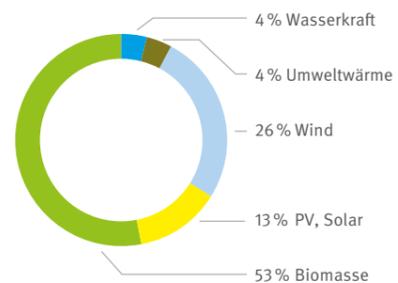
Aktuell dominieren nach wie vor die fossilen Energien das Geschehen, wobei der Anteil von Erdgas im Vergleich etwas zugenommen hat. Insgesamt stellt sich der aktuelle Primärenergiemix im Jahr 2021 wie folgt dar.

#### Deutschland Primärenergie 2021



Die erneuerbaren Energien bringen es immerhin inzwischen auf 16 Prozent des gesamten Primärenergiebedarfs. Das ist zwar eine gute Leistung, aber man erkennt in der folgenden Grafik, vor welcher gewaltigen Aufgabe wir stehen, wenn wir die fossile Energie komplett ersetzen wollen.

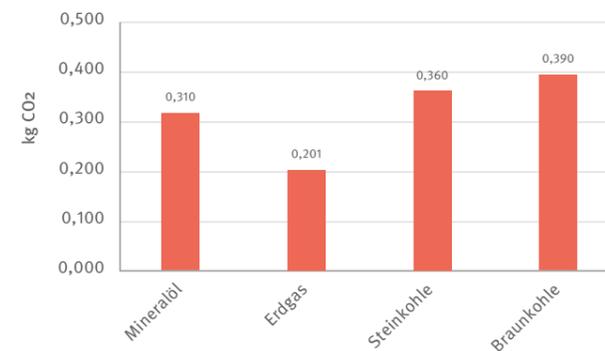
#### Anteile der erneuerbaren Energien



Denn wenn wir die erneuerbaren Energien genauer betrachten, dann wird deutlich, dass unser Problem insgesamt noch größer ist: Die Anteile von Biomasse und Wasserkraft können wir nicht wesentlich ausbauen, ohne andere Umweltschäden zu verursachen. Es bleiben daher nur die Windkraft und die Fotovoltaik-Anlagen. Diese machen aber zusammen nur knapp 40 Prozent der erneuerbaren Energien aus. Es wäre die zwölfwache Menge an Wind und Solarstrom erforderlich, um die fossilen Energien komplett zu ersetzen. Dabei ist noch nicht einmal die Abschaltung der restlichen Kernkraftwerke eingerechnet.

Deshalb kam die Idee auf, den Anteil von Erdgas als Übergangsenergie massiv zu lasten von Mineralöl und Kohle auszubauen. Denn wie man in der folgenden Grafik erkennen kann, ist der CO<sub>2</sub>-Ausstoß pro Kilowattstunde beim Erdgas deutlich geringer als bei Mineralöl und vor allem bei der Kohle.

#### CO<sub>2</sub>-Ausstoß pro kWh



Nun sind diese Überlegungen durch den Ukraine-Krieg im höchsten Grade unsicher oder gar obsolet geworden. Die Politik sucht fieberhaft nach Auswegen, das russische Gas zumindest teilweise möglichst schnell durch alternative Lösungen zu ersetzen. Neben erhöhten Gaslieferungen aus Norwegen ist eine weitere Option der Bezug von Flüssiggas (LNG) aus Staaten der Arabischen Halbinsel wie Katar oder den Vereinigten Emiraten. LNG aus den Fracking-Anlagen der USA zu importieren erscheint dagegen aus Klima- und Umweltschutzgründen wenig sinnvoll – ein Hinderungsgrund dürfte das vermutlich nicht sein.

Vergessen darf man dabei nicht: Erdgas ist und bleibt ein fossiler Brennstoff und kann – in welcher Form auch immer – nur eine Übergangslösung sein. Deshalb avanciert Wasserstoff in kürzester Zeit neben der Verstromung von Wind und Solarenergie zum wesentlichen Treiber der Klimawende.

Aufgrund der hohen Kosten wird sich die Produktion von Wasserstoff in Deutschland im Wesentlichen auf die Funktion als Speichermedium für Überschuss-Strom aus den zunehmenden Spitzen der Stromproduktion mit Windenergie und PV-Anlagen beschränken. Auch eine Produktion aus Wärmeüberschüssen in der Industrie ist denkbar. Dieser Wasserstoff ließe sich ohne Verflüssigung direkt dem Erdgas beimischen.

*Wir müssen unser Mindset ändern und alles technologische Wissen entscheidungsoffen für die Klimawende einsetzen.*



Dennoch: Unsere eigenen Möglichkeiten bei der Wasserstoffproduktion sind beschränkt. Völlig anders sieht das in der Nachbarschaft großer Solarkraftwerke in Südeuropa, Nordafrika und auf der Arabischen Halbinsel aus. Dort gibt es doppelt so viele Sonnenstunden und eine fast doppelt so hohe Sonneneinstrahlung wie bei uns. Der Strom kann dort zu einem Preis hergestellt werden, der die Produktion von Wasserstoff inklusive Verflüssigung absolut wettbewerbsfähig ermöglicht.

Insofern könnten die neuen geplanten deutschen LNG-Terminals einen doppelten Nutzen haben: als Speicherort für das Flüssiggas und als Heimathäfen für den an den genannten Orten verflüssigten Wasserstoff.

Ganz unabhängig davon könnte besagter Wasserstoff auch zur Herstellung von Methanol (für synthetische Kraftstoffe) und Ammoniak dienen, die auf denselben Transportstrukturen wie das Erdöl zu uns gelangen können.

Es ist jetzt nicht mehr die Zeit, um auf der Hand liegende Lösungen in langwierigen politischen Diskussionen hin und her zu drehen. Es sind die Macher und Umsetzer gefragt. Ingenieure und Planer aus allen Bereichen. Die Anlagenbauer aus der Chemie und der Petrochemie. Die Energiewirtschaft! Die Macher aus der Bauindustrie. Sie alle müssen gemeinsam mit der Politik in kürzester Zeit die Weichen stellen. Auch wenn sich die Situation mit Russland irgendwann wieder stabilisieren sollte – langfristig ist der Energieumbau auf alle Fälle erforderlich.

Parallel zu den Emissionen steigen derzeit vor allem die Energiepreise, was einen Umstieg eigentlich beschleunigen müsste. Doch Umrüstungen brauchen Zeit. Und zumindest kurzfristig haben noch höhere Gaspreise oder sogar Versorgungsengpässe einen gegenteiligen Effekt: Sie machen Klimaschutz nicht einfacher, sondern bringen ihn in Gefahr. Denn sollte es in der Stromversorgung Lücken aufgrund von fehlendem Erdgas geben, dann wird es zwangsläufig zu einem verstärkten Einsatz von Kohlekraftwerken kommen. Schon im Januar sind etwa die Kohleimporte in die Europäische Union gegenüber dem Vorjahr um mehr als 56 Prozent gestiegen.

Und viele werden sich fragen, ob wir durch die genannten Aktionen ein „grünes Wirtschaftswunder“ für alle erleben werden oder eher ein „blaues Wunder“ mit einer Deindustrialisierung und massivem Wohlstandsverlust für große Teile der Bevölkerung.

Wie viele „Gegner“ werden auf die Straße gehen, um alle Pläne infrage zu stellen oder gleich ganz abzulehnen? Es werden spannende Zeiten.

# Optimieren der Sektoren

Die deutsche Bundesregierung strebt bis 2045 eine vollständige Dekarbonisierung der Energieversorgung an. Bis 2030 sollen die von der Energiewirtschaft verursachten Emissionen auf 175 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente sinken. Wesentlich sind dabei der Ausstieg aus der Verstromung von Kohle, ein massiver Ausbau erneuerbarer Energien im Strom-, Wärme- und Verkehrsbereich und die Steigerung der Energieeffizienz.

Das Allheilmittel heißt elektrische Energie – mit einem Manko: der fluktuierenden Stromproduktion, soweit die Erzeugung durch Wind und Sonne geschieht. Wir müssen weitere Energiequellen erschließen, die einerseits Stromüberschüsse speichern und sie andererseits in verwertbare Energieformen für die Verbrauchersektoren umwandeln. Die strombasierte und CO<sub>2</sub>-freie Erzeugung von grünem Wasserstoff ist ein unverzichtbarer Schritt für die Langzeitspeicherung von überschüssigem Strom. Kein Windrad sollte abgeschaltet werden, nur weil zeitweise kein Abnehmer vorhanden ist.

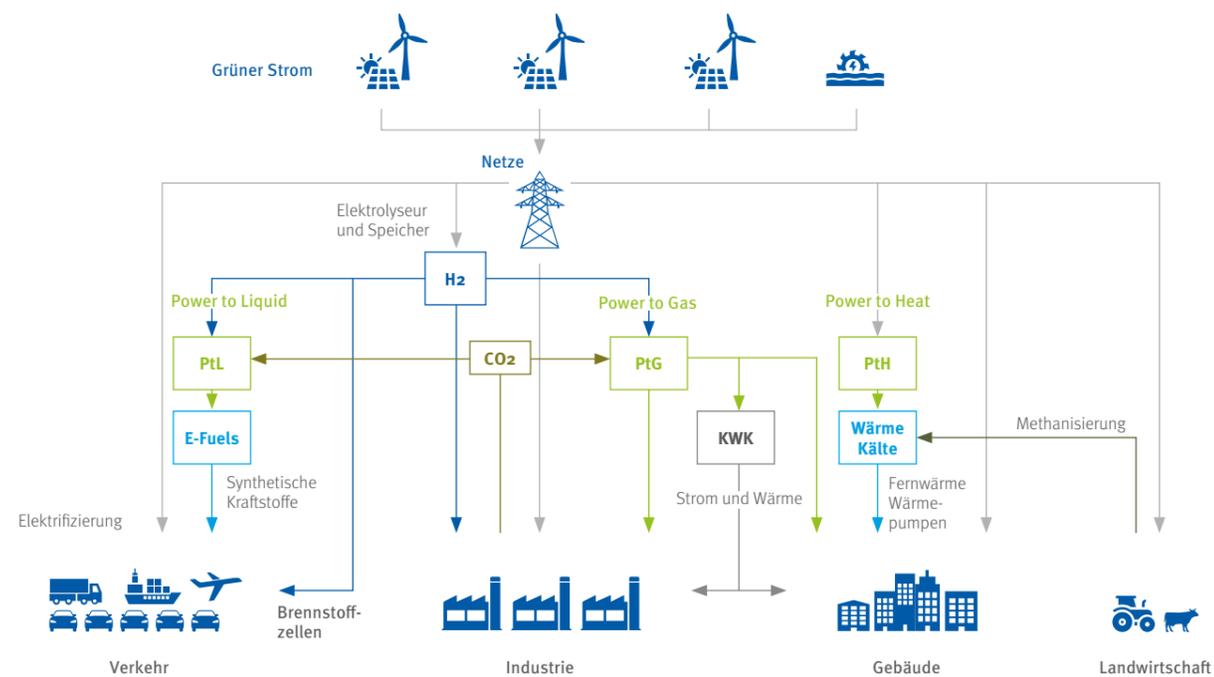
Wasserstoff lässt sich entweder direkt verwenden oder über „Power-to-X“ in andere Energieformen umwandeln. Dazu gehören:

**Power-to-Gas (PtG):** Der grüne Wasserstoff kann in der Stahl- und Chemieindustrie erhebliche Mengen an CO<sub>2</sub> vermeiden oder im Sektor Verkehr in Brennstoffzellen zum Einsatz kommen – ebenso bei der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK). Die dezentrale und hocheffiziente Strom- und Wärmeproduktion wird durch ihn CO<sub>2</sub>-frei.

**Power-to-Liquids (PtL):** Auf Basis von Wasserstoff und der Zugabe von CO<sub>2</sub> lassen sich auch Methanol oder synthetische Treibstoffe wie Dimethylester oder Kerosin herstellen. Diese sogenannten E-Fuels können wiederum im Sektor Verkehr gezielt den Einsatz fossiler Treibstoffe reduzieren.

**Power-to-Heat (PtH):** Der Einsatz von Strom kann im Wärme- markt durch die Verwendung von einfachen Heizelementen in Fernwärmesystemen oder die Zuschaltung von Wärmepumpen einen weiteren Beitrag zur Dekarbonisierung leisten.

Es entsteht also ein ganzes Energiesystem, stets aufgebaut auf GRÜNEM STROM.



Energiestrategie der Zukunft

## Sektor Energiewirtschaft

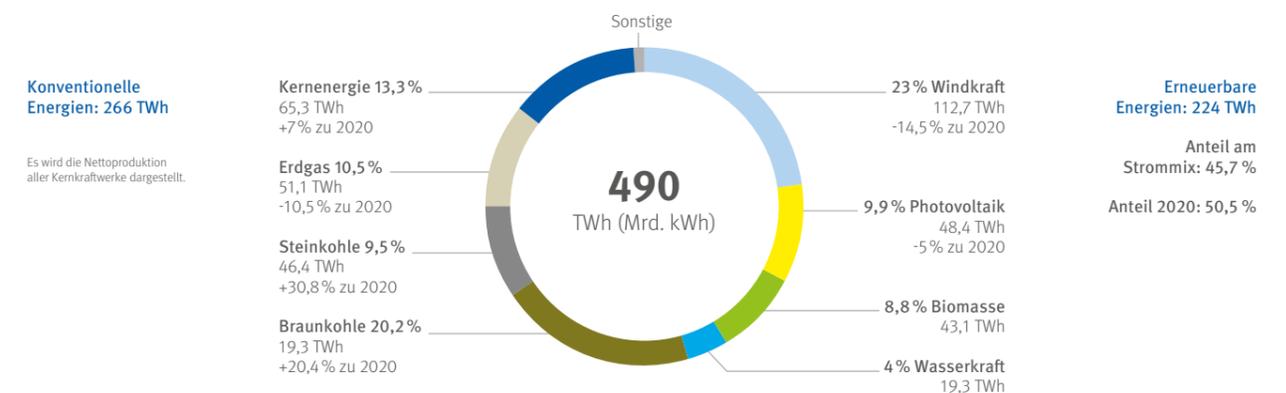
Die Transformation der Energieerzeugung ist von massiv erhöhtem Strombedarf in anderen Sektoren gekennzeichnet, weil ein Teil der fossilen Energieträger in den Verbraucher-Branchen gar nicht durch Strom ersetzt werden kann – wohl aber durch die stromintensive Produktion von Wasserstoff oder wasserstoffbasierten Energieträgern wie Methan oder E-Fuels. Bis 2030 soll sich in Deutschland deshalb die Erzeugungsleistung der Solarenergie von heute etwa 45 Gigawatt auf 98 Gigawatt mehr als verdoppeln. Die Erzeugungsleistung der Windenergie onshore soll von etwa 53 GW im Jahr 2019 auf 67 bis 71 GW und offshore von sechs GW auf 20 GW steigen.

### Stromproduktion

Die Transformation in den Verbrauchssektoren ist allerdings nur dann sinnvoll, wenn sich der ganze Strom aus erneuerbarer Energie speist. Grüner Strom in ausreichenden Mengen ist die Grundvoraussetzung für Elektrofahrzeuge, Wärmepumpen, industrielle Prozesse und die Produktion von grünem Wasserstoff.

Große Zuwächse sind vor allem bei der Windenergie (offshore und onshore) und der Photovoltaik möglich. Strom aus Wasserkraftanlagen und Biomasse liefern permanent Strom, sind aber vergleichsweise wenig ausbaufähig.

Selbst wenn sich der Stromverbrauch von derzeit 490 TWh in den kommenden Jahren nicht verändern würde, müsste sich der Anteil aus Windkraft und Photovoltaik mehr als verdoppeln. Der Stromverbrauch jedoch wird steigen. Bis 2030/2035 wird er sich ebenfalls verdoppeln, bis 2040 dürfte eine Netto-stromerzeugung durch erneuerbare Energien von mehr als 1.000 TWh nötig sein, dem 4,5-fachen des heute aus Windkraft und Photovoltaik erzeugten Stromanteils. In Deutschland muss dafür je nach Importanteil bis 2045 ein umfassender Zubau an Erzeugungskapazitäten erfolgen. Die Geschwindigkeit beim Zubau muss sich in etwa verdreifachen. Das funktioniert am besten mit Anreizen für die Bevölkerung und für Unternehmen.



### Wind- und Solarparks

In Deutschland werden Windparks (onshore und offshore) und Solarparks die größte Menge an Strom erzeugen müssen. Aber auch kleinere, dezentrale Anlagen fallen ins Gewicht, wenn ihre Gesamtzahl groß genug ist.

Ein Beispiel: Agri-Photovoltaik-Anlagen auf bewirtschafteten Feldern. Im Jahr 2021 nutzte die Landwirtschaft noch 14 Prozent ihrer Flächen für Energiepflanzen. Bauen Landwirte auf einem ein Hektar großen Feld Raps an, gewinnen sie damit pro Jahr

rund 1.800 Liter Biodiesel. Energiegehalt: 17.640 kWh.

Auf derselben Fläche lässt sich mithilfe einer Photovoltaik-Anlage rund 1.000.000 kWh Solarstrom pro Jahr herstellen – also mehr als 55-mal so viel. Und im Schatten der Solarmodule gedeihen insektenfreundliche Blühwiesen, Weideland oder Gemüse.

Auch Solardächer mit digital gesteuerten Energiespeichern stellen eine wichtige Stromquelle dar und leisten gleichzeitig einen wesentlichen Beitrag zur Sektorenkopplung mit Elektroautos und Wärmepumpen.



Freiflächen- und Agri-Photovoltaik



PV auf Gebäuden



— geplante Stemmstrecke der Südlink-Trasse  
— geplanter weiterer Verlauf der Südlink-Trasse

Nord-Süd-Verbindung SuedLink

### Erforderlicher Ausbau der Stromnetze

Der starke Zubau erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung und die Veränderungen im gesamten Kraftwerkspark – insbesondere der Ausstieg aus Kernkraft und Kohle in Deutschland – führen zu einem außerordentlichen Anpassungsbedarf im Stromübertragungsnetz. Es verändern sich nicht nur die Anlagengrößen und -typen, sondern auch die regionale Verteilung der Erzeugungsinfrastruktur.

In Deutschland verschieben sich beispielsweise die Schwerpunkte in der Stromerzeugung deutlich in den Norden, etwa durch den Zubau von Offshore-Windparks in Nord- und Ostsee. Die Verbrauchszentren mit vielen Großabnehmern für Strom bleiben aber im Süden und Westen der Republik bestehen.

Der Netzausbau betrifft die Übertragungsnetze, also die „Stromautobahnen“, genauso wie die Verteilnetze. Bestehende Leitungen müssen erneuert, Übertragungskapazitäten im Bestandsnetz erhöht und neue Übertragungsleitungen zugebaut werden. Wesentliche Herausforderung: die Trassenverfügbarkeit. Lokale Widerstände erschweren häufig die Festlegung von Routen. Planungs- und Genehmigungsverfahren ziehen sich über viele Jahre in die Länge.



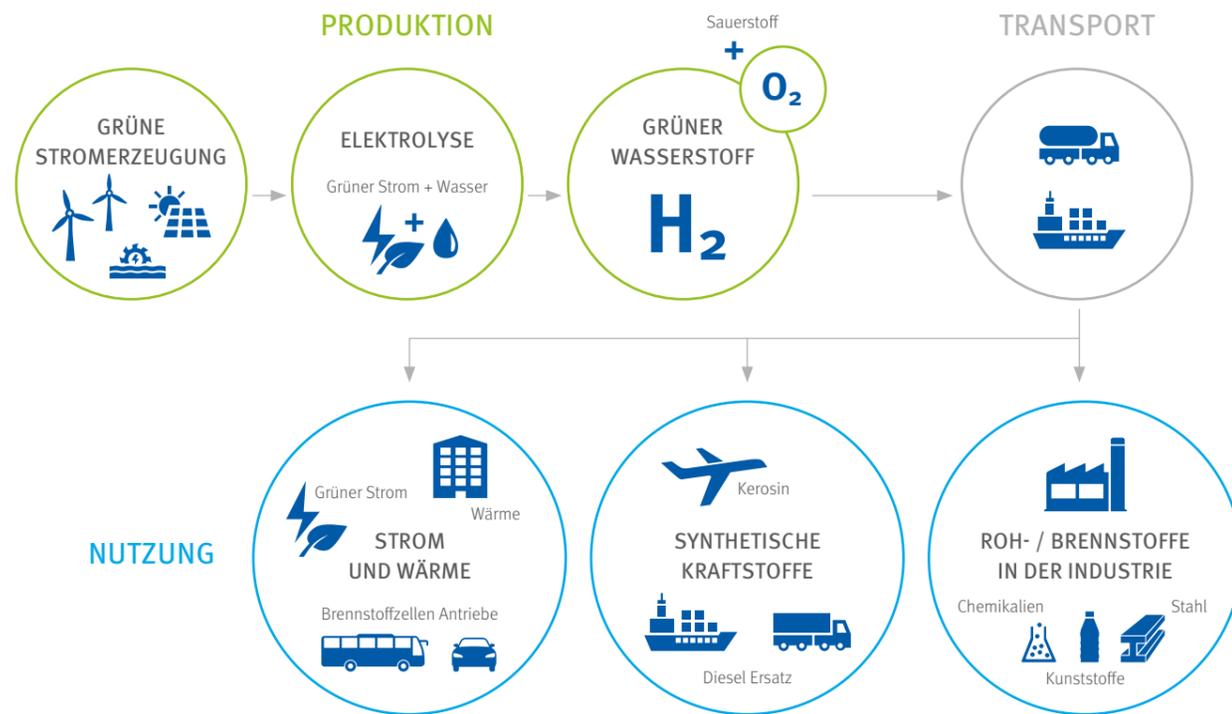
**Wasserstoff – Produktion und Verteilung**

Wasserstoff (H<sub>2</sub>) spielt als Enabler und Speicher eine wichtige Rolle für die Energiewende. Strom und Wasserstoff ergänzen sich bestens auf dem Weg zur Netto-null-Wirtschaft. Zu lösen ist aber das Problem der Produktion bzw. Bereitstellung des Wasserstoffs. Dafür gibt es drei Optionen:

- 1. Produktion dezentral beim Verbraucher:** Durch den Energietransport über das vorhandene Stromnetz resultiert zwar eine hohe Stromnetzbelastung, der Transport erfordert aber keine neue Infrastruktur. Es müssen allerdings viele – in der Regel kleinere – Elektrolyseure installiert werden.
- 2. Produktion beim Stromerzeuger zentral A:** Die Verteilung erfolgt über Lastwagen/Schiffe mit hohen variablen Kosten. Zudem muss der Wasserstoff mit hohem Strombedarf verflüssigt werden.
- 3. Produktion beim Stromerzeuger zentral B:** Die Verteilung erfolgt über das vorhandene Gas- oder ein neues Wasserstoffnetz. Es entstehen hohe Investitions- und Fixkosten.

Die Elektrolyse zur Gewinnung von „grünem Wasserstoff“ benötigt sehr viel grünen Strom, der in Deutschland zu teuer und nicht in den erforderlichen Mengen verfügbar ist. Eine große Entlastung könnte der Import von Wasserstoff und/oder grünem Methan/Methanol aus Südeuropa, Nordafrika oder der arabischen Halbinsel sein – Orte mit einer fast viermal höheren verwertbaren Solarenergie, an denen die Wasserstoffherstellung erheblich preiswerter ist als bei uns.

Der Transport wird künftig organisierbar und sinnvoll sein. Methanol lässt sich in gleicher Weise wie seither Erdöl transportieren, neue Transportwege für Flüssiggas und Flüssiggasterminals entstehen.



Der Weg des Wasserstoffs (Bundesministerium für Bildung und Forschung – FONa)

**Sektor Industrie (Grundstoffindustrie)**

Bis 2030 sollen die Treibhausgasemissionen in der Industrie schrittweise auf 140 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente sinken, 25,5 Prozent weniger als 2019.

Die Produktion soll treibhausgasneutral werden. Das bedeutet: Prozessbedingte Emissionen gilt es zu vermeiden, die treibhausgasneutrale Energiebereitstellung zu realisieren. Der Energieverbrauch muss sinken, die Energieeffizienz steigen. Es bedarf einer verstärkten Nutzung von erneuerbaren Energien und von Abwärme. Der Weg dorthin führt über einen optimierten Material- und Ressourceneinsatz. Höhere Recyclingraten mindern den Bedarf an Primärmaterial deutlich. Will die Industrie prozessbedingte Emissionen ganz vermeiden, muss sie ihre gesamten Produktionsverfahren grundlegend umstellen. Dies gilt vor allem im Bereich Stahl, Zement, Kalk und Nichteisenmetallen sowie in Teilen der Grundstoffchemie.

**Stahlproduktion**

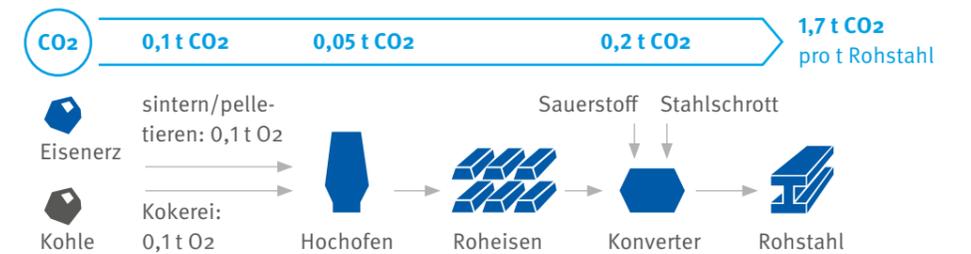
Ansatzpunkt ist hier in erster Linie die **Transformation der Primärstahlerzeugung**. Die Industrie arbeitet an Prozessen, um Eisenerze mit Wasserstoff statt wie bislang mit Kohlenstoff zu reduzieren und anschließend weiterzuverarbeiten.

Der weitere Baustein für geringere CO<sub>2</sub>-Emissionen ist die **schrottbasierte Elektrostaahlproduktion**. Mit ihr steht bereits heute für rund 30 Prozent des erzeugten Rohstahls ein treibhausgasärmeres Verfahren zur Verfügung. Stahl und seine Nebenprodukte der Herstellung sind Ausgangspunkt einer Vielzahl von Wertschöpfungsketten, die sich an den Prinzipien der Kreislaufwirtschaft orientieren und erheblich CO<sub>2</sub> einsparen können, zumal Stahl ohne Qualitätsverlust immer wieder recycelt, repariert und aufgearbeitet werden kann, dazu langlebig und gut bearbeitbar ist.

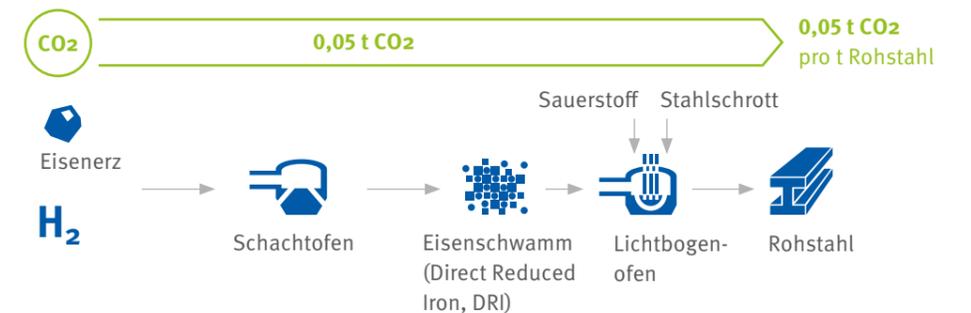
**Zementproduktion**

Beton ist der wichtigste Baustoff der Welt. Ohne ihn kommt fast kein Neubau aus. Genauer gesagt: ohne Zementklinker, den wichtigsten Bestandteil dieses Baustoffs. Global werden jährlich mehr als 4,6 Milliarden Tonnen Zement verbaut. Bei dessen Herstellung entsteht durch das Erhitzen fossiler Rohstoffe im Drehofen viel CO<sub>2</sub>. Der noch weitaus größere Teil der Emissionen geht auf den Zement selbst zurück. Der Kalkstein im Zement setzt pro produzierter Tonne rund 600 Kilogramm CO<sub>2</sub> frei. Insgesamt fallen jährlich 2,8 Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub> an.

Konventionelle Technologie: Hochofen-Konverter-Route



Nahezu treibhausgasneutrale Technologie: Direktreduktion mit Wasserstoff



Prozentuale Einsparung an Treibhausgasemissionen: 97%

Quelle: Agora Energiewende und Wuppertal Institut (2019)

Vergleich konventionelle Stahlproduktion mit H<sub>2</sub>-Direktreduktion

Die Bauindustrie strebt aktuell an, weniger Zement zu verbrauchen, den Anteil des Zementklinkers zu reduzieren und zusätzlich CO<sub>2</sub> abzuscheiden, um es weiterzuverarbeiten oder zu speichern (CCUS – Carbon Capture Usage and Storage). Die unterirdische Speicherung ist allerdings umstritten.

#### Petrochemische Produktion

Schätzungsweise drei Viertel der Gesamtmasse unseres Sonnensystems bestehen aus Wasserstoff. Chemie und Petrochemie (bzw. die ihr vorgelagerte Öl- und Gasindustrie) benötigen große Mengen davon. Raffinerien und Düngemittelproduktion verbrauchen mehr als drei Viertel des industriellen Gesamtbedarfs an Wasserstoff, vor allem bei der Herstellung von Basischemikalien wie Ammoniak (NH<sub>3</sub>) und Methanol. Beide Stoffe sind Basischemikalien, die in erster Linie zur Erzeugung weiterer Produkte genutzt werden. Ammoniak wird hauptsächlich in der Produktion von Düngemitteln und Kältemitteln eingesetzt. Methanol wird über den Zwischenschritt Formaldehyd für die Herstellung von Farb- und Arzneistoffen verwendet, kann aber auch sein Potenzial als Treibstoff aus grünem Wasserstoff entfalten.

Die Petrochemie nutzt das Gas weniger als Rohstoff, sondern zur Entfernung von schwefelhaltigen Verbindungen aus Erdöl, Erdgas und den daraus gewonnenen Raffinerie-Produkten. Beim Hydrocracken hilft Wasserstoff, schwere und zähe Rückstände der Erdölraffination in leichtere Bestandteile umzuwandeln und daraus Treibstoffe wie Kerosin und Diesel zu gewinnen.

Der Umstieg vom herkömmlichen auf grünen Wasserstoff würde die Klimabilanz dieser Industrie entscheidend verbessern, genau wie Prozessoptimierungen und die zunehmende Elektrifizierung der Kernprozesse. Beides würde allerdings erhebliche Investitionen in die Produktionsstätten verlangen.

#### Sonstige Maßnahmen

Neben der Umstellung ihrer Prozesse sollten Industrieunternehmen bei Reinvestitionen in ihre Produktionsstandorte auf die fossilfreie Wärmeerzeugung achten. So wie Fernwärmenetze in Städten häufig durch kohle- oder erdgasbetriebene Heizkraftwerke gespeist werden, erfolgt die Wärmeversorgung von Industriestandorten noch zu überwiegenden Teilen auf Basis konventioneller Energieträger. Das muss sich ändern, wollen wir unsere Ziele erreichen.



Petrochemische Industrieanlage

## Sektor Verkehr

Der Verkehrssektor nutzt nach wie vor zu rund 95 Prozent fossile Energieträger, vor allem Benzin und Diesel aus Erdöl. Er ist aktuell für 13 Prozent der CO<sub>2</sub>-Emissionen und für 24,5 Prozent des Energieverbrauchs in Deutschland verantwortlich. Bis 2030 sollen die Emissionen im Vergleich zu 2019 um 42 Prozent sinken – mithilfe einer besseren Energieeffizienz aller Verkehrsträger, eines stärkeren Umstiegs auf emissionsfreie Antriebe und Kraftstoffe, mehr öffentlicher oder geteilter Verkehrsangebote, mehr Fuß- und Fahrradverkehr und einer verbesserten Logistik, die überflüssige Wege vermeidet.

#### Technologische Ansätze

Deutschland braucht bis 2030 circa 15 Millionen Pkw und leichte Nutzfahrzeuge (LNF) mit Elektroantrieb, um die EU-Flottenziele zu erreichen. Plug-in-Hybride müssten eine elektrische Reichweite von 50 bis 60 Kilometern haben. Ein Verbot für die Produktion von Verbrennermotoren ab 2032 bzw. 2035 steht zur Debatte. Den Pkw-Bestand bis 2030 zum größten Teil auf E-Fuels umzustellen ist mithilfe von Importen möglich. Schwere Nutzfahrzeuge (SNF) sind für mehr als ein Viertel der deutschen Treibhausgasemissionen im Verkehr verantwortlich. Neue Lkw sollen bis 2030 mit Elektroantrieb bzw. Brennstoffzelle fahren. Eine weitere Option für den Fernverkehr ist der Oberleitungshybrid-Lkw. Er erhält auf Autobahnen Strom über einen Fahrdrabt, auf anderen Straßen versorgt ihn ein eigener Elektroantrieb. Auch für neue Flugzeuge und schwere Landfahrzeuge gilt das Ziel der Umstellung auf einen Antrieb mit E-Fuels/Wasserstoff.



Digital Train Control System

#### Infrastrukturmaßnahmen

Kern eines klimaneutralen Verkehrssystems ist eine funktionierende und nachhaltige Infrastruktur für den Umweltverbund, also für Busse, Straßen- und U-Bahnen sowie den Rad- und Fußverkehr. Der öffentliche Nahverkehr muss für die Menschen attraktiv, preisgünstig, schnell, sicher und bequem sein. Es braucht ein erweitertes Angebot und eine erhöhte Taktung und Qualität. „Communication-Based Train Control“ (CBTC) ermöglicht den Verzicht auf die bisher üblichen Signale, was Instandhaltungskosten reduziert. Darüber hinaus kann die Verkehrsgesellschaft mit der digitalen Zugsicherung die Leistungsfähigkeit ihrer Strecken erhöhen, besonders in den Tunneln. Diese Form der Modernisierung ist ein Trumpf für die Mobilitätswende. Denn ein CBTC-System ermöglicht das Fahren im sogenannten wandernden Raumabstand, wodurch die Züge im Bremswegabstand fahren statt wie derzeit in Blockabschnitten. Damit sind kürzere Zugfolgen möglich, wodurch die Kapazität um bis zu 25 Prozent gesteigert werden kann – ohne Aus- oder Neubau von Gleisen und Tunneln.

Die leistungsfähige Zugsicherungstechnik sorgt aber nicht nur für mehr Züge auf der Strecke, sondern auch für eine größere Taktgenauigkeit und -verlässlichkeit. Sie ermöglicht energieeffizienteres Fahren – Einsparungen von bis zu 15 Prozent sind möglich – und einen verbesserten Passagierkomfort durch sanfteres Beschleunigen und Bremsen. Das verringert oben- und unten den Verschleiß von Fahrzeugen und Schienen.

CBTC birgt also das Potenzial, den schienengebundenen ÖPNV am städtischen Verkehr zu vergrößern und damit unmittelbar für mehr saubere Luft in der Stadt zu sorgen. Eine Erneuerung veralteter Systeme der Zugsicherung ist für Verkehrsbetriebe nicht allein eine technische und betriebliche Notwendigkeit, sondern auch vor dem Hintergrund kommender Mobilitätsanforderungen unverzichtbar.

#### Geschwindigkeitsbegrenzungen

Allgemeine Geschwindigkeitsbegrenzungen auf deutschen Straßen gelten als kurzfristig realisierbar und als kostengünstiger und wirksamer Beitrag zur Minderung der Emissionen von Treibhausgasen, anderer Schadstoffe und Lärm. Allerdings wird es sehr schwierig sein, einen allgemein akzeptierten Kompromiss zu finden. Im Prinzip brauchte es auch hierfür eine digitale Lösung im Sinne eines kontinuierlichen Verkehrsflusses, ergänzt durch sinnvolle obere Begrenzungen.

## Sektor Gebäude

Die Bau- und Gebäudewirtschaft liegt laut einem UNO-Umweltbericht beim Treibhausgasausstoß auf Rekordniveau; sie hinkt den Zielen des Pariser Klimaschutzabkommens hinterher. Im Gegenteil: Der Sektor entfernt sich sogar von den Vorgaben.

### Energieverbrauch im Erstellungsprozess – graue Energie

Grundsätzlich haben Neubauten in Deutschland energetisch einen hohen Standard, der zusammen mit modernen Heizsystemen einen CO<sub>2</sub>-armen oder sogar CO<sub>2</sub>-freien Betrieb ermöglicht. Relevant ist aber nicht allein die Nutzungs-, sondern auch die Bauphase. Im Entstehungsprozess kommt „Graue Energie“ bei der Gewinnung von Rohstoffen, Herstellung von Zement, Stahl oder Aluminium, Fertigung von Bauelementen und dem Aufbau der Gebäude zum Tragen.

Die Untersuchung eines Mehrfamilienhauses ergab, dass die Baukonstruktion fast 85 Prozent der grauen Energie verbraucht. Bei einem technisch aufgerüsteten Bürohaus oder einer Industrieanlage verschieben sich diese Anteile natürlich deutlich in Richtung Technik.

Aktuelle Studien gehen davon aus, dass die graue Energie einen Anteil von mehr als 50 Prozent am Primärenergieverbrauch des gesamten Gebäudezyklus hat – lange vor der rund 50 Jahre langen Nutzungsdauer der Immobilie. Der einzige Ausweg ist ein konsequenter Ausbau der Kreislaufwirtschaft beim Bauen. Viele Akteure wie Lieferanten etwa im Fassaden- und Fensterbau oder bei der

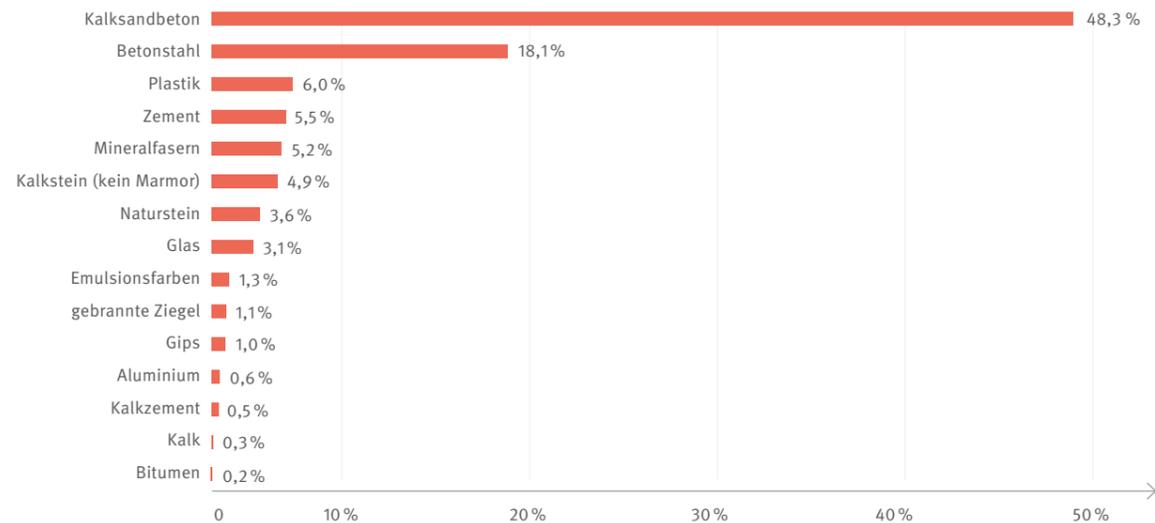
Produktion von recycelten Zuschlagstoffen unternehmen bereits erhebliche Anstrengungen nach dem Prinzip von Cradle to Cradle® (C2C). Es müssten aber noch weit mehr dem Beispiel folgen.

Die effizienteste Methode, um CO<sub>2</sub> einzusparen, ist aber das Bauen mit Holz. Mit CO<sub>2</sub>, Wasser und der Sonne wird der Rohstoff Holz umweltfreundlich von der Natur produziert. Nebenbei entsteht Sauerstoff! Im Holz findet eine klimawirksame CO<sub>2</sub>-Speicherung über die Nutzungsdauer des Holzes statt. Deshalb spricht man bei der Verwendung von Holz beim Bauen auch von einer Kohlenstoffsenske, da Holz als alleiniger Baustoff den Kohlenstoff einlagern kann.

Drees & Sommer hat sich seit den 1990er Jahren intensiv mit dem Thema Bauökologie beschäftigt. Als Bindeglied zwischen Investoren, Bauherren, Architekten und Produktherstellern setzt Drees & Sommer Cradle-to-Cradle®-Innovationen in Planung, Bau und Betrieb um. Dabei entstehen Gebäude mit hervorragender Innenraumqualität, die zugleich weitgehende Sicherheit bieten, dass der Wert der Objekte auch mittel- bis langfristig erhalten bleibt.

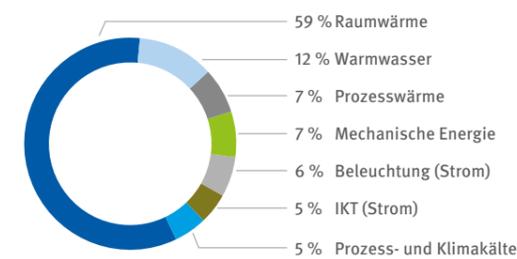
Zur Vertiefung dieser Aktivitäten hat sich Drees & Sommer 2019 mehrheitlich an der EPEA GmbH beteiligt. Diese hat sich seit der Gründung 1987 durch Prof. Dr. Michael Braungart zu einem internationalen Innovationspartner für umweltverträgliche Produkte, Prozesse, Gebäude und Stadtquartiere entwickelt.

### CO<sub>2</sub>-Anteile übliches Bürogebäude



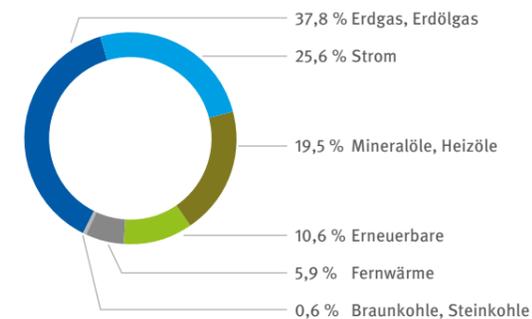
### Verbrauchsenergie

Es existieren mehr als 21,7 Millionen Gebäude in Deutschland. Etwa 19 Millionen davon beherbergen Wohnungen, von denen wiederum etwa 12,5 Millionen vor der ersten Wärmeschutzverordnung von 1979 entstanden. Rund 60 Prozent des Energieverbrauchs im Gebäudesektor fallen beim Heizen an. Weitere 24 Prozent entfallen auf unterschiedliche Wärme- und Kältebereitstellungen. Während Haushalte vor allem Warmwasser und Prozesswärme (zum Beispiel für Wasch- und Spülmaschinen) benötigen, ist für das Gewerbe auch Prozesskälte relevant.



Endenergieverbrauch Gebäudenutzung (Quelle: BMWi, 2020)

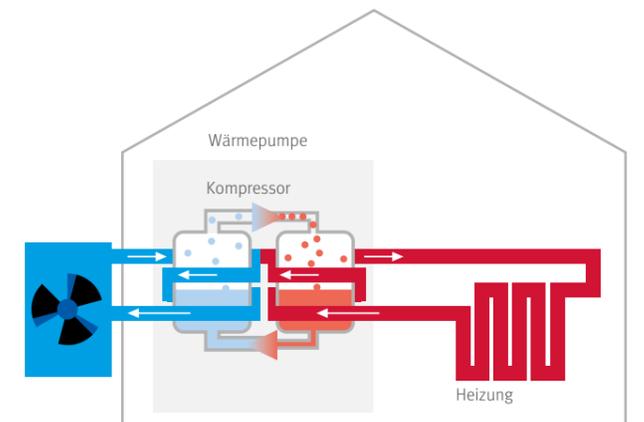
Die Emissionen des Gebäudesektors entstehen mit über 80 Prozent überwiegend durch die Verbrennung fossiler Energieträger. Dazu gehört wieder zunehmend der Einsatz von Holzheizungen. Natürlich ist Holz ein nachwachsender Rohstoff, aber nicht zum Verbrennen. Holz emittiert beim Verbrennen nicht nur das gespeicherte CO<sub>2</sub>, sondern auch ganz erheblich Feinstaub. Die Wirkung ist für die Luft deutlich schlimmer als eine Ölheizung. Und es dauert 30 bis 40 Jahre, bis die verbrannte Menge Holz nachgewachsen ist.



Energieträger Gebäudenutzung (Quelle: BMWi, 2020)

Holz muss – auch in Form von Spänen, Sägemehl oder Rinde – für Bauelemente oder als Dünger eingesetzt werden. Deshalb gehören alle Holzheizungen inklusive der Verfeuerung von Pellets schnellstmöglich verboten. Dagegen könnten die verbliebenen Ölheizungen in einer längeren Übergangszeit mit E-Fuels zumindest klimaneutral weiterverwendet werden, um das Gesamtpaket zu entlasten. Der einzig vernünftige Weg in die Zukunft von Heizung und Kühlung führt über elektrische Wärmepumpen in Verbindung mit Solarthermie, Geothermie und Umgebungsluft oder Abwärmequellen.

Um den Energiebedarf zu reduzieren, sind erhebliche Sanierungsmaßnahmen im Bestand zwingend vorzuschreiben und zu fördern. Dazu zählen vor allem Dämmmaßnahmen bei Dächern, Wänden und Fenstern in Verbindung mit einer intelligenten Lüftung ohne Wärmeverluste.



Funktionsweise einer Wärmepumpe

## Sektor Landwirtschaft

Bis 2030 sollen die Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft um 15 Prozent gegenüber 2019 sinken. Eine Maßnahme ist, Stickstoffüberschüsse durch einen geringeren Einsatz stickstoffhaltiger Düngemittel zu senken und so einen nachhaltigeren und ressourceneffizienteren Umgang mit Nährstoffen sicherzustellen. Höhere Anforderungen ans Düngen sind auch für den Gewässerschutz bedeutsam. Anzustreben ist deshalb eine Stärkung des ökologischen Landbaus, für deren Förderung die Bundesregierung jährlich 36 Millionen Euro zur Verfügung stellt.



## Beispiele zum Thema Sektorkopplung

### Zementindustrie

Die Industriekonzerne Lafarge (Zement), OMV (Erdöl und -gas), Verbund (Strom) und Borealis (Chemie) basteln an einer Kooperation, um weniger umweltbelastend zu produzieren. Bis 2030 wollen sie gemeinsam eine Anlage zur Abscheidung und Nutzung von CO<sub>2</sub> im industriellen Maßstab errichten. Die Anlage soll die Abscheidung von CO<sub>2</sub> aus der Zementherstellung und die Herstellung von Kunststoffen, Olefinen und Kraftstoffen auf Basis erneuerbarer Rohstoffe ermöglichen. Die Kooperationspartner streben also eine sektorübergreifende Wertschöpfungskette an, um Klimaneutralität, Kreislaufwirtschaft und Innovation voranzutreiben. Der Erfolg des gemeinsamen Projektes werde den Industriekonzerne zufolge wesentlich davon abhängen, ob die Politik die notwendigen finanziellen und regulatorischen Rahmenbedingungen sowohl auf europäischer als auch auf nationaler Ebene schafft.



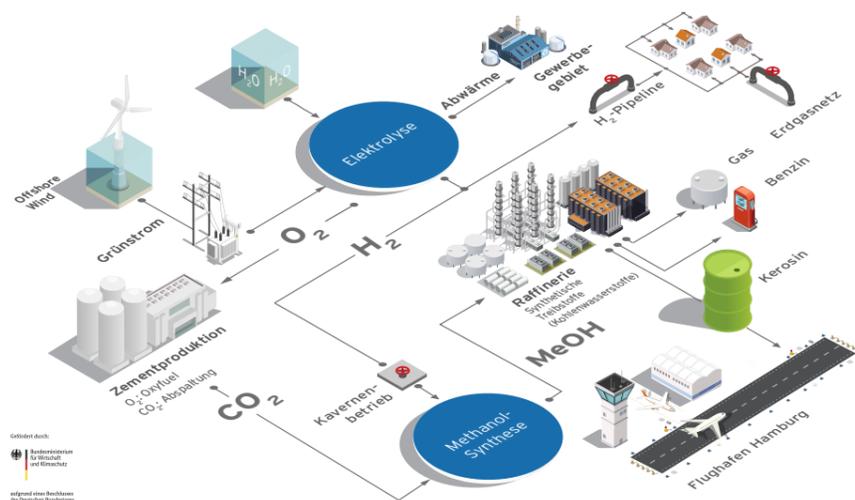
Quelle: C2PAT Infografik Dekarbonisierung

### Energiewende Westküste100

Im Fokus dieses Projekts stehen die nachhaltige Erzeugung von Wasserstoff und die Erforschung von Speicher- und Transporttechnologien für Wasserstoff – samt Erprobung im industriellen Maßstab.

Dafür erzeugt Westküste100 durch Elektrolyse besonders klimafreundlichen grünen Wasserstoff mit Energie aus Offshore-Windenergieanlagen. In der Raffinerie Heide entsteht ein integriertes 30-Megawatt-Elektrolysesystem, das Wasser in seine elementaren Bestandteile zerlegt: Wasserstoff und Sauerstoff. Die entstehende Abwärme (auch Prozesswärme

genannt) fließt in ein bestehendes und weiter ausgebauten Wärmenetz und später beispielsweise in einen Gewerbepark. Den Wasserstoff speist Westküste100 in das Gasnetz ein oder stellt ihn für die Herstellung von Methanol zur Verfügung. Der Sauerstoff kommt einem Forschungsteam im Zementwerk Lägerdorf zugute, das untersucht, wie sich Emissionen durch die Herstellung von Klinkern reduzieren lassen. Selbst der wie bei allen Verbrennungsprozessen unvermeidlich entstehende kleine Rest an CO<sub>2</sub> soll einen Nutzen als Rohstoff haben. Die Idee: das Kohlenstoffdioxid aus der regionalen Zementproduktion zur Herstellung synthetischer Kohlenwasserstoffe zu verwenden.



Grüner Wasserstoff und Dekarbonisierung im industriellen Maßstab

Quelle: westkueste100.de



Quelle: Deutsche Aircraft

### Klimafreundlicher Regionalluftverkehr beginnt mit nachhaltigen Produktionsprozessen

Deutsche Aircraft verfolgt als neuer deutscher Flugzeughersteller die Strategie, klimafreundliche Technologien nicht erst in Langfristperspektive einzusetzen, sondern kurzfristig klimaneutralen Flugbetrieb zu ermöglichen.

Zusätzlich zur Vorentwicklung zukünftiger Flugzeugkonzepte auf Basis eines Wasserstoff-Brennstoffzellensystems fokussiert sich die Firma aktuell darauf, das nächste Flugzeug – die D328eco™ – für sogenannten PtL (Power to Liquid)-Treibstoff zu ertüchtigen. PtL basiert ebenso auf Wasserstoff als Basisenergiequelle, ist chemisch aber dem fossilen Kerosin sehr ähnlich und damit schneller operationell einsetzbar. Um die CO<sub>2</sub>-Bilanz zu optimieren, arbeitet Deutsche Aircraft eng mit Energieversorgern und Treibstoffherstellern zusammen, um die Skalierbarkeit der PtL-Technologie sicherzustellen und den Ausbau mit voranzutreiben. Gleichzeitig wird weiterhin durch

die Umsetzung neuester Flugzeug- und Triebwerkstechnologien an der Minimierung des Energie- und damit Kraftstoffverbrauchs im Flug gearbeitet.

Auch bei der Fertigung der D328eco™ legt die Deutsche Aircraft großen Wert auf nachhaltige Energieversorgung und Umweltverträglichkeit. Drees & Sommer unterstützt die Deutsche Aircraft unter anderem mit Projektmanagement und Planungsleistungen bei der Konzeption der hochmodernen Endmontagelinie am Flughafen Leipzig/Halle.

# Was werden die Hemmnisse sein?

Die erforderliche Transformation in allen Sektoren gelingt uns nur mit gemeinsamen Anstrengungen aus Wirtschaft, Politik und Gesellschaft. Vor allem müssen wir die Transformationsgeschwindigkeit deutlich erhöhen. Die vielen damit verbundenen Herausforderungen verlangen nach gut abgestimmten Maßnahmenpaketen und einer übergeordneten politischen Steuerung, die Anreize und klare Rahmenbedingungen schafft – durch Förderungen und eine angepasste Regulatorik.

Mehr Geschwindigkeit auf dem Weg zur Klimaneutralität heißt aber auch: Wir müssen besser als bislang skalieren, zum Beispiel in Produktionsprozessen. Im Bereich der Wasserstoffherstellung wird die Aufgabe sein, Elektrolyseur-Kapazitäten in kürzeren Zeiträumen und unter Anwendung höherer Standardisierungen zu fertigen. Sonst bleiben unsere Ziele unerreichbar.

Weil die Kapazitäten von Bohrfirmen sehr knapp sind, brauchen wir Geothermie-Anlagen zur klimaneutralen Wärmeversorgung. Unterirdische Wärmequellen deutlich stärker als bisher zu erschließen, ist nur möglich, wenn neue Firmen mit Erfahrung aus industrieller Fertigung und standardisierten Prozessen in dieses Marktsegment einsteigen.

Ein weiteres großes Hemmnis und verbunden mit Unsicherheit ist der Zustand der Solarindustrie in Deutschland. Die deutsche Solarindustrie war einmal führend. Das ist allerdings schon zehn Jahre her. Zwischen 2012 und 2015 wurde die Solarindustrie in Deutschland durch die Reduzierung bzw. den Wegfall der Förderung abgewickelt und ist im Wesentlichen nach China

abgewandert. Nur einige kleine Unternehmen haben eine rudimentäre Produktion aufrechterhalten können. Inzwischen gibt es wieder ein neues Unternehmen in Bitterfeld. Ein Unternehmen, dem eine Vielzahl an etablierten Konkurrenten in China gegenübersteht – das ist wenig. Insgesamt ist die Solarbranche hierzulande dennoch groß: Montagegestelle, Solarzellen, Solarmodule, Wechselrichter und Batteriespeicher. Da tut sich ein bisschen mehr. Ganz schlecht sieht es mit den Fachkräften aus. Der Fachkräftemangel ist eklatant. Wenn man heute eine Solaranlage bestellt, dauert es Wochen oder Monate, bis jemand vorbeikommt, um sie aufs Dach zu schrauben. Ähnlich sieht es im Anlagenbau aus. Beim Material gibt es Lieferengpässe, Fachkräfte fehlen. Egal ob Planungs- und Genehmigungsprozess oder Realisierung der Vorhaben – alles verzögert sich, wenn es an qualifizierten Fachleuten fehlt. Die Schwierigkeiten lassen sich nur durch strukturelle Anpassungen beheben.

Genehmigungsverfahren für neue Stromtrassen oder Onshore-Windparks müssen viel schneller vonstattengehen, was nur durch starke Eingriffe in die aktuelle Gesetzgebung gelingt. Der Weg der Veränderung verlangt ein deutlich gesteigertes Bewusstsein für Energieverbrauch und den Einsatz von Ressourcen. Dieses Bewusstsein entsteht längst – „dank“ stetig steigender Kosten für CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die konventionelle Energieerzeugung. Deren Teuerung schafft Freiraum für klimafreundlichere Technologien, die wiederum durch eine breitere Nachfrage und die daraus resultierende bessere Skalierung günstiger werden. Marktgesetze entfalten schnell ihre Wirkung und begünstigen die schnelle Verbreiterung klimafreundlicher Anwendungen.



Um nahezu jeden Standort für Windräder oder den Verlauf von Stromtrassen wird aufgrund unterschiedlicher Interessen gestritten. Es gibt (noch) kein übergeordnetes Interesse an einer Energieversorgung aus erneuerbaren Energien.

# Fazit

Eines wird deutlich: Wir schaffen die Energiewende und damit die CO<sub>2</sub>-Reduzierung nur, wenn wir alle Möglichkeiten zur Vernetzung einer CO<sub>2</sub>-freien Energiewirtschaft ohne technologische Einschränkung ausschöpfen. Wir von Drees & Sommer schlagen eine Drei-Stufen-Strategie vor:



Damit wir diese Ziele erreichen können, müssen wir offen, zielführend und ohne bremsende Interessenvertretungen diskutieren und kommunizieren. Es werden erhebliche Investitionen und Förderungen notwendig sein, um die Energiewirtschaft auf erneuerbare Energien umzustellen und CO<sub>2</sub>-freie Prozesse in allen Sektoren anzuschieben.

Besonders im Anlagenbau sowie bei Gebäudeerstellung und -betrieb stehen uns gewaltige Veränderungen bevor. Ohne konsequente Einführung der Kreislaufwirtschaft (C2C) scheitern in der Bauwirtschaft alle Bemühungen. Eine erfolgreiche Dekarbonisierung im Sektor Verkehr fußt vor allem auf dem Ausbau der Strominfrastruktur. Akzeptiert die Politik innerhalb der ersten Stufen den Import von synthetischen Kraftstoffen, würde das im Hinblick auf den Fahrzeugbestand eine große Entlastung bedeuten.

Das A und O aber ist die digitale Vernetzung der Energieproduktion und -verteilung bis hin zum Einfamilienhaus und zu den E-Autos im Interesse einer erfolgreichen Sektorkopplung.

## DREES & SOMMER-LEISTUNGEN ZUR SEKTORENOPTIMIERUNG UND SEKTORENKOPPLUNG

### Sektorübergreifende Leistungen

- › Machbarkeitsstudien für die Nutzung von Wasserstoff als Energieträger
- › Konzepterstellung für nachhaltige (Wasserstoff-) Modellregionen

### Leistungen im Sektor Industrie

- › Fabrikplanung für die Produktion von Stacks, Elektrolyseuren und Brennstoffzellen
- › Erstellung innovativer Konzepte zur nachhaltigen Wärmeversorgung
- › Planung und Projektmanagement für den Einsatz von Brennstoffzellen und Elektrolyseuren
- › EPCM/GCM für Produktionswerke Batterie- und Zellfertigung

### Leistungen im Sektor Verkehr

- › Systemplanung und Energiedesign für Mobility-Hubs
- › Planung und Projektmanagement für Elektroladeinfrastruktur

### Leistungen im Sektor Energie

- › Projektmanagement und Prozessberatung für Trassenprojekte Strom, Gas, H<sub>2</sub>
- › Projektmanagement für Geothermiekraftwerke
- › Vertragsmanagement und allgemeine Begleitung von Kraftwerksumbauten (Fuel-Switch)
- › Organisations-, Prozess- und BIM-Beratung bei Netzausbauprojekten

### Leistungen im Gebäudesektor

- › Planung und Projektmanagement dezentraler Wärmenetze für Quartiere
- › Projektmanagement und Generalplanung für Gebäude und Stadtquartiere

Die aktuellen Projekte von Drees & Sommer beziehen sich nicht nur auf Deutschland, sondern auf die europäischen Standorte. Projekte für die Herstellung von erneuerbaren Energien im großen Maßstab und im Zusammenhang mit der Produktion von Wasserstoff und synthetischen Kraftstoffen sind auch außerhalb Europas geplant.

## IMPRESSUM

Drees & Sommer ist international tätig und weltweit für seine Kunden präsent. An 51 Standorten stehen unsere Expert:innen in- und ausländischen Unternehmen unterschiedlicher Branchen bei ihren Projekten zur Seite. Hinzu kommen die Projektstandorte, die sich auf der ganzen Welt befinden – eben überall dort, wo Sie uns gerade brauchen.

[www.dreso.com/standorte](http://www.dreso.com/standorte)



Drees & Sommer SE  
Obere Waldplätze 13  
70569 Stuttgart  
Telefon +49 711 1317-0  
Telefax +49 711 1317-101  
[info@dreso.com](mailto:info@dreso.com)  
[www.dreso.com](http://www.dreso.com)

### BILDNACHWEISE

Titel  
© bsd555 – [gettyimages.com](https://www.gettyimages.com)

Seiten 5 – 20

© fivepointsix – [gettyimages.com](https://www.gettyimages.com)  
© Alextov – [gettyimages.com](https://www.gettyimages.com)  
© Xuanyu Han – [gettyimages.com](https://www.gettyimages.com)  
© imacoconut – [gettyimages.com](https://www.gettyimages.com)  
© fotolia.com  
© WangAnQi – [gettyimages.com](https://www.gettyimages.com)  
© Eloi\_Omella – [gettyimages.com](https://www.gettyimages.com)  
© Michael Drak – [fotolia.com](https://www.fotolia.com)  
© Countrypixel – [stock.adobe.com](https://stock.adobe.com)  
© AvigatorPhotographer – [gettyimages.com](https://www.gettyimages.com)  
© chungking – [stock.adobe.com](https://stock.adobe.com)  
© Kerrick – [gettyimages.com](https://www.gettyimages.com)  
© Matej Kastelic – [fotolia.com](https://www.fotolia.com)

