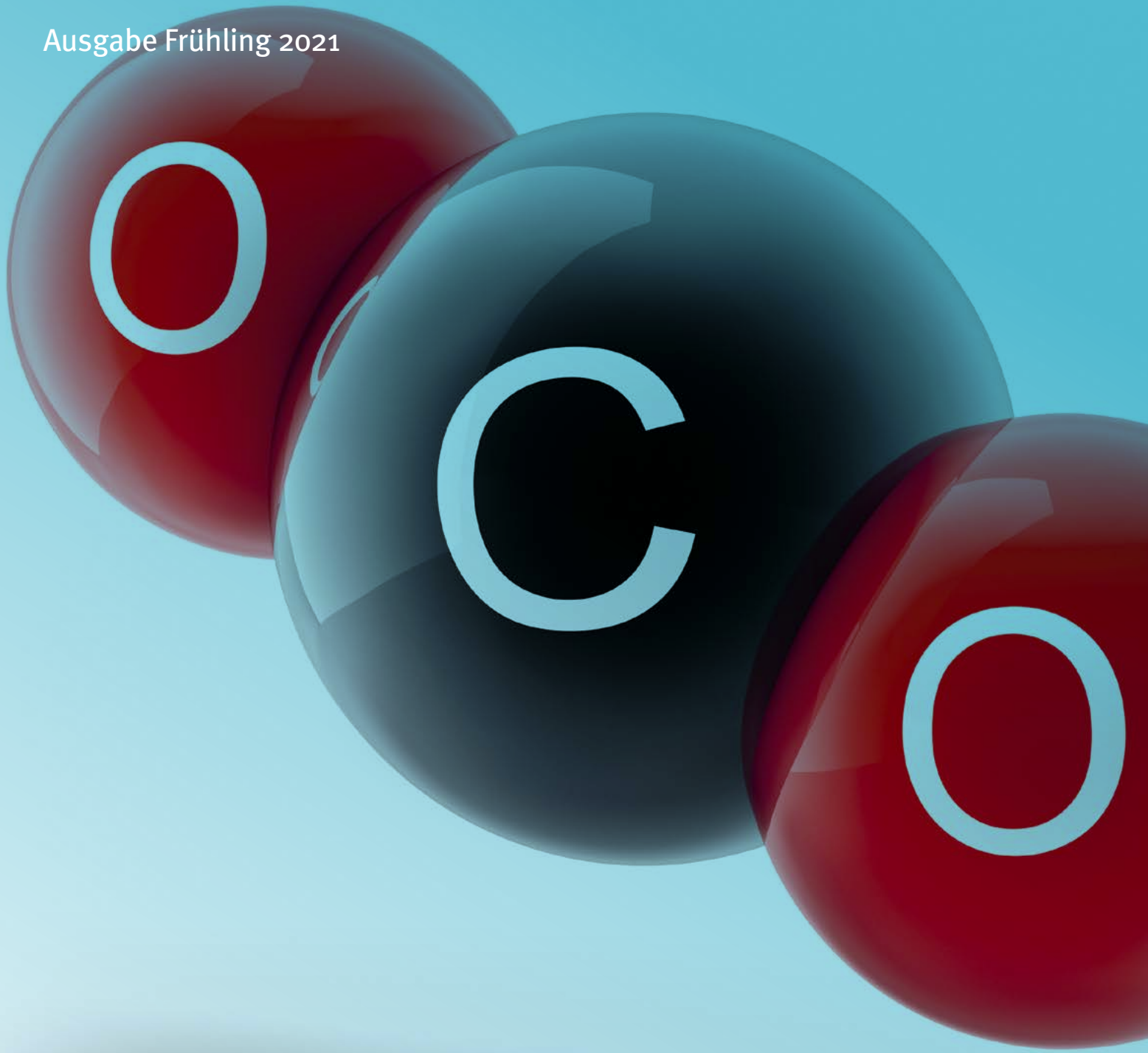


AVENUE

Ausgabe Frühling 2021



Kohlendioxid

Die Fakten zum Klimagas

«Privatwirtschaftliche Initiativen
für den Klimaschutz waren
in den vergangenen Jahren von
Erfolg gekrönt.»

Roland Bilanz
Geschäftsführer Avenergy Suisse

Kohlendioxid, also CO₂, ist derzeit in aller Leute Mund. Gemeint ist aber nicht die prickelnd-perlende Gaumenfreude an sich, sondern das angsteinflössende Drohwort. Die Rede ist vom Begriff, dem «Klimakiller» schlechthin, als der CO₂ aufgrund seiner Wirkung als Treibhausgas gehandelt wird. Seit Langem beherrscht CO₂ die umwelt- und energiepolitische Agenda. Während mehr als zweier Jahre waren die eidgenössischen Räte mit der Revision des CO₂-Gesetzes befasst, über das die Stimmbevölkerung am 13. Juni abstimmen kann. Teilweise wurde und wird mit harten Bandagen debattiert. Wunsch und Wirklichkeit, Ziele und Machbarkeit scheinen dabei oftmals etwas durcheinanderzugeraten. Dies gilt nicht nur für die Schweiz. Spätestens, seit sich die Staaten an der Klimakonferenz in Paris Ende 2015 auf einen klimapolitischen Fahrplan für die Zeit nach 2020 verständigt haben, steht die Richtung auch international und insbesondere in den Ländern Europas fest: Die CO₂-Emissionen müssen reduziert werden. Pardon: Sie sollen verschwinden.

Die Mineralölbranche beliefert die Welt mit dem nach wie vor unverzichtbaren fossilen Energieträger. Ob es nun konsequent oder paradox erscheint: Diese Branche beschäftigt sich intensiv mit der Aufgabe, die CO₂-Emissionen zu vermindern. Uns hat es deshalb gereizt, CO₂ gerade zum jetzigen Zeitpunkt zum Thema zu machen.

Wir wollen uns in der neusten Ausgabe der Avenue voll und ganz diesem scheinbar bekannten und doch für viele offensichtlich so geheimnisvoll wirkenden Stoff zuwenden. Wir erheben nicht den Anspruch, sensationelle Neuigkeiten zu verbreiten. Aber vielleicht gelingt es uns, einen Überblick zu geben, den man auch in einigen Monaten noch zu Rate ziehen möchte. Denn eines ist klar: Klimaschutz und CO₂ werden noch während vieler Jahre den politischen und gesellschaftlichen Diskurs bestimmen.

Einleitend möchten wir rekapitulieren, worum es bei CO₂ geht: Kohlendioxid ist nämlich weit mehr als nur ein «Treibhausgas», es ist der Ursprung allen organischen Lebens auf dem Planeten. Dass CO₂ sich wie Wasser in Kreisläufen bewegt und in Speichern lagert, ist relevant für die Lösung des Klimaproblems. Das Heft beleuchtet auch die Rolle anderer Treibhausgase. Wir gehen der Frage nach, wo die internationale Gemeinschaft und unser Land heute bei ihren Bestrebungen stehen, die CO₂-Emissionen und jene anderer Treibhausgase zu reduzieren. Und schliesslich zeigen wir verschiedene Initiativen der Wirtschaft und besonders betroffener Branchen und ihren Beitrag auf, den sie zu einer klimaverträglicheren Zukunft leisten können. Privatwirtschaftliche innovative Konzepte zur Emissionsreduktion waren in den vergangenen Jahren von Erfolg gekrönt; wir würden uns wünschen, dass dies weiterhin so bleibt.

Wir wünschen Ihnen trotz des ernsthaften Themas viel Vergnügen bei der Lektüre der Avenue.



Zwischen 1982 und 2009 haben die Grünflächen auf der Erde um 25 bis 50 Prozent zugenommen. Der Hauptgrund für die Begrünung der Erde ist die Zunahme des CO₂-Gehalts in der Luft.

Konzentration kann es sich darum in geschlossenen Räumen über dem Fussboden sammeln und den Sauerstoff verdrängen. Dies kann zum Erstickungstod führen, wie die tragischen Beispiele von Menschen zeigen, die sich nicht mehr aus eigener Kraft aus einer Güllegrube befreien können, nachdem sie hineingestürzt sind.

Wie alle Stoffe kann CO₂ jeden Aggregatzustand annehmen. Unter atmosphärischen Bedingungen ist es gasförmig. Bei Temperaturen unter minus 78,5 Grad Celsius liegt es in fester Form vor. Man spricht von Trockeneis. Bringt man dieses in eine Umgebung mit Zimmertemperatur, schmilzt es nicht, wie man dies beim Wasser kennt. Vielmehr geht es sogleich in den dampfförmigen Zustand über (Sublimation).

In der Unterhaltungsindustrie wird gerne auf diesen Effekt zurückgegriffen, denn aufgrund der Abkühlung bei der Sublimation kondensiert die umgebende Luftfeuchtigkeit zu einem Nebel – ein Trick, den Regisseure immer mal wieder gerne anwenden, um eine gespenstische Atmosphäre zu schaffen.

Eingelagerter und freier Kohlenstoff

Der grösste Teil des Kohlenstoffs ist in der Erde eingelagert. Beispiele sind Graphit oder Diamant, das härteste existierende Mineral. Der meiste Kohlenstoff ist in Form von anorganischem Karbonatgestein gelagert. Es handelt sich dabei um Dolomit und Kalk.

Deswegen ist die Zementherstellung, die auf der Grundlage von Kalkgestein beruht, immer mit CO₂-Emissionen verbunden. Allerdings ist es der entsprechenden Branche in den vergangenen Jahren mit verschiedenen Massnahmen gelungen, den Kohlendioxidausstoss bei der Produktion des unverzichtbaren Baustoffs deutlich zu reduzieren (vgl. Seiten 26–27).

Der Anteil CO₂ in der Luft liegt bei lediglich 0,04 Prozent – den grössten Anteil an atmosphärischen Gasen macht Stickstoff aus (78%), gefolgt von Sauerstoff (21%), Argon (1%) und weiteren sogenannten Spurengasen wie CO₂.

Ohne CO₂ kein Leben

Kohlenstoff bildet die Grundlage des Lebens, wie wir es kennen. Es bildet zum Beispiel für Bäume einen unverzichtbaren Baustoff. In der sogenannten Photosynthese produzieren die grünen Pflanzen nämlich nicht nur den für die

Menschen lebensnotwendigen Sauerstoff. Sie gewinnen dabei auch Kohlenstoff aus der Atmosphäre, der ihnen zum Zellaufbau dient, indem sie diesen in Glucose verwandeln. Diese ist als kohlenhydrathaltige Biomasse eine wichtige Basis für alle Organismen.

Den dafür benötigten Kohlenstoff beziehen die Pflanzen nicht etwa aus der Erde (aus dem Boden erhalten sie lediglich Wasser und Nährstoffe, z. B. Nitrat), sondern sie absorbieren das CO₂ aus der Luft. Daraus bilden die Pflanzen dann komplexe Kohlenstoffverbindungen.

Deswegen besteht trockenes Holz zu 50 Prozent aus Kohlenstoff, zu 43 Prozent aus Sauerstoff und zu 1 Prozent aus Stickstoff sowie weiteren Spurenelementen.

Weil in dem beschriebenen Prozess CO₂ aus der Luft entfernt wird, kann man die Grünpflanzen als eigentliche Kohlendioxidspeicher bezeichnen. Deswegen spricht man auch von sogenannten Kohlenstoffsinken. Werden Holz, Kohle oder auch Öl verbrannt, wird das CO₂ wieder freigesetzt und an die Atmosphäre abgegeben.

Der entsprechende Kreislauf bei der Verbrennung von Holz und von Öl ist vergleichbar. Allerdings sind die Zeithorizonte unterschiedlich. Während Holz innert Jahren nachwächst, ist Erdöl während Jahrillionen unter hohem Druck und grosser Hitze in den Tiefen der Erde entstanden.

Dank CO₂ wird die Erde grüner

Der Schluss liegt nahe, dass die Erde mit steigendem CO₂-Gehalt in der Atmosphäre grüner wird. Ob dies zutrifft, erforschte ein Team der Chinese Academy of Sciences in Peking. Ihre Arbeit und deren Publikation in der Zeitschrift «Nature» unter dem Titel «Greening of the earth and its drivers – Nature Climate Change» im Jahr 2016 unterstützt diese Annahme. Demnach haben die Grünflächen zwischen 1982 und 2009 um 25 bis 50 Prozent zugenommen.

Die Untersuchungsergebnisse basieren auf Auswertungen von Satellitenaufnahmen. Laut den Modellrechnungen ist der erhöhte CO₂-Anteil zu rund 70 Prozent ausschlaggebend für die Begrünung des Planeten. Weitere Faktoren seien die Düngungsanstrengungen in der Landwirtschaft sowie das allgemein wärmere Klima.

Diese Unterscheidung der Wachstumsfaktoren CO₂-Düngung und Wärmeeffekt sollten in den Klimamodellen Eingang finden. Dies findet derzeit nicht statt.

Was ist CO₂?

Unsichtbar, farblos, geruchslos, ungiftig – und lebensnotwendig.

Kaum ein Tag vergeht, an dem CO₂ nicht in den Schlagzeilen ist. Viele halten es für schädlich, ja sogar für giftig. Das liegt nicht zuletzt daran, dass die Zeitungsartikel und Fernsehberichte oftmals mit rauchenden Kaminen und dicken Abgaswolken bebildert werden. Dieses Bild entspricht aber keineswegs den Tatsachen.

CO₂ ist ein unsichtbares, farbloses, geruchsloses und ungiftiges Gas. Beim Molekül handelt es sich um eine gerade Kette mit einer Doppelbindung. Es besteht aus zwei Tei-

len Sauerstoff und einem Teil Kohlenstoff zwischen den Sauerstoffatomen. Das Gas ist in Wasser gut löslich. Das CO₂ bindet sich mit dem Wasser (H₂O) zu Kohlensäure (H₂CO₃). Öffnet man beispielsweise eine Flasche Mineralwasser, entweicht das Gas. Deswegen sprudelt das Getränk.

Da es sich bei Kohlendioxid um ein unbrennbares Gas handelt, kommt es auch in Feuerlöschern zum Einsatz. Gänzlich ungefährlich ist es jedoch nicht, denn die relative Dichte von CO₂ beträgt gegenüber der Luft 1,52. In hoher

6 Der Kohlenstoffkreislauf der Erde

Das System «Erde» wird als geschlossenes System betrachtet, in dem der Gesamtgehalt an Kohlenstoffdioxid (CO₂) konstant ist.

Der Kohlenstoffkreislauf besteht aus vier Teilsystemen: **Atmosphäre, Hydrosphäre, Biosphäre, Lithosphäre**. Jedes dieser Teilsysteme bildet einen **Kohlenstoffspeicher**. Zwischen den Speichern bzw. Teilsystemen gibt es einen ständigen **Austausch von Kohlenstoffdioxid**. Dies, wenn kohlenstoffhaltige Verbindungen durch chemische, physikalische, geologische und biologische Prozesse umgewandelt werden. Das Wissen über den Kohlenstoffkreislauf ermöglicht es unter anderem, die Eingriffe des Menschen in das Klima und damit ihre Auswirkungen auf die globale Erwärmung abzuschätzen und auch angemessen darauf zu reagieren.

Die Atmosphäre der Erde ist die **gasförmige Hülle der Erdoberfläche** und eine der sogenannten **Erdsphären**. Sie hat einen hohen Anteil an Stickstoff und Sauerstoff und somit oxidierende Verhältnisse.

Atmosphäre

CO₂-Speicher
829 Gt

Seit Millionen von Jahren besteht ein dynamisches Gleichgewicht zwischen dem **Kohlenstoff in der Luft** (atmosphärisches CO₂) und demjenigen **in der Biosphäre**. Pflanzen verwenden das atmosphärische CO₂ dazu, mithilfe von Sonnenlicht körpereigene Substanz aufzubauen.

78 Gt/a

80 Gt/a

9 Gt/a

123 Gt/a

120 Gt/a

Hydrosphäre

CO₂-Speicher
40600 Gt

Die Hydrosphäre umfasst die **Gesamtheit des Wassers der Erde**. Dazu werden auch die Polkappen, Eisschilde und Gletscher gezählt. Das im Eis eingeschlossene Kohlenstoffdioxid nimmt nicht an den schnellen Austauschprozessen mit der Atmosphäre teil.

Im Gegensatz zur Atmosphäre und Lithosphäre formen die Gewässer der Hydrosphäre nirgends eine einheitliche und erdumspannende Schale. Sie wird an sehr vielen Stellen von Inseln durchbrochen und von Kontinenten eingegrenzt.

Industrie,
Haushalte,
Verkehr

Beim Verbrennen **fossiler Stoffe** werden **Kohlenwasserstoffe in den Kohlenstoffkreislauf eingebracht**, die diesem **vor Jahrmillionen verloren gingen**. Das dynamische Gleichgewicht zwischen dem atmosphärischen und dem organischen Kohlenstoff hat sich über eine enorm lange Zeit an diese Situation angepasst. **Als Konsequenz des rasch wieder eingebrachten Kohlenstoffs** reichert sich das Treibhausgas CO₂ immer mehr in der Atmosphäre an, was zur **globalen Erwärmung** beiträgt.

Erdöl

Lithosphäre

CO₂-Speicher
4800 Gt

Die Lithosphäre umfasst die **Erdkruste und den äussersten Teil des Erdmantels**. In ihr befinden sich die Erdöl-Reserven.

Im Boden befindet sich mindestens die vierfache Menge Kohlenstoff wie in der Atmosphäre.

Biosphäre

CO₂-Speicher
520 Gt

Die Biosphäre bezeichnet hier die **Gesamtheit aller Räume, in denen Lebewesen vorkommen**. Sie reicht ungefähr von 5 km unter der Erdoberfläche bis 60 km über die Erdoberfläche. Ihre äusseren Bereiche in der Tiefe und in der Höhe werden ausschliesslich von Mikroorganismen bewohnt.

Eine Entwicklung von Leben auf Kohlenstoffbasis ist deshalb nur möglich, wenn sich die Lebewesen die globalen Kohlenstoffkreisläufe zunutze machen und selbst wieder einen geschlossenen Kohlenstoffkreislauf erzeugen.

Der in der **Biomasse gespeicherte Kohlenstoff wird innerhalb einer gewissen Zeit als Kohlenstoffdioxid wieder der Atmosphäre zugeführt**. Das geschieht auf verschiedene Arten: Wenn eine Pflanze oder ein Tier stirbt, oxidiert das kohlenstoffhaltige Material zu CO₂. Beim Essen, z. B. einem Apfel, wird von uns der darin enthaltene Traubenzucker veratmet, was ebenfalls Kohlenstoffdioxid erzeugt.

Gt = Gigatonnen (Milliarden Tonnen)
Gt/a = Milliarden Tonnen pro Jahr

So entsteht der Treibhauseffekt

Infrarotstrahlung versetzt das CO_2 -Molekül in Schwingung. Die stärkere Schwingung wird als höhere Temperatur wahrgenommen – als Treibhauseffekt. So banal dies klingt: Es gibt keine einfache Ursache-Wirkungs-Kette im Klimasystem.

Alle klimarelevanten Stoffe und Gase – dazu gehört neben dem bekannten CO_2 auch der im Rahmen der Klimadebatte kaum je genannte Wasserdampf – verfügen über die Eigenschaft, dass sie die kurzwellige Sonnenstrahlung relativ ungehindert passieren lassen, die von der Erde reflektierte langwellige Strahlung aber teilweise absorbieren.

Kohlendioxid zum Beispiel absorbiert elektromagnetische Strahlung im Infrarotbereich. Dies führt zu einer Schwingung, die als höhere Temperatur wahrgenommen wird. Diesen Effekt hat Joseph Fourier bereits 1824 entdeckt. Eine quantitative Beschreibung nahm Svante Arrhenius im Jahr 1896 vor.

Ohne diesen wärmenden Effekt durch natürlicherweise vorkommende Treibhausgase wäre das Leben auf der Erde kaum möglich, denn der Treibhauseffekt ist verantwortlich dafür, dass die Mitteltemperatur in Bodennähe bei rund 15 Grad Celsius liegt.

Gäbe es keine Treibhausgase, läge die Temperatur bei minus 18 Grad Celsius.

Messgrösse des IPCC: der Strahlungsantrieb

Während also der natürliche Treibhauseffekt lebensnotwendig ist, gilt der menschgemachte Anteil an der Erderwärmung als schädlich. Der Klimabericht «Climate Change 2013: The Physical Science Basis» des IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen) wertet den Einfluss nach dem Prinzip des «radiative forcing», des Strahlungsantriebs. Es handelt sich um ein Mass für die Energiebilanz der Erde durch externe Faktoren und wird in Watt/m^2 gemessen. Der IPCC hat den Begriff selber eingeführt, um den Einfluss externer Faktoren auf das Klimasystem der Erde zu beschreiben.

Die Modelle berücksichtigen allerdings nicht das klimadominierende

Treibhausgas, den Wasserdampf. «Welche Auswirkung die Zunahme der atmosphärischen Treibhausgaskonzentrationen auf das Klima hat, ist nicht so einfach zu beantworten», schreibt das deutsche Umweltbundesamt (UBA) auf seiner Internetseite. Es gebe schlichtweg keine einfachen Ursache-Wirkungs-Ketten im Klimasystem.

Deswegen habe die Änderung eines Parameters wie der Strahlung die Änderung vieler Parameter, z. B. Temperatur, Luftdruck, Verdunstung und Bewölkung zur Folge. Darüber hinaus komme es auch noch zu positiven und negativen Rückkopplungen, also zu Verstärkungen und Abschwächungen der Wirkungen von Prozessen.

Wie die Untersuchung vergangener Klimaentwicklungen ergeben hat, waren die Schwankungen der globalen Durchschnittstemperaturen bereits in früheren Zeiten teils erheblich. Sie reichen über Jahrtausende von 9 Grad Celsius bis 16 Grad Celsius. Als Ursache massgebend sind laut UBA Veränderungen geostrophischer Parameter (zum Beispiel Solarkonstante, Erdbahnelemente), die Veränderungen der Erdoberfläche (Kontinentaldrift, Änderung der Landnutzung) und Veränderungen des Stoffhaushalts der Atmosphäre (Gehalt an Treibhausgasen und kleinen, schwebenden Teilchen, den Aerosolen).

Ausser der Variation geostrophischer Parameter können die Veränderungen sowohl natürliche Ursachen haben – zum Beispiel Vulkanismus – als auch anthropogener Natur sein, also durch den Menschen verursacht.

Gäbe es keine Treibhausgase, läge die Temperatur bei minus 18 Grad Celsius statt bei den heute durchschnittlichen plus 15 Grad Celsius.

CO₂ & Co – die Familie der Treibhausgase

Kohlendioxid ist nur eines von zahlreichen klimarelevanten Gasen. Methan, Lachgas und Fluorkohlenwasserstoffe sind zwar seltener, dafür aber um ein Vielfaches klimawirksamer als CO₂.

Obschon CO₂ bei Weitem nicht das einzige Treibhausgas ist, dreht sich der öffentliche Diskurs im Rahmen der Klimadebatte fast ausschliesslich um dieses Gas. Es wird nämlich allgemein davon ausgegangen, dass rund 50 Prozent des anthropogenen, also durch den Menschen verursachten Klimawandels dem CO₂ zuzuschreiben ist.

Das deutsche Umweltbundesamt (UBA) ist diesbezüglich differenzierter. Auf ihrer Internetseite listet die 1974 gegründete zentrale Umweltbehörde Deutschlands verschiedene Treibhausgase auf. Die Konzentrationen hätten seit 1750 in der gesamten Atmosphäre zugenommen, schreibt das UBA: «So stiegen die Konzentrationen von Kohlendioxid (CO₂) bis zum Jahr 2005 um über 35 Prozent, die des Methans (CH₄) um 148 Prozent und die des Distickstoffmonoxids (N₂O) um 18 Prozent weltweit gegenüber den Werten vorindustrieller Zeiten.» Die Gründe seien vielfältig.

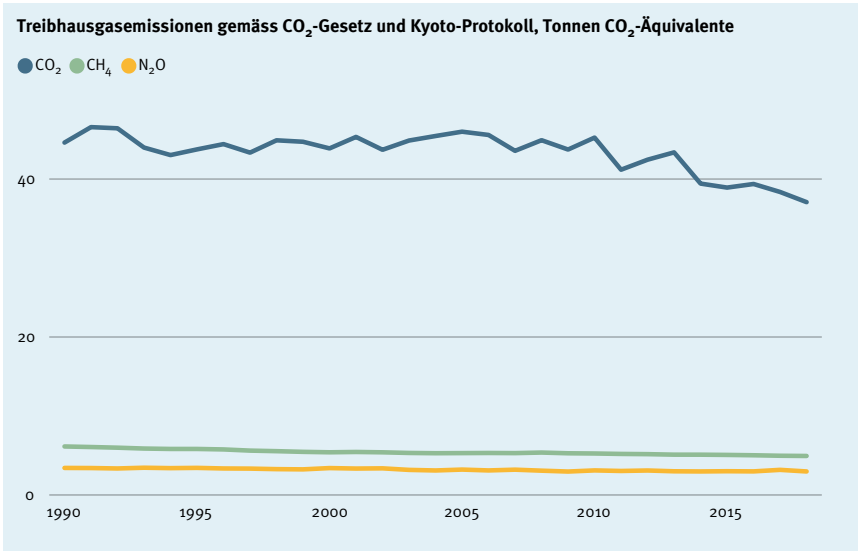
Neben der Verbrennung fossiler Energieträger nennt der Bericht die Ausweitung der industriellen Produktion, Änderungen bei der Landnutzung und die Ausweitung der Viehwirtschaft. «Auch völlig neue Stoffe

wie Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW), Halone (enthalten Bromatome im Molekül), vollfluorierte Kohlenwasserstoffe (FKW), teilfluorierte Kohlenwasserstoffe (H-FKW) und Schwefelhexafluorid (SF₆), die fast ausschliesslich durch den Menschen erzeugt werden, gelangen in die Atmosphäre», heisst es in dem Bericht.

Ungeachtet der Tatsache, dass CO₂ bei Weitem nicht das einzige Treib-

hausgas ist – und es in der Schweiz an Bedeutung verliert –, existieren in der Schweiz für Methan- und Lachgasemissionen, die gemäss Bundesamt für Umwelt (BAFU) «zu einem grossen Teil in der Landwirtschaft anfallen», bis heute keine verbindlichen Absenkpfade. Auch Sanktionsregimes gibt es nicht.

Gemäss Treibhausgasinventar sind die CO₂-Emissionen zwischen 1990



Die anthropogenen Treibhausgasemissionen der Schweiz nehmen ab. Absolut in Millionen Tonnen CO₂eq pro Jahr.

Die Treibhausgase in der Übersicht

Treibhausgas	Ursprung	Konzentration in der Atmosphäre	Treibhauswirkung
Wasserdampf H ₂ O	Natürlich	variabel	Verantwortlich für ca. 60% des gesamten (= anthropogenen plus natürlichen) Treibhauseffekts
Kohlendioxid CO ₂	Natürlich und anthropogen	400 ppm Verweildauer mehrere 100 Jahre	CO ₂ trägt rund die Hälfte zum anthropogenen Treibhauseffekt bei. Standard = 1
Methan CH ₄	Natürlich (anaerober Abbau organischen Materials, auftauende Permafrostböden) und anthropogen (Mülldeponien, Klärwerke, fossile Gasförderung)	1,8 ppm Verweildauer 12 Jahre; wird zu CO ₂ abgebaut	Ca. 25-fache Wirkung des CO ₂ , trägt ca. 15–20% zum anthropogenen Treibhauseffekt bei
Lachgas N ₂ O	Vor allem anthropogen (Stickstoffdüngung, Massentierhaltung)	0,3 ppm	Ca. 365-fache Wirkung von CO ₂ , trägt ca. 5% zum anthropogenen Treibhauseffekt bei
F-Gase (FKW, FCKW, NF ₃ , SF ₆)	Anthropogen (Kühlmittel, Treibsubstanz in Spraydosen, Dämmstoffe, Feuerlöschmittel, Reinigungsmittel)	FCKW zum Schutz der Ozonschicht zum Teil stark eingeschränkt oder verboten	100 bis 24 000 höher als CO ₂ , tragen ca. 17% zum anthropogenen Treibhauseffekt bei

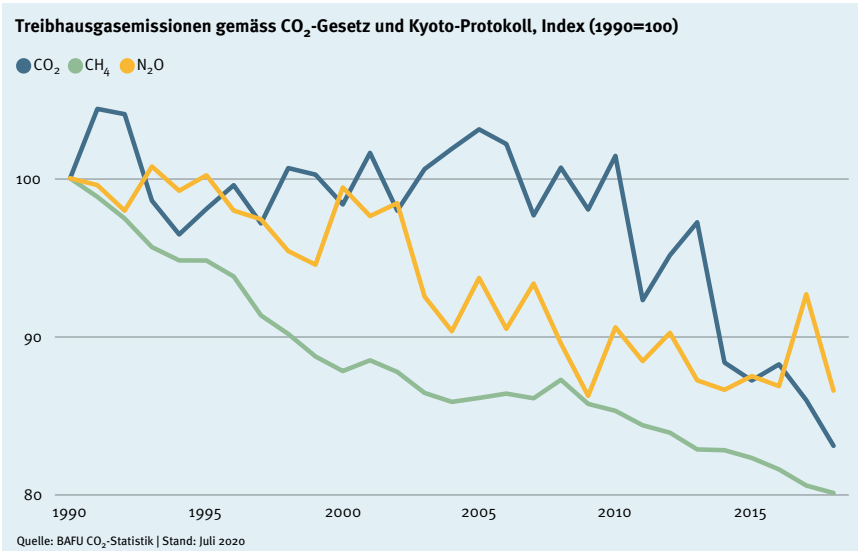
und 2018 um 17 Prozent zurückgegangen, von 44,5 auf 37 Mio. Tonnen. Der Anteil an den Treibhausgasemissionen blieb bei rund 82,7 Prozent konstant. Methanemissionen (CH₄) sind um 20 Prozent auf 4,8 Mio. Tonnen CO₂eq gefallen, Lachgasemissionen (N₂O) um 13 Prozent auf 2,9 Mio. Tonnen.

Stark zugenommen haben hingegen die Emissionen von syntheti-

schen Gasen («F-Gase»): Fluorkohlenwasserstoffe (HFC) und perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFC), die vor allem als Kältemittel und in Schaumstoffen zur Wärmedämmung genutzt werden sowie Stickstofftrifluorid (NF₃) und Schwefelhexafluorid (SF₆). Bei Letzterem handelt es sich um ein hochwirksames Treibhausgas mit einem globalen Erwärmungspotenzial von 22 800 –

das bedeutet, dass 1 kg SF₆ gleich klimawirksam wie 22,8 Tonnen CO₂ ist. NF₃ und SF₆ kommen z. B. bei der Herstellung von Solarzellen zum Einsatz. Diese Emissionen haben sich zwischen 1990 und 2008 versiebenfacht und machen mit 1,7 Mio. Tonnen CO₂eq inzwischen 3,7 Prozent der Gesamtemissionen aus. Anders als in der EU, die anerkennt, dass F-Gase über eine starke Treibhausgaswirkung verfügen, «die bis zu 23 000 mal grösser sein kann als die von Kohlendioxid,» und dass F-Gas-Emissionen stark zunehmen, gibt es in der Schweiz keine umfassende F-Gas-Verordnung, sondern lediglich eine SF₆-Branchenvereinbarung.

CO₂-Äquivalenz standardisiert den Einfluss aufs Klima
Über die Klimawirksamkeit der verschiedenen Treibhausgase gibt die sogenannte CO₂-Äquivalenz Auskunft. Die Klimawirksamkeit von Kohlendioxid wird dabei mit der Ziffer 1 bezeichnet, die anderen Treibhausgase werden zu CO₂ in Bezug gesetzt. Die Emissionsangaben erfolgen in der Regel in CO₂-Äquivalenten, abgekürzt CO₂eq.



Quelle: BAFU CO₂-Statistik | Stand: Juli 2020

«Paris»: Verheissung, Versprechen, Baustelle

Wie verbindlich ist das Übereinkommen, was bedeutet «Paris» konkret? Welche Fortschritte wurden erzielt? Die vorläufige Bilanz sieht ernüchternd aus.

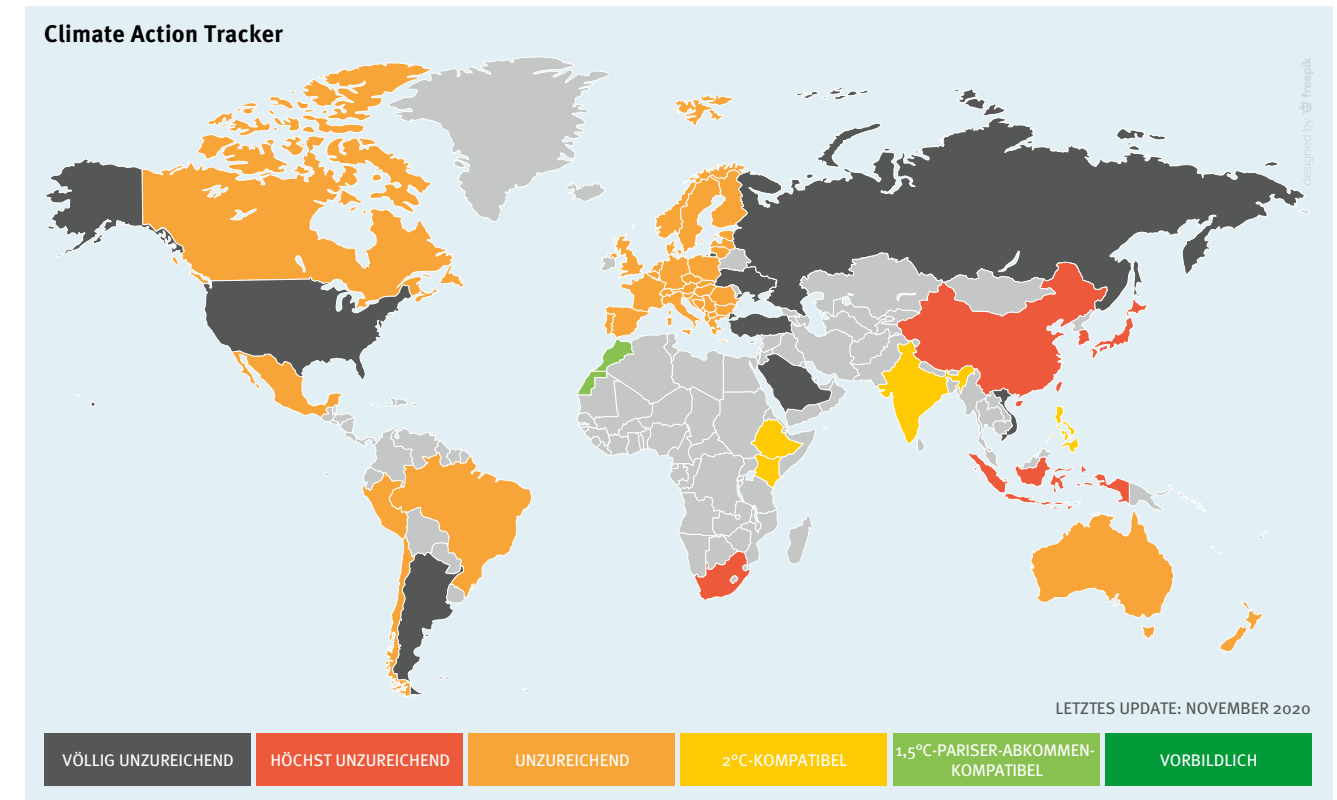
Die Klimaerwärmung muss begrenzt werden. Die durchschnittliche globale Erwärmung soll deutlich unter 2 Grad liegen, angestrebt werden 1,5 Grad. Darauf haben sich die Teilnehmenden an der Klimakonferenz in Paris Ende 2015 im Rahmen eines klimapolitischen Fahrplans für die Zeit nach 2020 verständigt. Seit der 2017 erfolgten Ratifizierung werden die von der Schweiz abgegebenen Versprechen von vielen politischen Entscheidungsträgern und vor allem von Umweltschutzorganisationen als strikt einzuhaltende Verpflichtung betrachtet.

Die bisherigen Ergebnisse sind desillusionierend. So wurden gemäss dem Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung 2018 weltweit 37 887 Millionen Tonnen anthropogenes CO₂ emittiert. Zu den Ländern mit den höchsten Emissionen gehören nebst China mit 11 256 Millionen Tonnen und 29,7% der weltweiten Emissionen, die USA (5275, 13,9%), Indien (2622, 6,9%), Russland (1748, 4,6%), Japan (1199, 3,1%) sowie Deutschland (753, 2,0%). Die CO₂-Emissionen der Schweiz hingegen lagen gerade mal bei knapp 37 Millionen Tonnen. Das liegt also im Bereich von einem Tausendstel der weltweiten Emissionen. Auch pro Kopf wurde 2018 mit 4,36 Tonnen deutlich weniger CO₂ emittiert als z. B. in Deutschland. Dort haben die Pro-Kopf-Emissionen mit 9,15 Tonnen mehr als das Doppelte des Wertes in der Schweiz betragen.

Vor diesem Hintergrund bedeutet «Paris» in erster Linie eine Verheissung, wonach die Treibhausgasemissionen ge-

senkt werden könnten, wenn dazu nur der politische Wille besteht – kombiniert mit entsprechenden staatlichen Eingriffen. Das Abkommen stellt auch in Aussicht, dass sich Investitionen in den Klimaschutz nicht erst in ferner Zukunft rechnen und dass die Dekarbonisierung in Industriestaaten den Wohlstand wahrt und den Entwicklungs- und Schwellenländern ein nachhaltiges Wachstum ermöglicht.

«Paris» ist zwar ein Schritt
in die angestrebte
Richtung. Das Abkommen
bringt aber nicht den
erhofften grossen Sprung.



Kein Industrieland befindet sich auf dem Zwei-Grad-Pfad.
Quelle: climateactiontracker.org

Die Realität sieht bei diesem Ansatz, der erhebliche staatliche Eingriffe in die freie Marktwirtschaft bedingt, freilich nicht ganz so rosig aus. Ob mit dem Abkommen von Paris die Versprechen eingelöst werden können, ist unklar. Erste Schätzungen zeigen, dass die neusten Reduktionsziele die Klimaerwärmung bis 2100 von rund 2,9 Grad auf 2,5 Grad limitieren könnten – unter Berücksichtigung der unverbindlichen Netto-Null-Ziele vielleicht sogar auf 2,1 Grad. Ohne jegliche Massnahmen würde die Temperatur um rund 4,4 Grad steigen, wird prognostiziert – man spricht vom sogenannten Baseline-Szenario. Angesichts dieser Szenarien ist «Paris» zwar ein Schritt in die angestrebte Richtung. Das Abkommen bringt aber nicht den erhofften grosse Sprung.

Aus solchen Prognosen ziehen die Verfechter des staatlichen Ansatzes von «Paris» zwei Lektionen. Erstens: Verantwortungsbewusste Staaten müssten noch ambitionierter werden, denn zurzeit haben nur gerade 75 der 197 Vertragsparteien ihre verbindlichen Reduktionsziele im Rahmen des Updates der Nationally Determined Contributions (NDC) von 2020 verschärft. Der Vertrag schreibt vor, dass alle fünf Jahre verschärfte Ziele bestimmt werden müssen. Derzeit befindet sich kein Industriestaat auf einem Pfad, der die Erwärmung auf unter 2 Grad begrenzt. Zweitens: Mehr Staaten müssten mehr Verantwortung übernehmen. Denn Fakt ist: Neben China und Indonesien steuern selbst Schwergewichte der OECD (Organisation für wirtschaftliche Zusammenar-

beit und Entwicklung), z. B. Japan und Südkorea, in Richtung 3–4 Grad. Regionalmächte wie die Türkei, Russland oder Saudi-Arabien halten gar einen Kurs, der auf eine Erwärmung von mehr als 4 Grad hinausläuft.

Viele offene Fragen

Ob mit dem planwirtschaftlich dominierten Ansatz von «Paris» die angestrebten Klimaziele erreicht werden können, darf angesichts solcher Realitäten zumindest hinterfragt werden. Ebenso offen bleibt die Antwort auf die Frage, wie zielführend die Planspiele überhaupt sind.

Wie schwer es Klimapolitikern fällt, ihre etatistischen und protektionistischen Reflexe in Schach zu halten, zeigen die Verhandlungen. Grundsätzlich sind sich die Vertragsparteien zwar einig, dass der internationale Handel mit Emissionsreduktionsleistungen entsprechende Investitionen auch dorthin lenken soll, wo sie das globale Klima am stärksten entlasten. Aber bis heute bleibt unklar, in welcher Form mit Marktmechanismen der globale Wettbewerb um kosteneffiziente Reduktionsleistungen konkret vorangetrieben werden soll. An der nächsten Klimawandelkonferenz der Vereinten Nationen (COP26) in Glasgow wird sich weisen, ob sich die Vertragsstaaten darauf festlegen können, wie Reduktionsleistungen definiert, überprüft und verbucht werden – oder ob sie wie bisher den wirksamen Klimaschutz zugunsten grosser, aber letztlich für das Klima unwirksamer politischer Gesten opfern wollen.

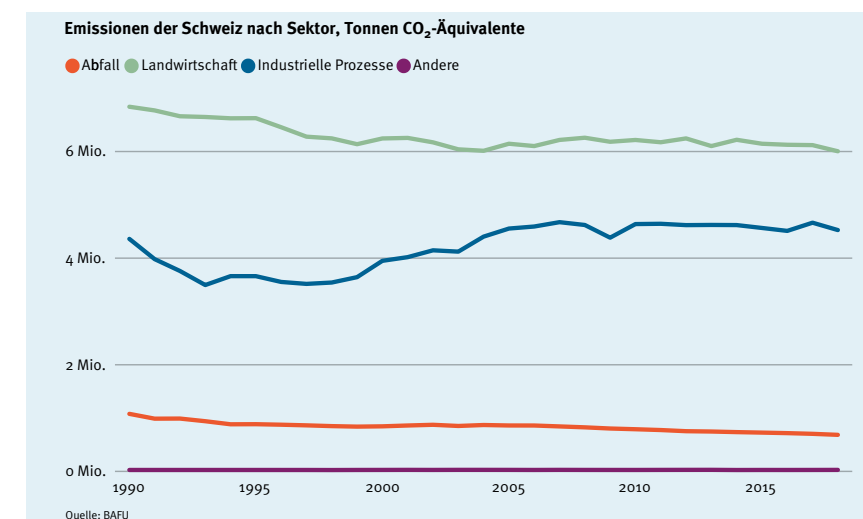
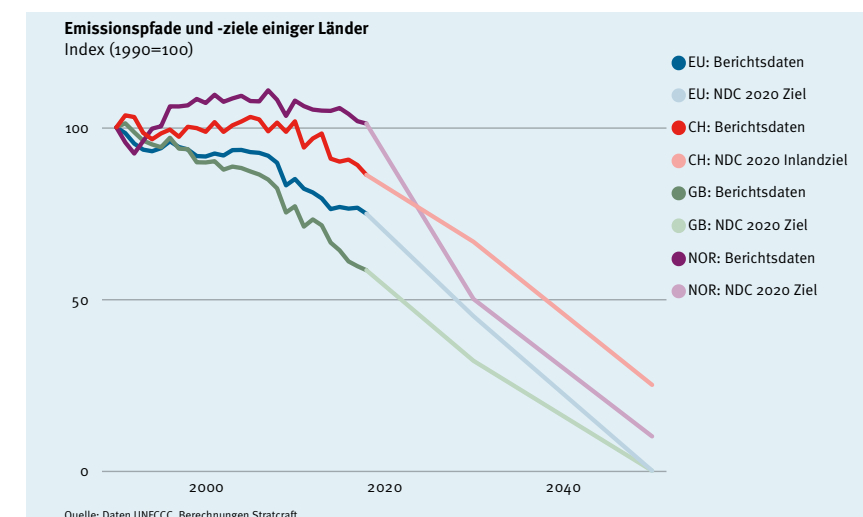
Die Schweiz steht besser da, als viele wahrhaben wollen

«Die Schweiz tut zu wenig für den Klimaschutz, das Land müsste härtere Massnahmen im Kampf gegen den Klimawandel ergreifen.» Solche und ähnliche Aussagen werden in der Klimadebatte unablässig kolportiert. Doch sie entsprechen keineswegs den Fakten.

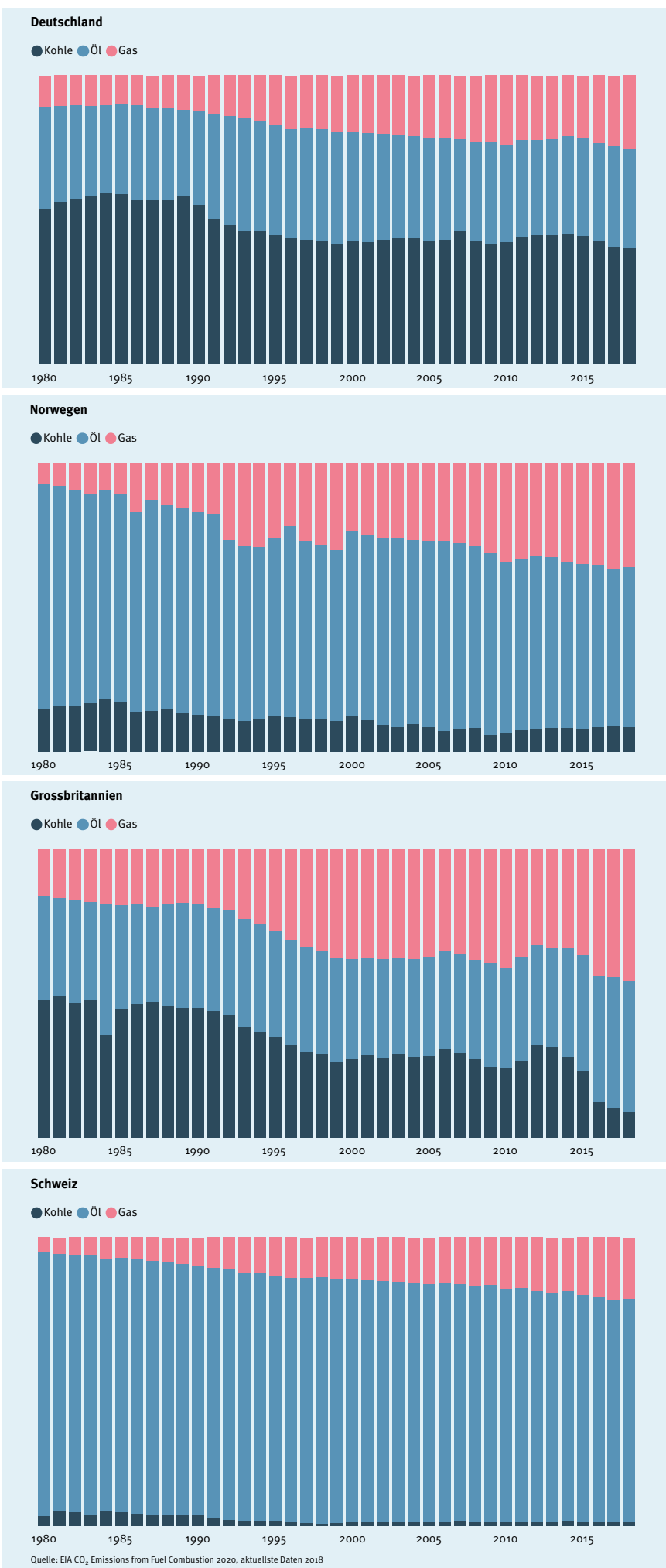
Die Schweiz hat sich in ihren ersten Nationally Determined Contributions (NDC) dazu verpflichtet, die 1990 gemessenen Emissionen von rund 54 Mio. Tonnen CO₂eq bis 2030 zu halbieren. Mit dieser Reduktion um 50 Prozent ging der Bundesrat deutlich weiter als andere «Vorbildstaaten» wie Norwegen und die EU-Länder, welche eine Senkung um 40 Prozent bis 2030 anstreben. Auch die USA – damals noch unter Präsident Barack Obama – wollten sich lediglich auf eine Senkung um 14 Prozent bis 2025 festlegen.

Zwar gibt es einzelne «Vorzeigestaaten», z. B. Grossbritannien, die ihre energiebezogenen Emissionen pro Kopf etwas rascher senken als die Schweiz. Doch hier lag der Ausstoss zuvor eben auch auf deutlich höherem Niveau. Absolut betrachtet liegt die Schweiz weit vor den meisten anderen ambitionierten Industriestaaten.

In der Zwischenzeit hat die EU ihr Reduktionsziel bis 2030 verschärft und will 55 Prozent weniger klimarelevante Emissionen ausstossen. Grossbritannien will neu 68 Prozent weniger ausstossen. Norwegen bleibt vorerst bei der ursprünglich angestrebten Reduktion von 40 Prozent. Die Schweiz hält neu an «mindestens» 50 Prozent fest. Doch statt den Handel



Anteile der Energieträger an den Emissionen einiger Länder



mit Reduktionsleistungen zu verteidigen, will sie den Anteil der Auslandskompensationen von den zuvor angekündigten 40 Prozent auf höchstens 25 Prozent beschränken. Damit wirkt das Inlandziel der Schweiz gegenüber den anderen Staaten zwar ambitionierter. Aber auf das Klima hat diese Verschärfung freilich keinen Einfluss – auf die Kosten der Reduktionsmassnahmen indes sehr wohl. Diese steigen überproportional an. Oder anders gesagt: Mit dem gleichen Geldbetrag könnte die Schweiz im Ausland einen erheblich grösseren Beitrag zum Klimaschutz leisten als im Inland.

Nun aber muss die Schweiz ihre jährlichen Emissionen in den kommenden zehn Jahren von 46 Mio. Tonnen CO₂eq im Jahr 2018 auf höchstens 27 Mio. Tonnen reduzieren und alle vier Jahren so viel CO₂ eliminieren, wie sie bereits in den vergangenen 30 Jahren eingespart hat. Der Beitrag, den die Haushalte und die Wirtschaft ans Inlandziel leisten müssen, hat sich verdreifacht. In den kommenden zehn Jahren müssen nicht wie ursprünglich vereinbart 3 Mio., sondern 10 Mio. Tonnen CO₂eq eingespart werden. Das ist mehr, als in den vergangenen 30 Jahren mit Auslandskompensationen von 3–4 Mio. Tonnen zu realisieren war.

Herkulesaufgabe

Dass dies angesichts der bereits erzielten Fortschritte im Inland eine Herkulesaufgabe wird, zeigt ein Vergleich mit dem Ausland. Anders als in der Schweiz wird in Europa der Strom noch zu einem beträchtlichen Teil aus der Verbrennung von Kohle gewonnen. In Norwegen sind es 8,7 Prozent, in Grossbritannien – dem erfolgreichsten Europäischen Dekarbonisierer – sind es 9 Prozent. In der EU kommt Polen auf 63,8 Prozent, der «Energiewendevorzeigestaat» Deutschland auf 40,3 Prozent. Selbst das aufgrund seiner zahlreichen Kernkraftwerke als CO₂-arm geltende Frankreich kommt noch auf 12,8 Prozent Kohlestrom.

Damit verfügen all diese Staaten über ein grosses Potenzial, ihren CO₂-Ausstoss zu reduzieren – ganz einfach, indem sie wie Deutschland damit beginnen, ihre Stromproduktion von der Kohle wegzuverlagern. Solche Möglichkeiten stehen der Schweiz nicht zur Verfügung. Sie hat ihre Hausaufgaben im Bereich CO₂-Vermeidung im

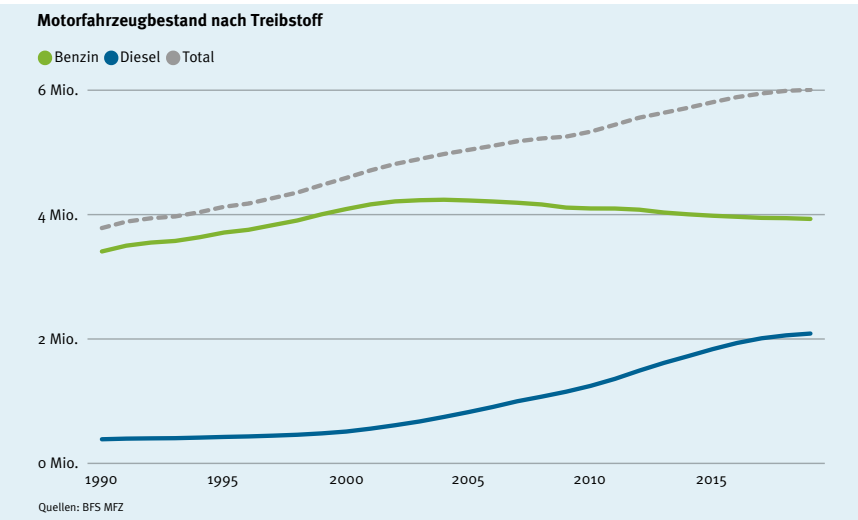
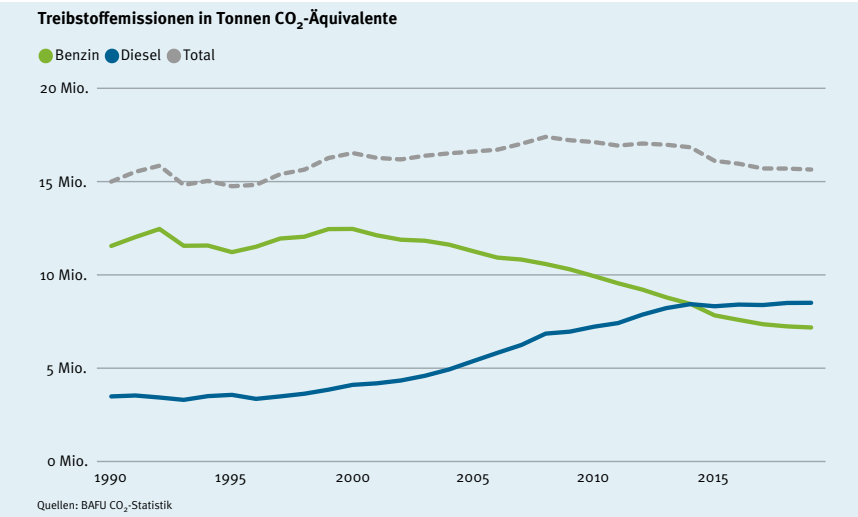
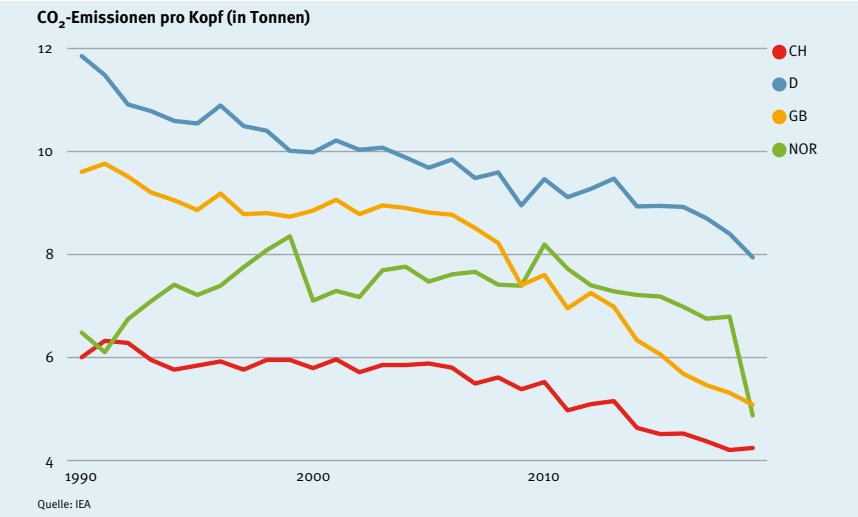
Inland bereits gemacht. Für unser Land bieten sich daher Auslandskompensationen als zielführende Variante an.

Aus opportunistischen Gründen gehen die Politiker hierzulande aber den entgegengesetzten Weg: Statt die raren finanziellen Mittel dort einzusetzen, wo sie dem Klima am meisten bringen, wollen sie die hiesige Wirtschaft umbauen und der Bevölkerung

zusätzliche Opfer abverlangen. Dies, obschon sich seit 1990 die CO₂-Emissionen z. B. durch Ölheizungen in der Schweiz praktisch halbiert haben.

Die CO₂-Bilanz des Verkehrs ist deutlich besser als behauptet

Auch bei den Treibstoffen geht die Richtung klar in Richtung CO₂-Reduktion. Zwar ist der Ausstoss vergleichbar mit jenem von 1990 und liegt bei



rund 15 Mio. Tonnen pro Jahr. Aber damals zählte die Schweiz auch noch keine 8 Millionen Einwohnerinnen und Einwohner. Zudem hat der Motorfahrzeugbestand seither um gegen 60 Prozent auf 6 Mio. Fahrzeuge zugenommen.

Während 1990 pro 1000 Einwohner 447 Personenwagen und 74 Nutzfahrzeuge gezählt wurden, waren es 2019 bereits 539 Personenwagen und 92 Nutzfahrzeuge. Lag die Verkehrsleistung 1990 im privaten Personenverkehr noch bei rund 77 Milliarden Kilometern, waren es 2019 laut Strasseschweiz rund 103 Milliarden Kilometer. Mehr Menschen legen mit mehr Autos mehr Kilometer zurück. Und dennoch bleibt der CO₂-Ausstoss praktisch stabil. Wie ist dies möglich? Die Antwort ist Forschung und Entwicklung.

Grosse Verbesserung dank technischem Fortschritt

Aufgrund des technischen Fortschritts sind die Emissionen pro Fahrzeug zwischen 1990 und 2018 durchschnittlich um ein Drittel gefallen. Bei Benzinern – hauptsächlich Personenwagen und Motorräder – um 46 Prozent, bei den dieselbetriebenen Personenwagen und Nutzfahrzeugen um 56 Prozent.

Noch eindrücklicher sind die absoluten Zahlen: Die durchschnittlichen jährlichen CO₂-Emissionen sind pro Fahrzeug von 4 auf 2,6 Tonnen gefallen, bei Benzinern von 3,4 auf 1,8 Tonnen und bei Dieselfahrzeugen von 9,2 auf 4,1 Tonnen. Laut Strasseschweiz sanken die Treibhausgasemissionen pro 1000 gefahrene Kilometer von 0,291 Tonnen im Jahr 1990 auf 0,215 Tonnen CO₂-Äquivalent.

Die verbesserte Motorentechnik verbunden mit den modernen Treibstoffen, welche bereits heute im Durchschnitt rund 5 Prozent biogene und damit CO₂-neutrale Anteile enthalten, machte diesen Erfolg in Bezug auf die Reduktion des CO₂-Ausstosses möglich. Auch hier gilt: Die Schweiz hat ihre Hausaufgaben gemacht. Sie befindet sich auf dem Zielerreichungspfad. Die Aussage, wonach das Land sich beim Klimaschutz nur ungenügend engagiere, hält dem Faktencheck nicht stand.

Erfolgsrezept in Bedrängnis

Seit 2013 besteht für die Mineralölbranche die gesetzliche Pflicht, einen Teil des durch Treibstoffe verursachten CO₂-Ausstosses mit Projekten im Inland zu kompensieren. Die Stiftung Klimaschutz und CO₂-Kompensation (KliK) übernimmt diese Verpflichtung von praktisch allen kompensationspflichtigen Unternehmen. Ein Rückblick auf die Periode 2013 bis 2020 zeigt: Aufgabe erfüllt.

Von den rund 114 Millionen Tonnen CO₂, die zwischen 2013 und 2019 durch die Nutzung fossiler Treibstoffe ausgestossen wurden, hat die Kompensationsgemeinschaft KliK exakt die vom Bund verfügbaren 4 763 330 Tonnen kompensiert, was im Durchschnitt 4,2 Prozent entspricht. Das aktuell geltende und das revidierte CO₂-Gesetz sehen vor, die Kompensationsverpflichtung laufend zu erhöhen. Betrug sie im Jahr 2013 noch 2 Prozent, beläuft sie sich im laufenden Jahr auf 12 Prozent des ausgestossenen CO₂. Um das stets anspruchsvollere Kompensationsziel zu erreichen, finanziert die Stiftung hunderte von Klimaschutzprojekten, die alle vom Bund bewilligt werden müssen. Die damit verbundenen Transaktionskosten werden ebenfalls durch KliK getragen.

Holzbauten und Biosprit

Die von der Stiftung unterstützten Projekte sind in vier sogenannte Plattformen aufgeteilt: «Verkehr», «Unternehmen», «Gebäude» und «Landwirtschaft». Im Bereich «Verkehr» werden beispielsweise Programme zur vermehrten Verbreitung von Biotreibstoffen und zur Beschaffung von Hybrid- und Elektrobusen gefördert. Seit 2013 hat der Anteil der biogenen Anteile in Benzin und Diesel dank dieses Fördermechanismus stets zugenommen. Die CO₂-Einsparungen im Jahr 2019 beliefen sich allein dank dieser Massnahme auf rund 600 000 Tonnen. Ähnlich erfolgreich erweist sich die von KliK geförderte vermehrte Nutzung von Schweizer Holz

durch die Schweizer Holzindustrie. Verbautes Holz – also beispielsweise das Ferienchalet – wird vom Bund gestützt auf das CO₂-Gesetz als CO₂-Senke anerkannt.

Steigende Verpflichtung, steigende Kosten

Insgesamt flossen laut Angaben der Stiftung rund 390 Millionen Franken direkt an Projekte für die erbrachte Leistung an Treibhausgasreduktionen. Als Preis für eine Tonne CO₂ ergeben sich somit knapp 84 Franken. Finanziert werden die Projekte durch die Autofahrer. «Legt man die Kosten auf

Insgesamt flossen rund
390 Millionen Franken
direkt an Projekte zur
Treibhausgasreduktion.

Ob die Stiftung KliK die Kompensationspflicht auch in den beiden Jahren 2020 und 2021 wird erfüllen können, ist noch offen.

die im Zeitraum 2013 bis 2019 abgesetzten fossilen Treibstoffe um, so bezahlten die Konsumenten nicht ganz einen Rappen pro Liter», rechnet KliK-Geschäftsführer Marco Berg vor. Gesetzlich zulässig gewesen wären Kompensationskosten von 5 Rappen pro Liter. Mit dem neuen CO₂-Gesetz, über welches die Stimmbürger am 13. Juni abstimmen kann, könnten die Kompensationskosten auf 10 und später 12 Rappen pro Liter erhöht werden. Laut Marco Berg wird es notwendig sein, diesen Deckel zumindest anfänglich auszu-schöpfen, beträgt doch die Kompensationsverpflichtung bereits 2022 mindestens 15 Prozent und ab 2025 mindestens 20 Prozent. Zusätzlich müssen unter dem neuen CO₂-Gesetz auch Kompensationsprojekte im Ausland finanziert werden.

Zukunft des Kompensationsmechanismus ungewiss

Ob die Stiftung KliK die Kompensationspflicht auch in den beiden Jahren 2020 und 2021 erfüllen können wird, ist noch offen. Die 2020 erzielten Emissionsreduktionen müssen laut Marco Berg erst noch verifiziert werden. Er schätzt, dass die

Reduktionsverpflichtung von 10 Prozent in Reichweite liegt, allerdings nur wegen des pandemiebedingt gesunkenen Treibstoffverbrauchs. Ungemach droht dem Kompensationsmechanismus allerdings im laufenden Jahr: Das geltende «Übergangs-CO₂-Gesetz» bringt für Treibstoffimporteure eine erhebliche Verschärfung mit sich, welche die Erfüllung der Kompensationspflicht 2021 nahezu unerreichbar macht. Selbst der Bund, der diese Ziele steckt, geht davon aus, dass sie nicht erreicht werden können: In den Erläuterungen zur aktuell geltenden CO₂-Verordnung schreibt das Bundesamt für Umwelt: «Die Erhöhung des Kompensationssatzes verstärkt [...] die Wahrscheinlichkeit von Sanktionen». Gemäss Schätzung von KliK könnten die Sanktionszahlungen, die in die allgemeine Bundeskasse fliessen, allein für das Jahr 2021 zwischen 50 und 70 Millionen Franken betragen. Es ist bedenklich, wenn der Regulator Auflagen macht, die Rahmenbedingungen zu deren Erfüllung aber gleichzeitig so setzt, dass die Vorgaben mit der allergrössten Wahrscheinlichkeit nicht eingehalten werden können. Fairness sieht anders aus.

Klimarappen mit Langzeitwirkung

Die Vorläuferorganisation von KliK ist die Stiftung Klimarappen, eine freiwillige Massnahme der Schweizer Wirtschaft für den Klimaschutz. Zwischen dem 1. Oktober 2005 und dem 31. August 2012 wurden 1,5 Rappen pro Liter Benzin und Diesel erhoben. In einer Vereinbarung mit dem Bund hatte sich die Stiftung verpflichtet, die CO₂-Emissionen in der Periode 2008 bis 2012 um mindestens 1,8 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr zu vermindern. Pro Jahr standen der Stiftung rund 100 Millionen Franken für Energieprojekte im In- und Ausland zur Verfügung. Für jährlich maximal 1,6 Millionen Tonnen CO₂ konnten ausländische CO₂-Zertifikate nach den Grundsätzen des Kyoto-Protokolls hinzugekauft werden. Der Klimarappen entpuppte sich in der Folge als Erfolgsmodell. Er übertraf das Ziel deutlich und trug allein mindestens die Hälfte der nötigen Reduktionen zum Erreichen des Kyoto-Ziels der Schweiz bei. In der Schweiz hat die Stiftung Klimarappen 2,7 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente im Wert von über 400 Millionen Franken reduziert; im Ausland wurden per Ende März 2014 über 16 Millionen Emissionsminderungszertifikate im Wert von 240 Millionen Franken erworben.

Im November 2013 bestätigte der Bund offiziell, dass die Stiftung ihre Aufgabe erfüllt hat. Dank des verbleibenden Stiftungs-

vermögens sollte der Klimarappen aber noch weitere Jahre seine Wirkung entfalten. So beispielsweise im Februar 2020, als publik wurde, dass der Schweizer Industriesektor seit 1990 jährlich rund 600 000 Tonnen CO₂-Äquivalente mehr produzierte, als die 4 Millionen Tonnen, die das Bundesamt für Umwelt im Treibhausgasinventar auswies. Damit geriet die klimapolitische Vorbildfunktion der Schweiz ins Wanken. Um das Ziel des Kyoto-Protokolls dennoch zu erreichen, beauftragte der Bund die Stiftung Klimarappen, ausländische Zertifikate im Umfang von 5 Millionen Tonnen CO₂ zu erwerben und auf den Bund zu übertragen. Insgesamt wird die Stiftung dem Bund zur Erfüllung von Kyoto II Zertifikate im Umfang von bis zu 20 Millionen Tonnen übertragen. Autofahrer tragen damit wesentlich zur Gesichtswahrung der Schweizer Klimapolitik bei.

Mit dem Inkrafttreten des revidierten CO₂-Gesetzes am 1. Januar 2013 war die Phase der Freiwilligkeit in der schweizerischen Klimapolitik allerdings beendet. Neu wurden die Inverkehrbringer fossiler Treibstoffe gesetzlich verpflichtet, einen Teil der mit der Nutzung der Treibstoffe einhergehenden CO₂-Emissionen zu kompensieren, und zwar ausschliesslich mit Massnahmen im Inland – es war die Geburtsstunde der Stiftung KliK.

Energie-Agentur der Wirtschaft

Das Modell der Zielvereinbarungen funktioniert

Im Jahr 2001 gründeten Verbände der Schweizer Wirtschaft, darunter die damalige Erdöl-Vereinigung, die Energie-Agentur der Wirtschaft (EnAW) zur Erfüllung der Umwelt- und Klimaziele nach Kyoto I. Die EnAW ist Umsetzungspartnerin für Unternehmen im Bereich des Energie-Managements. Die mehr als 100 Beraterinnen und Berater der EnAW erarbeiten mit den Unternehmen Zielvereinbarungen und zeigen auf, mit welchen Massnahmen das Ziel zu erreichen ist. Auch nach Abschluss der Zielvereinbarung ist die EnAW für die Unternehmen da und begleitet sie: Mit ihren Monitoring-Tools überprüft sie, ob die Zielvereinbarung eingehalten wird oder ob zusätzliche Effizienz-Massnahmen notwendig sind.

In den 20 Jahren ihres Bestehens haben sich viele grössere Unternehmen und zunehmend auch KMU als Teilnehmer der EnAW dazu verpflichtet, ihre Energieeffizienz mit Investitionen in Massnahmen zu steigern und ihren CO₂-Ausstoss zu reduzieren. Dank dieser Leistungen wurde das 20-Prozent-Reduktionsziel der Wirtschaft 2020 erreicht. Unternehmen, die die vereinbarten Ziele erreichen, können im Gegenzug die CO₂-Abgabe bzw. den Netzzuschlag (KEV) zurückfordern und erfüllen gleichzeitig die kantonalen Energiegesetze.

Wichtig für den Erfolg der EnAW ist das Vertrauen zwischen der Agentur und den Unternehmen. Schliesslich liefern die Unternehmen vertrauliche

Betriebsdaten an die EnAW, die als unabhängige Intermediärin zwischen Bund und Wirtschaft operiert. Der Präsident der EnAW, Rudolf Minsch, zeigt sich überzeugt, dass viele Unternehmen eher zurückhaltend wären, ihre Datenflüsse offenzulegen, wenn der Staat diese direkt einfordern würde.

Ein weiterer Erfolgsfaktor liegt zumindest bis anhin darin, dass die Unternehmen CO₂-Reduktionen, die über das gesetzte Ziel in der Zielvereinbarung hinausgehen, verkaufen können. Das revidierte CO₂-Gesetz würde dies nicht mehr zulassen. Nicht-wirtschaftliche Massnahmen, die über das vereinbarte Ziel hinaus erreichte Reduktionsleistungen erbringen, könnten jedoch im Rahmen von Kompensationsprogrammen und -projekten bescheinigt und anschliessend verkauft werden.

Rund 4000 Teilnehmerfirmen aus Industrie und Dienstleistungen setzten 2019 mit über 2400 Zielvereinbarungen ihre Klimaschutz- und Energieeffizienzmassnahmen mit der EnAW um. Damit wurden alleine in jenem Jahr durch die Massnahmen, die Unternehmen von 2013 bis 2019 umsetzen, kumuliert über 600 000 Tonnen CO₂ eingespart. Zum Vergleich: Das entspricht etwa den Einsparungen, die 2019 im Strassenverkehr durch den Einsatz von Biotreibstoffen erzielt wurde (siehe Seite 18). Die EnAW zieht einen eindrücklichen Vergleich: Die eingesparte Menge entspricht dem CO₂-Ausstoss von 192 175 Flügen von Zürich nach Neuseeland und zurück! Die CO₂-Intensität* der Unternehmen sank zwischen 2012 und

*Die CO₂-Intensität drückt das Verhältnis zwischen den Emissionen und der Summe der Emissionen und Einsparungen aus.



«Unsere Teilnehmer können sich darauf verlassen, dass wir die ökonomische und ökologische Seite im Energiemanagement optimal verbinden.»

Dr. Jacqueline Jakob
Geschäftsführerin der EnAW



Die Schweizer Salinen in Riburg versorgen eine Gourmetshrimps-Produktion mit überschüssiger Energie und Salz. Der Salzproduzent zählt in Sachen Energiemanagement auf die Zusammenarbeit mit der EnAW.

2019 um 13,4 Prozent und damit deutlich stärker als die ursprünglich erwarteten 5,6 Prozent. Zudem haben die EnAW-Teilnehmer mit den seit 2013 umgesetzten Massnahmen 2019 über 3,5 TWh Energie eingespart. Damit wurde auch bei der Energieeffizienz das ursprünglich mit dem Bund gesteckte Ziel deutlich übertroffen.

Avenue sprach mit der Geschäftsführerin der EnAW, Dr. Jacqueline Jakob:

Avenue: Die EnAW ist das Vorbild, aber unterdessen nicht mehr die einzige Organisation, die Zielvereinbarungen mit den Unternehmen umsetzt. Was sind die Stärken der EnAW?

Jacqueline Jakob: Die EnAW ist seit zwanzig Jahren bei den Unternehmen als Partner von der Wirtschaft für die Wirtschaft etabliert. Über unsere Trägerorganisationen haben wir einen guten Draht in alle Wirtschaftszweige in der ganzen Schweiz. Das ist gut, reicht

aber nicht. Wesentlich sind die langjährigen und auf Vertrauen bauenden Beziehungen, die unsere schweizweit 100 Beraterinnen und Berater mit den Unternehmen pflegen. Ihr technisches Know-how, ihre Detailkenntnis der gesetzlichen Bestimmungen und ihr tiefes Verständnis für die individuellen betrieblichen Gegebenheiten – darin steckt unsere zentrale Stärke. Unsere Teilnehmer können sich darauf verlassen, dass wir die ökonomische und ökologische Seite im Energiemanagement optimal verbinden. Die Unternehmen schätzen ausserdem den Austausch in den Energie-Modellgruppen, weil sie dort voneinander lernen.

Was bedeutet das revidierte CO₂-Gesetz für die EnAW hinsichtlich des erwarteten Zusatzaufwandes? Wie wird sich die EnAW aufstellen, um diesen zu bewältigen?

Mit dem neuen CO₂-Gesetz können dank der Intervention unserer Trägerverbände alle Unternehmen eine Ziel-

vereinbarung abschliessen. Wie viele das machen werden, hängt vom administrativen Aufwand und den Transaktionskosten ab. Aus unserer Praxiserfahrung rechnen wir mit bis zu 2000 Abschlüssen. Dafür sind wir mit unseren Beraterinnen und Beratern, unseren unkomplizierten Prozessen und hohen Qualitätsansprüchen hervorragend aufgestellt. Wir freuen uns darauf, die Unternehmen bei der Implementation und Umsetzung der Zielvereinbarung zu begleiten.

Vorstandsmitglieder der EnAW beklagen die stete Zunahme des administrativen Aufwands seit Bestehen der Agentur. Wie manifestiert sich dieser im Alltag der EnAW und der angeschlossenen Unternehmen?

Von der Wirtschaft für die Wirtschaft ist und bleibt unser Credo. Wir stehen im Dienste der Unternehmen und für optimale individuelle Lösungen bei der Umsetzung der Zielvereinbarung. Dabei werden wir die administrativen Prozesse für die Unternehmen so gering wie möglich halten. Schliesslich sollen sich die Unternehmen auf ihr Kerngeschäft konzentrieren können.

Sie führen die EnAW nun seit über zwei Jahren. Wie beurteilen Sie die Zusammenarbeit mit den Behörden? Wo besteht Handlungsbedarf?

Bis 2030 bzw. 2050 gibt es sehr viel zu tun. Die EnAW ist sehr gut aufgestellt und die EnAW-Crew topmotiviert, mit den Unternehmen die Umwelt- und Klimaziele der Wirtschaft anzupacken und zu erreichen. Darauf freue ich mich! Für die Zusammenarbeit mit den Behörden wünsche ich mir eine starke Public-Private-Partnership, in der wir Probleme und Herausforderungen gemeinsam angehen. Ich möchte eine Win-win-win-Situation für die Unternehmen, die Behörden und – ganz wichtig – die Umwelt.



CO₂: Zurück an seinen Ursprung

Eingebettet in die malerische Landschaft des Juras und seine sanften Hügelketten liegt das Felslabor Mont Terri in St-Ursanne. Hier finden wichtige Grundlagenforschungen statt. Ziel ist es, dass überschüssiges CO₂ dereinst in grossem Stil im Boden gelagert werden kann.

Wenn Christophe Nussbaum vom Bundesamt für Topografie (Swisstopo), der Direktor des Mont Terri Projekts, über die aktuell laufenden Experimente im Felslabor auf dem Gebiet der Gemeinde St-Ursanne spricht, funkeln seine Augen. «In Norwegen deponiert man CO₂ schon seit rund 20 Jahren in der Erde. Dort wird das CO₂ weit weg vor der Küste im Gebiet ehemaliger Erdölbohrlöcher gelagert.» Man spricht in diesem Zusammen-

hang von CCS (Carbon Capture and Storage) – im Gegensatz zum CCU (Carbon Capture and Utilisation), bei dem das CO₂ nutzbar gemacht wird, z. B. zur Produktion von synthetischen Treibstoffen (siehe Seite 25). Die Forscherinnen und Forscher in St-Ursanne könnten sich eine CCS-Lagerung ähnlich wie in Norwegen in Zukunft auch für das Mittelland vorstellen. Das CO₂ soll also zurück an seinen Ursprung gelangen: in den Boden.

Um herauszufinden, wie sich der Untergrund durch derartige Einlagerungen verhält, führen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Schweizerischen Erdbebendienstes an der ETH Zürich und des Swiss Competence Centers for Energy Research – Supply of Electricity (SCCER-SoE) im Jura ein Experiment durch, für das sie mit dem Departement Maschinenbau und Verfahrenstechnik und dem Institut für Geophysik der ETH Zürich sowie der Swisstopo und der EPFL zusammenarbeiten. Das im Felslabor Mont Terri durchgeführte Experiment ist Teil des ELEGANCY-Projekts, welches von der EU-Kommission und dem Bundesamt für Energie finanziert wird.

«Wir untersuchen unter anderem die Auswirkung von CO₂-Einlagerungen auf das seismische Verhalten des Gesteins», erläutert Christophe Nussbaum. Für ihn steht fest: Eine spannende Option zur Verminderung der CO₂-Belastung besteht darin, das Gas direkt aus der industriellen Produktion oder aus der Atmosphäre abzuscheiden und dauerhaft im Untergrund zu speichern. «Die Herausforderung besteht darin, das abgeschiedene CO₂ während Jahrhunderten sicher zu lagern.»

Untersucht werden laut Christophe Nussbaum im Wesentlichen drei mögliche Gefahren: «Erstens, ist die Deckschicht aus Opalinuston allenfalls zu wenig dicht?» Dies sei wenig wahrscheinlich. «Zweitens: Wie verhält es



«Die Herausforderung besteht darin, das abgeschiedene CO₂ während Jahrhunderten sicher zu lagern.»

Christophe Nussbaum
Direktor Mont Terri

sich mit verlassenen Bohrungen? Sind sie undicht? Besteht das Risiko von Durchflüssen nach oben?» Schliesslich werde auch untersucht, wie sich der Untergrund an den Bruchzonen der einzelnen Gesteinsschichten verhält. Es geht unter anderem um die Frage, ob das Risiko besteht, dass das gelagerte CO₂ bei diesen Bruchzonen entweichen könnte. «Dies wäre nicht erwünscht. Zwar ist CO₂ per se nicht giftig. Aber in Kombination mit dem Grundwasser könnte es problematisch werden, weil es das Wasser sauer – und damit ungeniessbar – machen könnte», erläutert Christophe Nussbaum. Bei diesen Experimenten mit an Bord sind auch Unternehmen aus der Mineralölbranche, namentlich BP, Shell, Chevron und Total.

Die Wissenschaftler wollen nicht nur herausfinden, wie sich CO₂ in geklüftetem Fels bewegt und unter welchen Bedingungen induzierte Seismizität auftritt, sondern auch, wie ein solches Reservoir am besten überwacht werden kann. Um dies herauszufinden, injizieren sie geringe Mengen an mit CO₂-angereichertem Salzwasser in ein Bohrloch, das eine kleine Störzone durchstösst. Danach verfolgen sie die Stabilität des Felsens und beobachten, wie Scherverschiebungen, Porendruck und Fliesswege zusammenhängen. Aktive und passive seismische Sensoren

überwachen kleinste Veränderungen in der Nähe der Injektion und erfassen allfällig auftretende Mikroerdbeben. In den vorläufigen Tests wurden laut Christophe Nussbaum bisher keine derartigen Ereignisse aufgezeichnet. «Die Untersuchungen sind darum sehr vielversprechend», sagt der Direktor des Mont Terri Projekts.

Dass das Felslabor in St-Ursanne dereinst selbst als Lagerstätte für CO₂ verwendet wird, ist trotz aller Zuversicht aufgrund der Experimente ausgeschlossen: «Im Mont Terri werden niemals Endlagerungen vorgenommen – weder für radioaktive Abfälle, noch für CO₂», stellt Christophe Nussbaum klar. Es gehe hier lediglich um die entsprechende Forschung. Dass sich diese Region in den Jurahügeln für diese besonders gut eignet, hat einen einfachen Grund: «Im Jura sind die Gesteinsschichten durch die Jura-Faltung schräg geschichtet und geklüftet, im Mittelland dagegen subhorizontal geschichtet.» Darum seien im Jura die Bohrungen für die Forschung einfacher durchzuführen. Zudem bestehe mit dem parallel verlaufenden Autobahntunnel bereits ein einfacher Zugang zum frischen und ungestörten Fels. «Wir verwenden hier praktisch einen Nebenkanaal.»

Als Lagerstätten für CO₂ voraussichtlich geeigneter als die jurassischen

Hügel dürften dereinst eher Regionen im Mittelland sein, hält Christophe Nussbaum fest und führt zwei Argumente ins Feld: «Einerseits ist im Mittelland die Bodenbeschaffenheit aufgrund seiner subhorizontalen Schichtung ideal. Andererseits ist in diesem Landesteil der grösste Teil der CO₂-emittierenden Industrie in der Schweiz angesiedelt. Man könnte also das Kohlendioxid direkt dort lagern, wo ein grosser Teil davon freigesetzt wird.»

Anders als bei einem operationellen, grossen CO₂-Speicherungsprojekt geht es also beim Projekt im Mont Terri in erster Linie darum, die relevanten Prozesse mit kleinen Mengen an CO₂-angereichertem Salzwasser zu erforschen. «Die gewonnenen Erkenntnisse werden dazu beitragen, die relevanten Prozesse besser zu verstehen, welche die Einlagerung von CO₂ in grossem Stil auslösen können», sagt Christophe Nussbaum. Damit leiste das Experiment einen wertvollen Beitrag dazu, die notwendigen Voraussetzungen für allfällige künftige Standorte in der Schweiz zu definieren. «Wir sind hier so quasi ein mittlerer Massstab zwischen der Laborforschung und der industriellen Anwendung von CCS.»

Weltweit werden bereits rund zwanzig CO₂-Speicherprojekte betrieben. Jedes speichert pro Jahr bis zu drei Millionen Tonnen CO₂. Weitere CCS-Lagerstätten sind vorgesehen. In der Schweiz befindet sich derzeit allerdings noch kein konkretes Speicherprojekt in Planung.

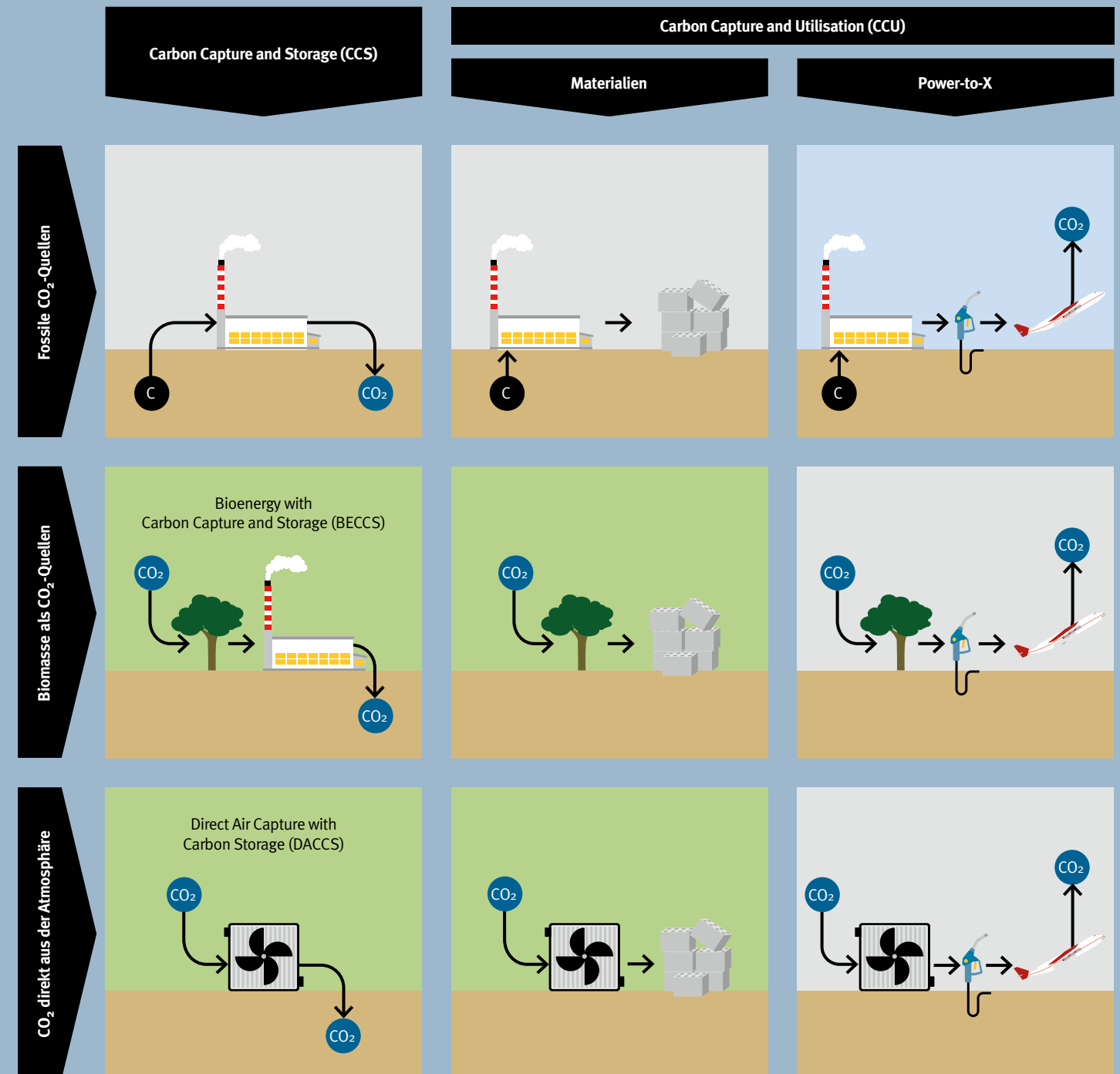
Christophe Nussbaum

Direktor Mont Terri

Ph.D. Christophe Nussbaum (Jg. 1971) leitet das Felslabor Mont Terri in St-Ursanne seit Anfang 2021 als Direktor. Zuvor führte er seit 2005 den Geschäftsbereich Forschung im Mont Terri Projekt, wo er bereits seit 2003 verschiedene Funktionen ausübte. Von 2000 bis 2003 arbeitete er als Ingenieurgeologe am Bau des Lötschberg-Basistunnels (NEAT-Alptransit) mit. Christophe Nussbaum ist Dozent für Bauingenieurwesen an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (EPFL) in Lausanne. Im Auftrag von Swisstopo arbeitet er als Experte für Strukturgeologie für das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) und die französische Nationale Agentur für die Verwaltung radioaktiver Abfälle (ANDRA).

CO₂ weiterverwenden oder lagern

CCU und CCS kurz erklärt: Durch technische Abspaltung kann der Anteil an Kohlendioxid in der Atmosphäre reduziert werden. Wenn das gewonnene CO₂ danach in der Erde gelagert wird, spricht man von CCS (Carbon Capture and Storage). Wird es hingegen weiterverwendet, z. B. zur Herstellung von Materialien oder synthetischen Treibstoffen (Power-to-X), spricht man von CCU (Carbon Capture and Utilisation). Je nach Methode resultieren negative Emissionen, Klimaneutralität oder CO₂-Emissionen, die trotz mehrfacher Nutzung nur einmal anfallen. Dadurch werden die fossilen Energieträger geschont.



Quelle: BAFU, adaptiert

CCU

Kohlenstoffdioxid-Abscheidung und deren Umwandlung in langlebige Materialien oder Zwischennutzung als Treibstoffe (Power-to-X).

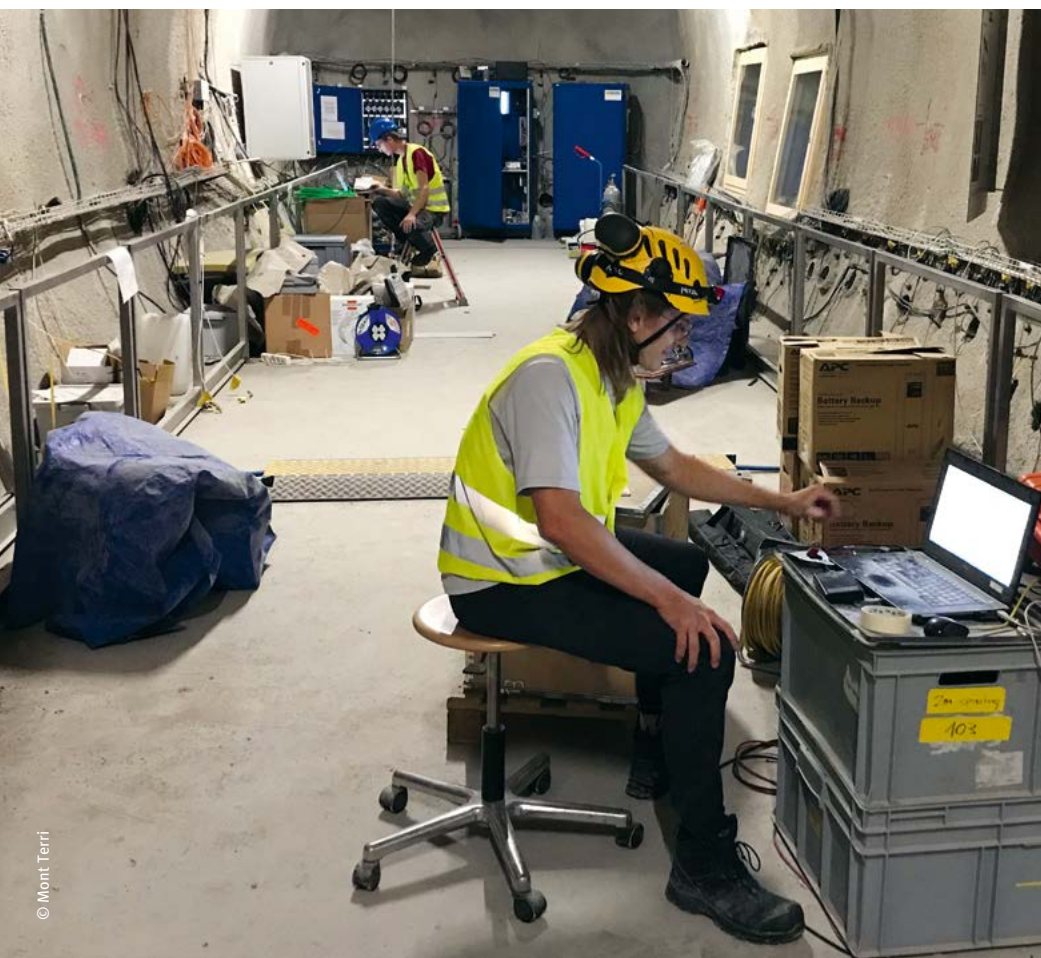
CCS

Kohlenstoffdioxid-Abscheidung und deren Einlagerung in unterirdische Lagerstätten.

Negative Emissionen

Klimaneutral

CO₂-Emission fällt nach mehrfacher Nutzung nur einmal an, fossile Quellen werden geschont



26 Klimaschutz: Die Lösungen der Zementbranche

«Die Zementindustrie ist auf dem Weg zu Netto-Null. Nebst bahnbrechenden Technologien sind auch weiterhin Anstrengungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette nötig», sagt Stefan Vannoni, Direktor von cemsuisse.



«Wenn wir in Richtung
synthetische Treib-
und Brennstoffe gehen
wollen, dürfen wir
nicht in Silos denken.»

Stefan Vannoni
Direktor cemsuisse

Herr Vannoni, die Zementindustrie verursacht starke CO₂-Emissionen – woran liegt das?

Stefan Vannoni: Bei der Zementherstellung entstehen die CO₂-Emissionen auf zwei Arten. Zum einen werden in 80 Meter langen Öfen während 11 Monaten pro Jahr 24 Stunden am Tag Temperaturen von rund 1450 Grad erzeugt. Der dafür notwendige Brennstoff erzeugt Emissionen. Diese Verbrennungsemissionen machen rund 40 Prozent der Emissionen der Zementindustrie aus. Der grössere Rest fällt an, wenn der Kalkstein in den Öfen zu Klinker wird, einem wichtigen Bestandteil von Zement. Bei der Klinkerherstellung wird das im Kalkstein gebundene CO₂ freigesetzt. Sowohl bei der Verbrennung als auch beim Klinker hat die Schweizer Zementindustrie in den vergangenen Jahren den CO₂-Ausstoss stark gesenkt. Seit 1990 wurden die CO₂-Emissionen aus fossilen Brennstoffen um mehr als zwei Drittel reduziert.

Wie wurde dies erreicht?

Während die Öfen früher mit Kohle beheizt wurden, ist man vor allem in den deutschsprachigen Ländern dazu übergegangen, vermehrt alternative Brennstoffe aus Abfallprodukten einzusetzen. Ich spreche von Lösungsmitteln aus der chemischen Industrie, Holzabfällen, Kunststoffen, Altfreifen oder auch Klärschlamm. Es handelt sich um Sonderabfälle, die einerseits über einen hohen Brennwert verfügen und andererseits fachgerecht zu entsorgen sind. Hier kommt unsere Branche ins Spiel. Heute beträgt der Anteil an primär fossilen Brennstoffen wie Kohle nur noch rund 30 Prozent. Wir könnten auch ganz auf diese primär fossilen Brennstoffe verzichten. Leider ist aber der Zugang zu solchen Abfallbrennstoffen in der Schweiz sehr hindernisreich. Das Potenzial dieser Verwertung wird in der Schweiz noch zu wenig erkannt und damit auch politisch zu wenig anerkannt. Doch technisch wäre der faktisch komplette Verzicht auf Kohle als Brennstoff machbar.

Mit welchen Massnahmen wurde der CO₂-Ausstoss in der Klinkerherstellung reduziert?

Bei der Umwandlung von Kalkstein in Klinker wird immer CO₂ freigesetzt. Das ist ein natürlicher Prozess. Er lässt sich bei der Produktion von Zement nicht verhindern. Darum haben wir den Anteil an Klinker im Zement – der Hauptbestandteil des Produkts – gesenkt. Das ist herausfordernd, denn die Qualität des Zements ist entscheidend für die Eigenschaften des daraus entstehenden Betons. Mit solchen Massnahmen und wichtigen weiteren Schritten werden wir als Branche das Ziel Netto-Null bezüglich CO₂-Emissionen erreichen können.

An welche weiteren Schritte denken Sie?

Zu nennen sind das sogenannte Carbon Capture & Utilisation, CCU, sowie das Carbon Capture & Storage, CCS. Während bei CCS das freiwerdende CO₂ wieder gebunden und in der Erde deponiert wird, geht es bei CCU darum, das freiwerdende CO₂ für industrielle Anwendungen nutzbar zu machen. Es kann beispielsweise zur Herstellung von synthetischen Treibstoffen verwendet werden.

Wo sehen Sie die Stolpersteine bei der Umsetzung?

Bei den energieintensiven Industrien besteht der grösste Hebel für die Erreichung des Netto-Null-Ziels. Für solche Umsetzungen sind jedoch bahnbrechende Technologien notwendig. Es sind zwingend Anstrengungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette nötig, wenn wir das Netto-Null-Ziel in der Klimapolitik erreichen wollen. Zudem fehlt es in unserer Gesellschaft oft an einer gesamtheitlichen Betrachtung. Das gilt auch in Bezug auf die Nachhaltigkeit. Viele Aspekte des Umweltschutzes werden einseitig dem Klimaschutz unterstellt. Notwendig wäre es aber, die Energie- und Umweltthemen zu verknüpfen und auch die Versorgungssicherheit zu berücksichtigen. Wenn wir im Energiebereich in Richtung synthetische Treib- und Brennstoffe gehen wollen, dürfen wir nicht in Silos denken. Sehen Sie: Die Zementindustrie muss eine Lösung für ihren CO₂-Ausstoss finden, die Mineralölbranche benötigt CO₂ zur Herstellung von Synfuels. Doch die Entwicklung solcher Technologien benötigt grosse Investitionen. Und die Unterstützung der Politik. Zusammen mit den energieintensiven Branchen lassen sich Probleme lösen. Konkret gilt es ferner, die öffentlichen Finanzmittel für den Klimaschutz effizient einzusetzen, wo man wirklich etwas erreichen kann. Fakt ist: Klimaschutz gibt es nicht zum Nulltarif. Fakt ist aber auch: Die Industrie ist Teil der Lösung.

Stefan Vannoni

Dr. Stefan Vannoni (Jg. 1976) ist seit 2017 Direktor von cemsuisse, dem Verband der Schweizerischen Zementindustrie. Zuvor arbeitete er als stv. Leiter Allgemeine Wirtschaftspolitik & Bildung und Stellvertreter des Chefökonomien beim Wirtschaftsdachverband economiesuisse. Der Volkswirtschaftler (Uni Basel) ist unter anderem Mitglied im Leitungsausschuss des Zentrums für Technologiefolgen-Abschätzung (TA-SWISS) und Präsident einer Wohnbaugenossenschaft. Mit seiner Familie wohnt er in Reinach, BL.





2 Editorial

«Privatwirtschaftliche Initiativen für den Klimaschutz waren in den vergangenen Jahren von Erfolg gekrönt.»

4 Was ist CO₂?

Unsichtbar, farblos, geruchslos, ungiftig – und lebensnotwendig.

8 So entsteht der Treibhauseffekt

Infrarotstrahlung versetzt das CO₂-Molekül in Schwingung. Die stärkere Schwingung wird als höhere Temperatur wahrgenommen – als Treibhauseffekt.

10 CO₂ & Co – die Familie der Treibhausgase

Kohlendioxid ist nur eines von zahlreichen klimarelevanten Gasen.



12 «Paris»: Verheissung, Versprechen, Baustelle

Wie verbindlich ist das Übereinkommen, was bedeutet «Paris» konkret? Welche Fortschritte wurden erzielt? Die vorläufige Bilanz sieht ernüchternd aus.

14 Die Schweiz steht besser da, als viele wahrhaben wollen

«Die Schweiz tut zu wenig für den Klimaschutz, das Land müsste härtere Massnahmen im Kampf gegen den Klimawandel ergreifen.» Solche und ähnliche Aussagen werden in der Klimadebatte unablässig kolportiert. Doch sie entsprechen keineswegs den Fakten.

18 Kompensation der Treibstoffemissionen: Erfolgsrezept in Bedrängnis

Seit 2013 besteht für die Mineralölbranche die gesetzliche Pflicht, einen Teil des durch Treibstoffe verursachten CO₂-Ausstosses mit Projekten im Inland zu kompensieren.



20 Energie-Agentur der Wirtschaft

Das Modell der Zielvereinbarungen funktioniert.

22 CO₂: Zurück an seinen Ursprung

Eingebettet in die malerische Landschaft des Juras und seine sanften Hügelketten liegt das Felslabor Mont Terri in St-Ursanne. Hier finden wichtige Grundlagenforschungen statt. Ziel ist es, dass überschüssiges CO₂ dereinst in grossem Stil im Boden gelagert werden kann.

26 «Klimaschutz: Die Lösungen der Zementbranche»

«Die Zementindustrie ist auf dem Weg zu Netto-Null. Nebst bahnbrechenden Technologien sind auch weiterhin Anstrengungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette nötig», sagt Stefan Vannoni, Direktor von cemsuisse.

Impressum

Auflage D 35 000 / F 15 000 | **Redaktion** Avenergy Suisse | **Autoren** Roland Bilang, Daniel Schindler

Bilder Avenergy Suisse, Cover: © peterschreiber.media/iStock | iStock | Swisstopo | Mont Terri | cemsuisse | **Grafiken** wapico AG

Gestaltung Avenergy Suisse | **Kontakt** Avenergy Suisse, Spitalgasse 5, 8001 Zürich | T 044 218 50 10, F 044 218 50 11 | info@avenergy.ch, www.avenergy.ch, [twitter @avenergysuisse](https://twitter.com/avenergysuisse) | Gedruckt auf FSC-zertifiziertem Papier