Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 111 (2020)
Heft: 10

Artikel: Klimawirksame Kennzahlen
Autor: Crastan, Valentin
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-914764

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 03.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Klimawirksame Kennzahlen

CO_2-Reduktion | Die Erreichung der anvisierten Klimaziele stellt die internationale Gesellschaft vor grosse Herausforderungen. Auch die Schweiz wird grosse Anstrengungen unternehmen müssen, um ihre Ziele zu erreichen. Einige Kennzahlen dazu.

VALENTIN CRASTAN

Seit 1870 sind bis 2017 weltweit rund 390 Gt Kohlenstoff durch Verbrennung fossiler Brennstoffe an die Atmosphäre abgegeben worden. Um die Temperaturerhöhung relativ zur vorindustriellen Zeit auf 2 °C zu begrenzen, darf der Kohlestoffgehalt der Atmosphäre bis 2100 insgesamt höchstens 800 Gt Kohlenstoff betragen, um das 1,5-°C-Ziel einzuhalten sogar nur 550 Gt. Nicht nur die Hauptemittenten von CO_2 wie die USA und China sind gefordert, sondern alle Länder müssen einen angemessenen Beitrag leisten. Wie die Ver-

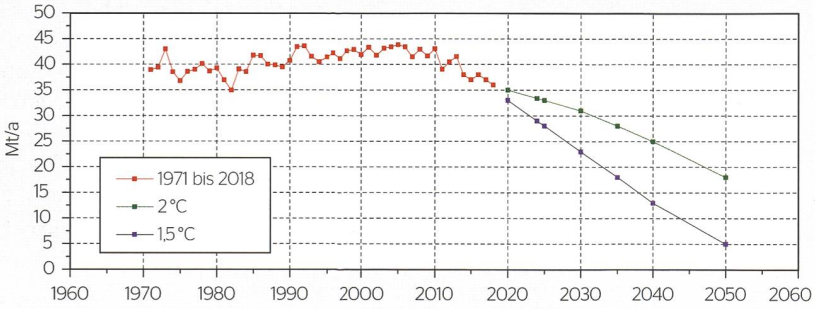

Bild 1 CO_2-Emissionen aus fossilen Brennstoffen von 1971 bis 2018 und erforderlicher Verlauf bis 2050 zur Erreichung des 2-°C- respektive 1,5-°C-Klimaziels.

Bilder: Pawel Czerwinski/unsplash / Valentin Crastan

teilung der Last für das 2-°C- beziehungsweise das 1,5-°C-Klimaziel für alle Kontinente aussehen müsste, ist in [1], [2] und [3] im Detail analysiert worden.

Was ergibt sich daraus insbesondere für die Schweiz? **Bild 1** zeigt den bisherigen sowie den notwendigen Verlauf der CO_2-Emissionen bis 2050 zur Erreichung der erwähnten Klimaziele. Wohlgemerkt, es handelt sich lediglich um die effektiven Inlandemissionen. Beiträge, die durch den zwar notwendigen und marktwirtschaftlich sinnvollen Emissionshandel im Ausland erzielt werden, sind nicht dazuzurechnen. Dieser ist als Hilfe der starken Industrieländer für den Aufbau einer nachhaltigen Energiestruktur in Entwicklungsländern zu verstehen und ebenso als Hilfe für jene Länder, deren Wirtschaft grösstenteils durch den Abbau eigener fossiler Reserven finanziert wird, und die somit Mühe haben, den Weg zu einer nachfossilen Energiewirtschaft zu finden. Die nationale und internationale Politik muss dies unterstützen und möglichst sicherstellen.

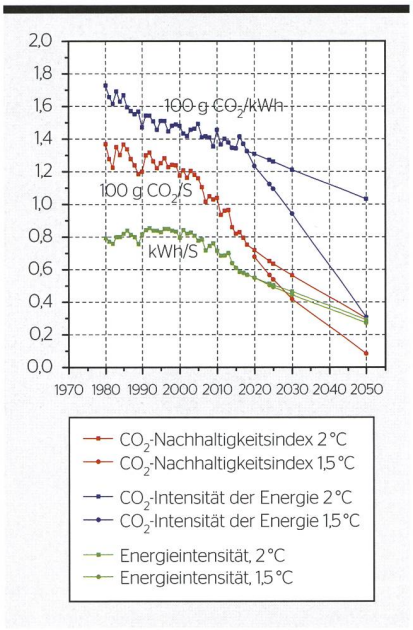

Bild 2 Indikatoren-Verlauf von 1980 bis 2018 und für die Klimaziele erforderlicher Verlauf bis 2050.

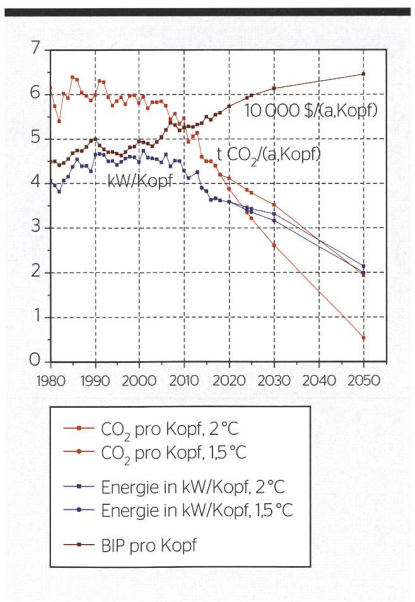

Bild 3 Pro-Kopf-Indikatoren von 1980 bis 2050.

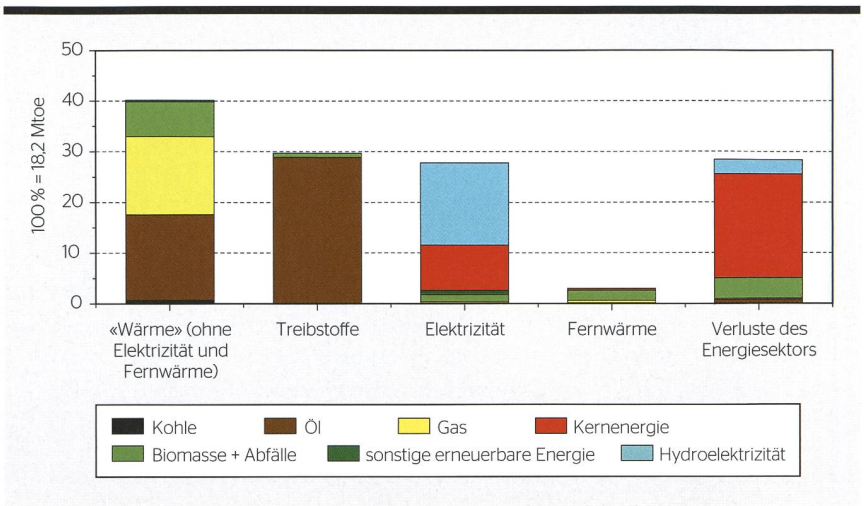

Bild 4 Anteile der Energieträger zur Deckung des Brutto-Energiebedarfs im Jahr 2017.

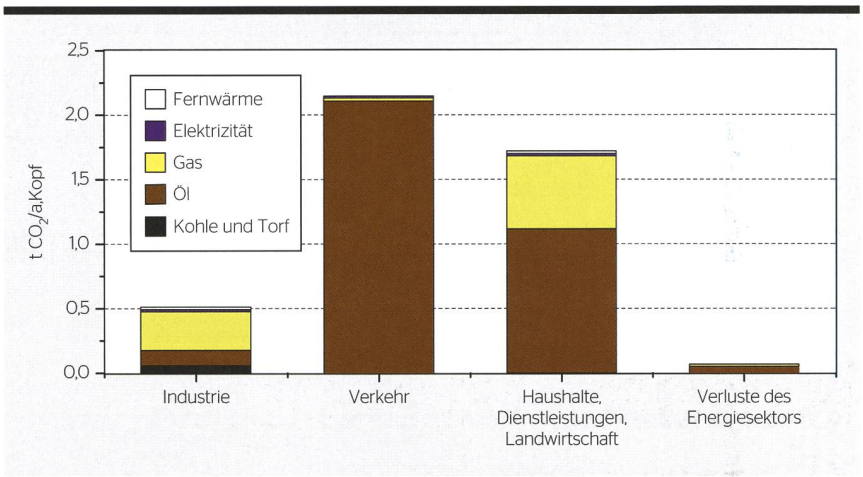

Bild 5 Emissionen der Endverbraucher und im Energiesektor im Jahr 2017.

Sinnvollerweise ist die Emissionsreduktion relativ zur Wirtschaftskraft zu bemessen, dazu dient zum Beispiel das vom Internationalen Währungsfonds ermittelte Bruttoinlandprodukt bei Kaufkraftparität BIP von 2010.[4]

Den entsprechenden Nachhaltigkeitsindex kann man in g CO_2/$ ausdrücken. 2018 beträgt dieser Wert für die Schweiz rund 80 g CO_2/$. Dieser Indikator ist das Produkt von Energieintensität der Wirtschaft in kWh/$ und CO_2-Intensität der Energie in g CO_2/kWh. In **Bild 2** ist der Verlauf dieser Indikatoren für die Schweiz dargestellt. Die Energieintensität muss weiterhin abnehmen von 0,57 kWh/$ im Jahr 2018 auf etwa 0,45 im Jahr 2030 und auf unter 0,3 kWh/$ im Jahr 2050.

Dabei ist zu beachten, dass die Endenergie Elektrizität aufgrund der Elektrifizierung des Verkehrs und des vermehrten Einsatzes von Wärmepumpen kaum abnehmen wird. Umso stärker muss demzufolge die CO_2-Intensität der Energie reduziert werden. Um das 1,5-°C-Ziel zu erreichen, muss der Wert von 132 g CO_2/kWh im Jahr 2018 auf 120, oder noch besser auf unter 100 g CO_2/kWh im Jahr 2030 und auf mindestens 100, besser aber auf 30 g CO_2/kWh im Jahr 2050.

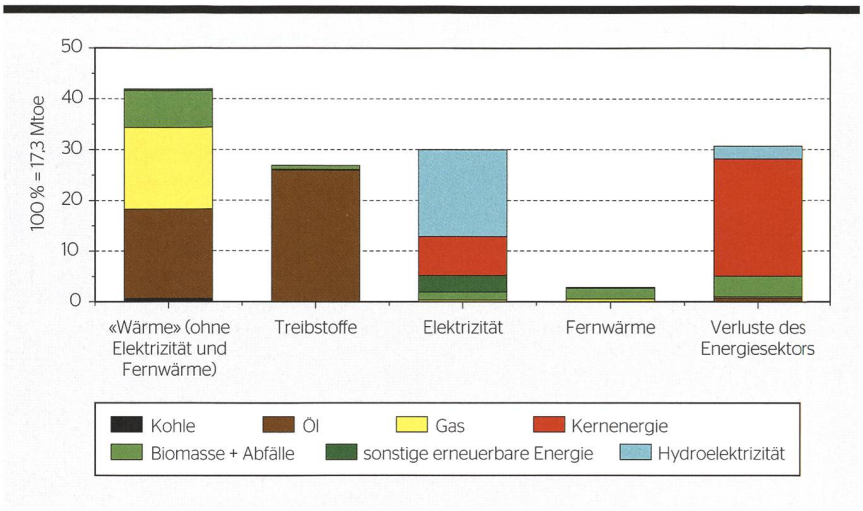

Bild 6 Anteile der Energieträger zur Deckung des Brutto-Energiebedarfs im Jahr 2030, 2-°C-Klimaziel.

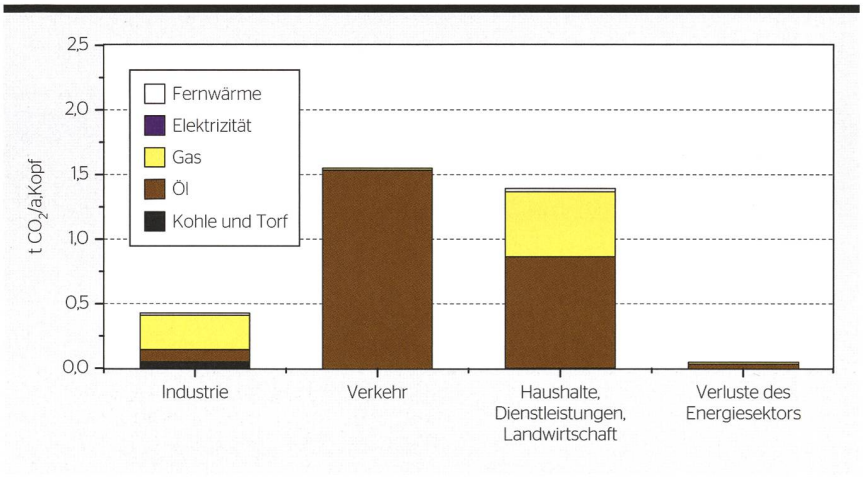

Bild 7 Emissionen der Endverbraucher und im Energiesektor im Jahr 2030, 2-°C-Klimaziel.

Bild 3 veranschaulicht den mit den obigen Indikatoren kompatiblen Verlauf der Pro-Kopf-Indikatoren bezüglich Bruttoinlandprodukt, Bruttoenergie und CO_2-Ausstoss. Die angenommene Entwicklung des BIP entspricht bis 2024 den Voraussagen des Internationalen Währungsfonds. Die Pro-Kopf-Emissionen von CO_2 sollten bis 2050 von heute etwas über 4 t pro Kopf mindestens auf 2 t CO_2 sinken. Um das 1,5-°C-Ziel zu erreichen, muss der Ausstoss sogar auf unter 1 t CO_2 pro Kopf reduziert werden. Bis 2050 wären zudem die Bedingungen für die 2000-W-Gesellschaft erfüllt.

Um besser zu verstehen, wo Eingriffe notwendig sind, zeigt **Bild 4** den detaillierten Anteil der Energieträger am Bruttoenergiebedarf der Schweiz im Jahr 2017, Letzterer bestehend aus den vier Endenergien (Wärme aus Brennstoffen, Treibstoffe, Elektrizität und Fernwärme) und den Verlusten im Energiesektor.[1] **Bild 5** veranschaulicht die entsprechenden CO_2-Emissionen der Endverbraucher und der im Energiesektor entstehenden Verluste.

Schaut man sich schliesslich den Energiefluss im Energiesektor und zu den Endverbrauchern, welcher den Statistiken der internationalen Energieagentur (IEA) [5] entnommen werden kann, und die entsprechenden CO_2-Emissionen an, wird deutlich, dass für die Schweiz der Verkehr und die Beheizung von Gebäuden entscheidend für den Klimaschutz sind.

Erforderliche Massnahmen bis 2050

Vor allem um das 1,5-°C-Ziel zu erreichen, sind folgende Massnahmen notwendig:

Im Verkehr: weitgehende Elektrifizierung des Kurzstreckenverkehrs; Wasserstoff und sonstige CO_2-neutrale synthetische Treibstoffe für den Langstrecken-Warenverkehr, Luft- und Schifffahrt.

Bei Gebäuden: Neubau und Gebäudesanierung mit breitem Einsatz von Wärmepumpen und Photovoltaik.

Dazu muss die Politik einen höheren CO_2-Preis durchsetzen, und zwar auf alle fossilen Treib- und Brennstoffe. Die Erlöse sind teilweise den dadurch stark Betroffenen durch entsprechende Fördermassnahmen zurückzuerstatten.

Zentral ist ferner eine genügende und CO_2-freie Elektrizitätserzeugung. Die Kernenergie darf möglichst nicht durch Gas-Kraftwerke und fossil belastete Stromimporte ersetzt werden. Die Option Kernenergie muss nötigenfalls offen bleiben.

Sehr wichtig und noch ausbaufähig bleibt die Hydroelektrizität mit ihren entsprechenden Speichermöglichkeiten. Der starke Einsatz von Photovoltaik und Windenergie, mit Speichermöglichkeiten als Ausgleich für deren Variabilität, sowie die entsprechende Dezentralisierung der Einspeisungen, stellen grosse Anforderungen an die Sicherheit und Stabilität der Hoch-, Mittel- und Niederspannungsnetze. Das Problem ist aber mit entsprechender digitaler Überwachung und Steuerung lösbar.[6]

Bis 2030 sind obige Forderungen nur teilweise erfüllbar. Mögliche Szenarien für 2030 sind nachfolgend veranschaulicht.

Situation im Jahr 2030 im Fall des 2-°C-Klimaziels

Um das 2-Grad-Klimaziel zu erfüllen, muss die Schweiz die CO_2-Emissionen gemäss **Bild 2** auf 31 Mt senken. Die entsprechenden Indikatoren sind dann 0,47 kWh/$, 121 g CO_2/kWh und 57 g CO_2/$. Ein Szenario für Energieträgeranteile und Energieflüsse, das dieses Ziel in etwa erfüllt, zeigen die **Bilder 6 und 7**. Ersteres zeigt, dass Anstrengungen vor allem im Verkehrssektor durch bessere Effizienz sowie Elektro- und Hybridmobilität schon viel bewirken. Der zusätzliche Elektrizitätsbedarf kann durch leichte Erhöhung der Hydroelektrizität und vor allem durch Photovoltaik gedeckt werden. Den Handlungsbedarf im Mobilitätsbereich zeigt **Bild 7** gut auf.

Situation im Jahr 2030 im Fall des 1,5-°C-Klimaziels

Um das 1,5-Grad-Klimaziel zu erreichen, müssen höhere Anforderungen erfüllt werden. Die Energieträgeranteile sind in den **Bildern 8 und 9** dargestellt. Die CO_2-Emissionen betragen 23 Mt und die Indikatoren sind 0,43 kWh/$ sowie 100 g CO_2/kWh und 43 g CO_2/$. Diese entsprechen in etwa den Anforderungen von **Bild 2.** Im Vergleich zum 2-Grad-Ziel ist für das 1,5-Grad-Ziel, neben stärkeren Anstrengungen im Mobilitätsbereich, zusätzlich im Wärmebereich der Ölanteil zu reduzieren und durch Erdgas – und vor allem durch Geothermie (Wärmepumpen) – zu ersetzen.

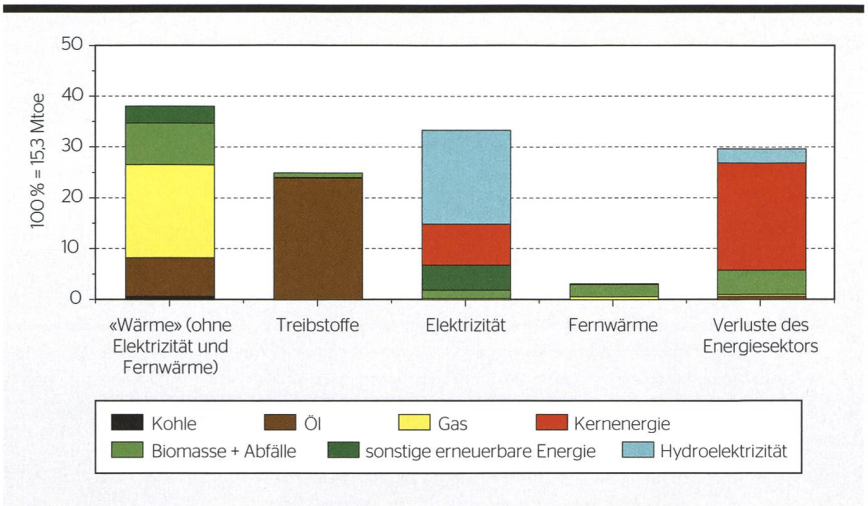

Bild 8 Anteile der Energieträger zur Deckung des Brutto-Energiebedarfs im Jahr 2030, 1,5-°C-Klimaziel.

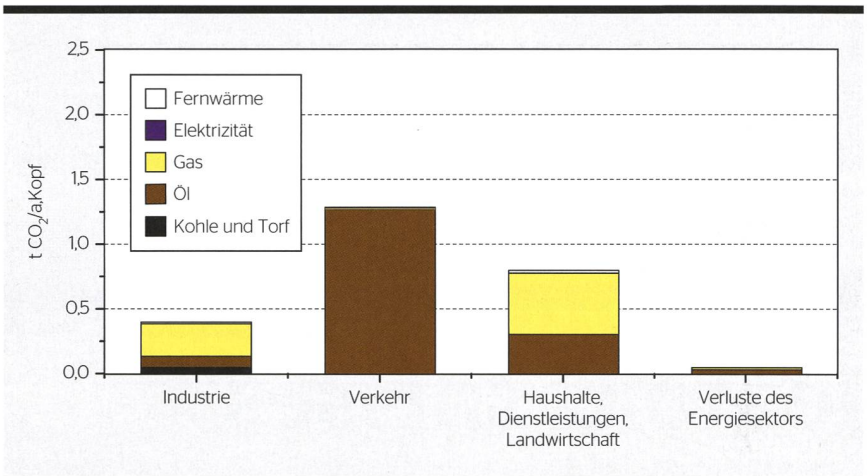

Bild 9 Emissionen der Endverbraucher und im Energiesektor im Jahr 2030, 1,5-°C-Klimaziel.

Referenzen

[1] Valentin Crastan, Klimawirksame Kennzahlen, Band I, Europa + Eurasien und Afrika, 2. Auflage, Springer, 2018.
[2] Valentin Crastan, Klimawirksame Kennzahlen Band I, Europa + Eurasien und Afrika, 3. Auflage, Springer, 2020.
[3] Valentin Crastan, Klimawirksame Kennzahlen, Band II, Amerika, Nahost und Südasien, Ostasien und Ozeanien, 2. Auflage, Springer, 2019.
[4] WEO Databases, www.imf.org, Oktober 2019.
[5] «Statistics & Balances», www.iea.org, Oktober 2019.
[6] Valentin Crastan, Dirk Westermann, Elektrische Energieversorgung 3, 2. Auflage, Springer, 2018.

Autor

Prof. em. Dr. Ing. **Valentin Crastan** war Professor für Energiesysteme und Regelungstechnik sowie Vorsteher der Abteilung Elektrotechnik und Kommunikationssysteme an der Berner Fachhochschule, Technik und Informatik in Biel.
→ valentin.crastan@bluewin.ch

RÉSUMÉ

Des indicateurs en matière de climat

Réduction du CO_2

La réalisation des objectifs climatiques visés place la société internationale face à de grands défis. La Suisse devra elle aussi faire de gros efforts pour atteindre ses objectifs.

Entre 1870 et 2017, dans le monde entier, environ 390 gigatonnes (Gt) de carbone ont été rejetées dans l'atmosphère par la combustion de combustibles fossiles. Afin de limiter la hausse de la température à 2 °C par rapport à l'époque préindustrielle, la teneur en carbone de l'atmosphère ne doit pas dépasser 800 Gt au total d'ici à 2100, voire 550 Gt si l'on veut atteindre l'objectif de 1,5 °C. Pour ce dernier objectif, en particulier, les mesures suivantes sont nécessaires:

Dans les transports: électrification étendue du trafic de courte distance; hydrogène et autres carburants synthétiques neutres en CO_2 pour le transport de marchandises à longue distance ainsi que pour le transport aérien et maritime.

Dans les bâtiments: nouvelles constructions et rénovations de bâtiments en ayant largement recours aux pompes à chaleur et au photovoltaïque.

Pour cela, la politique doit imposer un prix du CO_2 plus élevé, et ce sur tous les carburants et combustibles fossiles. De plus, une production d'électricité suffisante et exempte de CO_2 est essentielle. Dans la mesure du possible, l'énergie nucléaire ne doit pas être remplacée par des centrales à gaz ou des importations de courant issu d'énergies fossiles.

L'hydroélectricité et ses possibilités de stockage restent très importantes – et susceptibles d'être développées. Le fort recours au photovoltaïque et à l'éolien, avec des possibilités de stockage permettant de compenser leur variabilité, ainsi que la décentralisation correspondante des injections, posent des exigences de taille à la sécurité et à la stabilité des réseaux haute, moyenne et basse tension. **MR**