

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 92 (2001)

Heft: 22

Artikel: Die Zukunft der Energie

Autor: Romer, Arturo

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-855784>

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: 15.01.2026

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

Die Zukunft der Energie

Die Zukunft der Menschheit hängt in hohem Masse mit der Entwicklung der globalen Energieversorgung zusammen. Dieser Artikel zeigt trotz der bestehenden Diskrepanzen nicht eine moralische Abhandlung über den Energieverbrauch. Vielmehr geht es darum, die mentale Kraft des Menschen, sein Verantwortungsbewusstsein, seine Kreativität und seinen Erfindungsgeist zu entwickeln.

■ Arturo Romer

Die Energierevolutionen

In der etwa 3 Millionen Jahre alten Geschichte der Menschheit, welche rund 100 000 Generationen umfasst, hat es drei grosse Energierevolutionen gegeben:

- Die Entdeckung und Nutzung des Feuers, vor rund 1,7 Millionen Jahren.
- Die neolithische Revolution, zwischen 18 000 und 8000 Jahren v. Chr., die es dem Menschen ermöglichte, durch Landwirtschaft und Einsatz von Haustieren vom Zeitalter der Jagd zu einer produktiven Wirtschaft zu gelangen. Damals zählte der Planet Erde etwa 5 Millionen Bewohner.
- Die industrielle Revolution mit der Erfindung der Dampfmaschine im Jahre

1769 und der darauf folgenden Kohlenutzung. Damals zählte die Menschheit gegen 900 Millionen Personen.

Grosse Unterschiede beim Energiebedarf

Durch Muskelkraft kann der Mensch jährlich etwa 100 kWh Nutzenergie entwickeln. Um nicht zu verhungern, benötigt er pro Jahr rund 1000 kWh Energie in Form von Nahrung (d.h. etwa 10 000 [kJ] bzw. 2400 [kcal] pro Tag). Ein für heutige Begriffe würdiger Lebensstandard setzt jährlich einen (effizienten) Pro-Kopf-Primärenergieverbrauch von etwa 50 000 kWh voraus. Dies entspricht einem jährlichen Pro-Kopf-Primärenergieverbrauch von 6,15 t SKE (1 t SKE = 1 Tonne Steinkohleneinheit = 29,3 [GJ]). Die Geschichte – insbesondere die Ener-

gierevolutionen – zeigen, dass nur diejenigen Gemeinschaften und Nationen, die es verstanden haben, die Energie-Ressourcen und -Potenziale zu nutzen, sich einen guten Lebensstandard sichern konnten. Zurzeit beträgt der weltweite Verbrauch an Primärenergie rund 14,3 Milliarden t SKE pro Jahr, bei einer Weltbevölkerung von 6,3 Milliarden Menschen. Pro Kopf berechnet sind das jährlich 2,27 t SKE. Man muss sich jedoch bewusst sein, dass dies lediglich einen Mittelwert darstellt. In Wirklichkeit gibt es enorme und beunruhigende Unterschiede zwischen den Industriestaaten (z. B. USA jährlich 11,6 t SKE pro Person) und den Entwicklungsländern oder den unterentwickelten Staaten (z. B. Indien jährlich 0,7 t SKE pro Person).

Beschränkte Ressourcen

In den nächsten Jahrzehnten wird der Hauptteil an Primärenergie – wie heute – in Form von fossilen Trägern (Braunkohle, Kohle, Erdöl, Erdgas, Holz) verbraucht werden. Die entsprechenden Quellen sind nicht unerschöpflich, im Gegenteil, die Erdöl- und Gasvorräte sind sehr beschränkt (60–70 Jahre). Die Kohlereserven sind zwar umfangreicher, stellen aber in umwelttechnischer Hinsicht eine Herausforderung dar, die mit grösster Umsicht und höchstem Verantwortungsbewusstsein angegangen werden muss. Die «neuen erneuerbaren Energien» werden heute oft überschätzt. Dazu ist zu sagen, dass die entsprechenden Produktionsanlagen viel Material (also viel «graue Energie») sowie grosse Flächen benötigen. Dies ist auf die niedrige Energiedichte der erneuerbaren Energien zurückzuführen. Langfristig be-

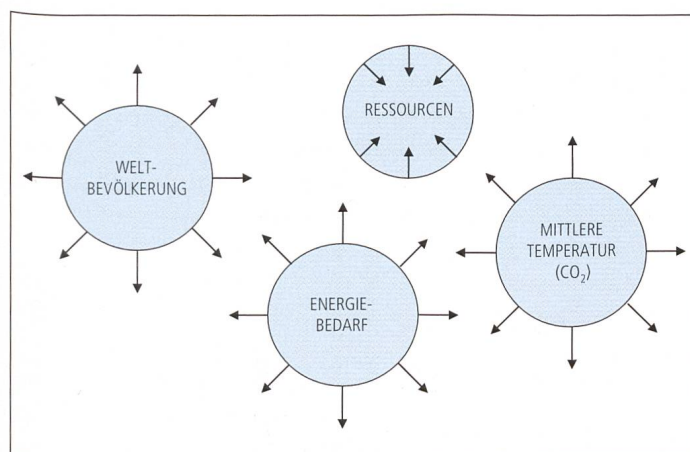
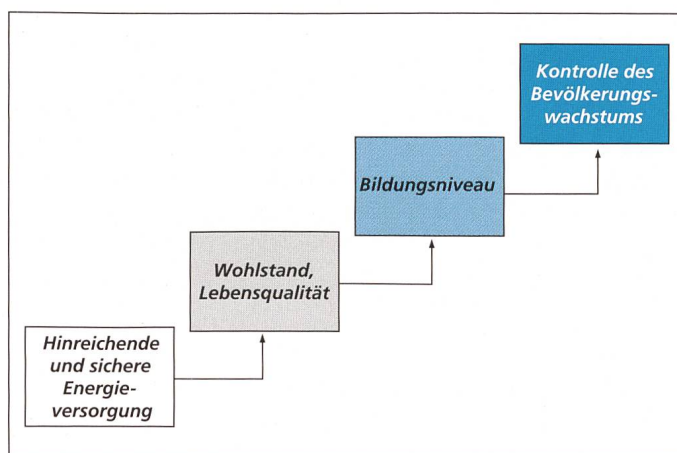


Bild 1 Probleme planetarischen Ausmasses.

Adresse des Autors
Prof. Dr. Arturo Romer
Direktor der ESI Elettricità Svizzera Italiana
und Dozent an der USI
Vicolo Muggiasca 1a
6501 Bellinzona

Bild 2 Vier logische Schritte zur nachhaltigen Entwicklung.



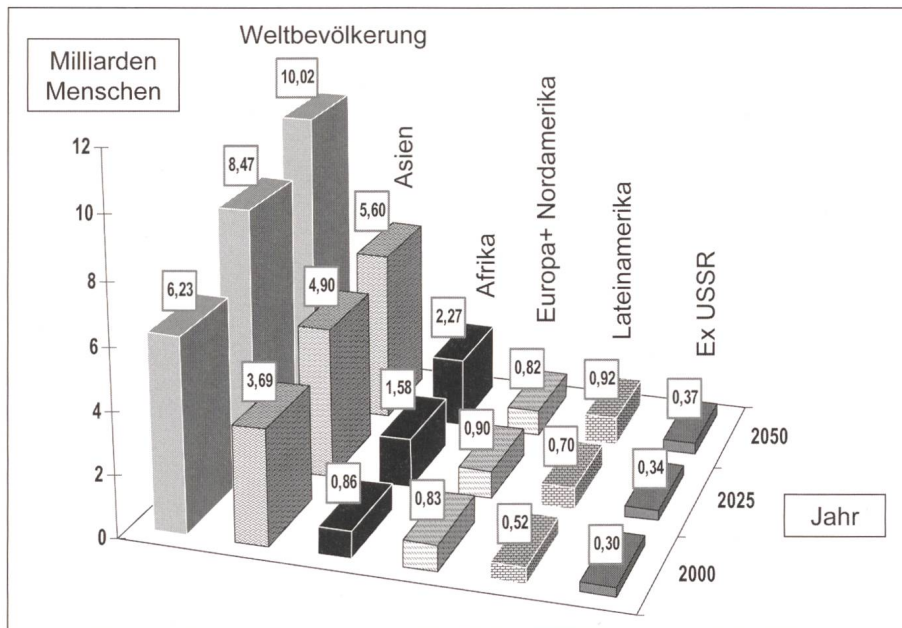


Bild 3 Die Weltbevölkerung von heute bis zum Jahr 2050.

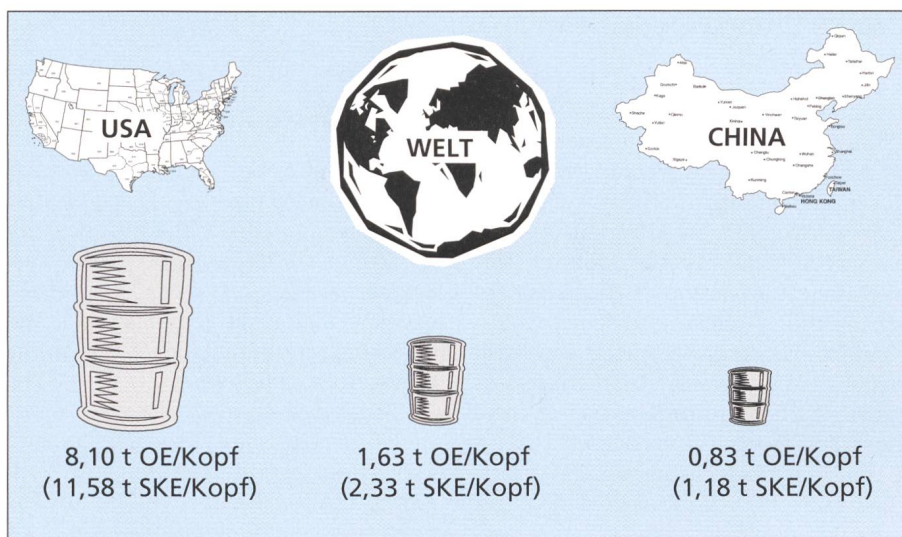
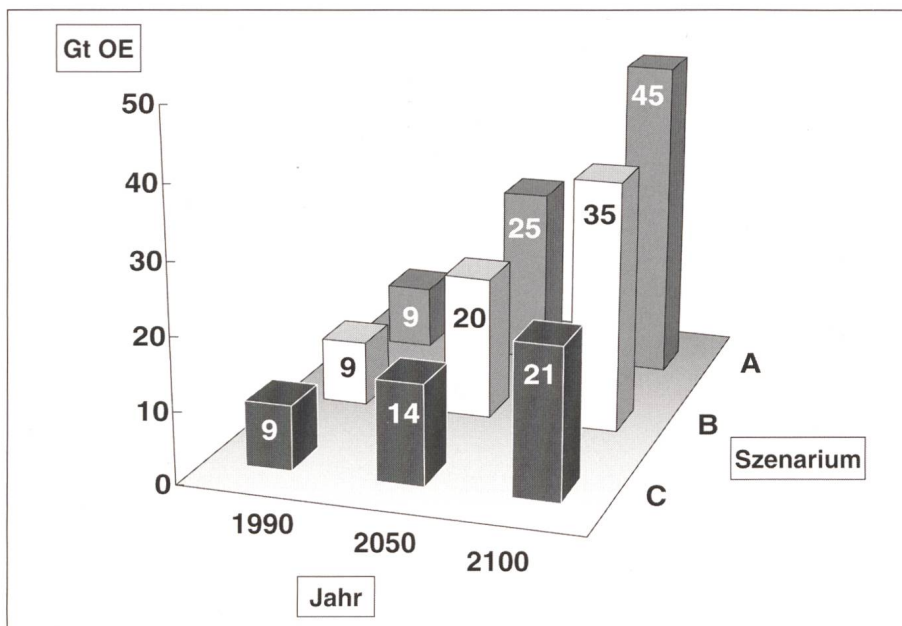


Bild 4 Der jährliche Primärenergieverbrauch pro Kopf (1998).

Bild 5 Der Welt-Primärenergieverbrauch (3 Szenarien/1 Gt OE = 4,2 · 10¹⁹ J).

trachtet, werden die erneuerbaren Energien aber bestimmt einen wichtigen Beitrag leisten.

Soziale Aspekte

Dieser Artikel soll nicht eine moralische Abhandlung über den Energieverbrauch sein. Verschwendung und Mangel an Effizienz sollten zwar absolut vermieden werden, jedoch gehört eine ausreichende Energieversorgung zu den grundlegendsten Menschenrechten. Dreiviertel der Menschheit mangelt es noch an der Energiemenge, die eine menschenwürdige Lebensqualität sicherstellt. Wenn man den Lauf der Geschichte verfolgt und eine realistische Portion Optimismus in die Zukunft projiziert, so kann man auch voraussagen, dass der Pro-Kopf-Energieverbrauch zunehmen wird. Es gilt daher, auf wenige aber wesentliche Faktoren zu setzen, die sowohl jetzt als auch zukünftig wichtig sein werden: Höchste Effizienz, keine Verschwendung, nachhaltige Entwicklung, gerechtere Verteilung zwischen Nord und Süd sowie Forschung, Forschung, Forschung ...

Im Laufe der Geschichte hat es der Mensch stets geschafft, dank der steigenden Verfügbarkeit von Primärenergie (Feuer, Landwirtschaft, Tiere, Kohle, Erdöl, Gas, Wasser, Wind und Uran) seine Lebensqualität fortwährend zu verbessern. Sofern sein Erfindungsgeist, sein Tun und Forschen mit einer ethischen Haltung einhergehen werden, sind sein Überleben und seine Lebensqualität auch für die Zukunft gesichert. Sofern die Wissenschaftler, die Techniker, die Politiker und die Gesellschaft schlechthin das Ziel einer nachhaltigen Entwicklung verstehen und verfolgen werden, dann wird es keinen Grund mehr für apokalyptische Szenarien geben.

Zukunftsszenarien

Das wachsende Problem der Energieversorgung muss unter Berücksichtigung seiner sozialpolitischen, wirtschaftlichen und ökologischen Aspekte angegangen werden, welche weltweit alle Nationen und geografischen Regionen betreffen – jede mit ihren speziellen Bedürfnissen und Schwierigkeiten. Um eine klare Idee des Problems und verschiedene mögliche Interpretationen desselben zu vermitteln, umfasst die von der Internationalen Energie-Agentur (IEA) erstellte Studie (www.iea.org) drei unterschiedlich prognostizierte Szenarien. Jedes dieser Szenarien weist andere Parameter für die Wirtschaftsentwicklung, die Energieein-

sparung, den Technologietransfer und die Investitionen auf. Diese Szenarien entsprechen wiederum möglichen Entwicklungen der weltweiten Energiesituation. Die Szenarien A und C stellen den Energieverbrauch gemäss der höchsten und niedrigsten Einschätzung dar, während das Szenarium B als die wahrscheinlichste Variante betrachtet werden kann. Das Szenarium A geht von einem imposanten technischen Aufschwung und Fortschritt aus und setzt ausdehnende Märkte und somit ein hohes ökonomisches Wachstum voraus. Der Umwelt wird eher untergeordnete Aufmerksamkeit geschenkt. Das Szenarium B sieht eine Zukunft mit weniger ehrgeizigen, dennoch eher realistischen technischen Verbesserungen und Fortschritten voraus. Dementsprechend resultiert ein mittelmässiges ökonomisches Wachstum. Das Szenarium C nimmt eine ziemlich blühende, jedoch «grün gefahrene» Zukunft an. Dieses Szenarium setzt einen substanziellen technischen Fortschritt voraus. Internationale Anstrengungen hinsichtlich Umweltschutz und nachhaltiger Entwicklung greifen und zeigen offensichtliche Erfolge.

Umweltproblematik

Die Tatsache, dass der grösste Teil des CO₂ aus der Produktion und dem Verbrauch an Energie herrührt, gibt Anlass zur Überlegung, wie man den heutigen und zukünftigen Energieverbrauch einschränken, ändern oder neu definieren könnte. Dies bedeutet aber nicht unbedingt, dass damit der Lebensstandard sinken muss.

Gemäss den massgebendsten Prognosen (World Energy Council, Internationale Energie-Agentur) wird der Energieverbrauch in den künftigen Jahrzehnten hauptsächlich auf der fossilen Energie beruhen (über 80%). Dieser Artikel enthält konkrete Daten über den heutigen und zukünftigen weltweiten Verbrauch an Primärenergie sowie über die CO₂-Emissionen als Folge der Verbrennung von fossilen Trägern. Man darf dabei jedoch nicht vergessen, dass die Verbrennung von solchen Trägern (Kohle, Erdöl, Erdgas, Biomasse) unvermeidlich auch die Emission von anderen für den Menschen und die Umwelt schädlichen Gasen mit sich bringt, wie CO, NO_x und SO₂. Mit diesen Daten soll auf folgende Überlegungen aufmerksam gemacht werden:

- Die intelligente und rationelle Nutzung der Energie im Allgemeinen und insbesondere der fossilen Energie haben absolute Priorität, unabhängig da-

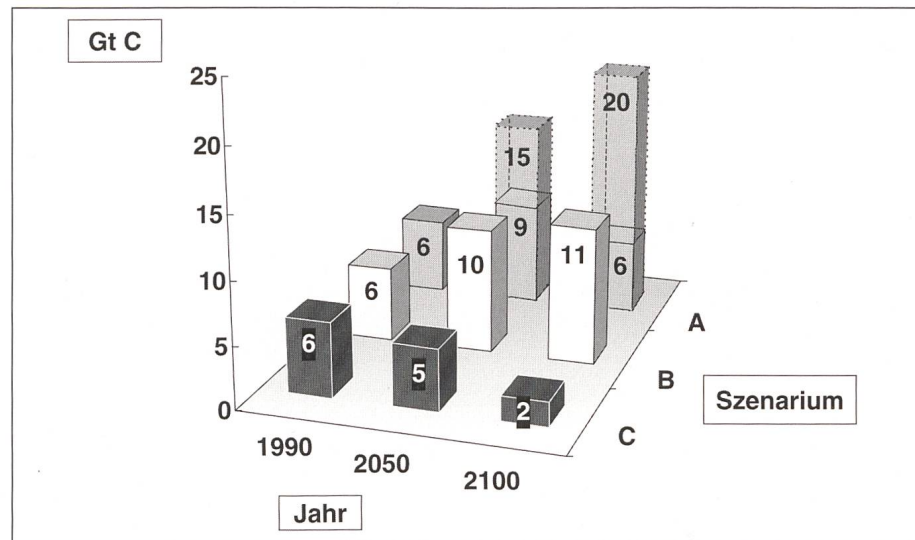


Bild 6 Der jährliche Kohlenstoffausstoss in Gt C.

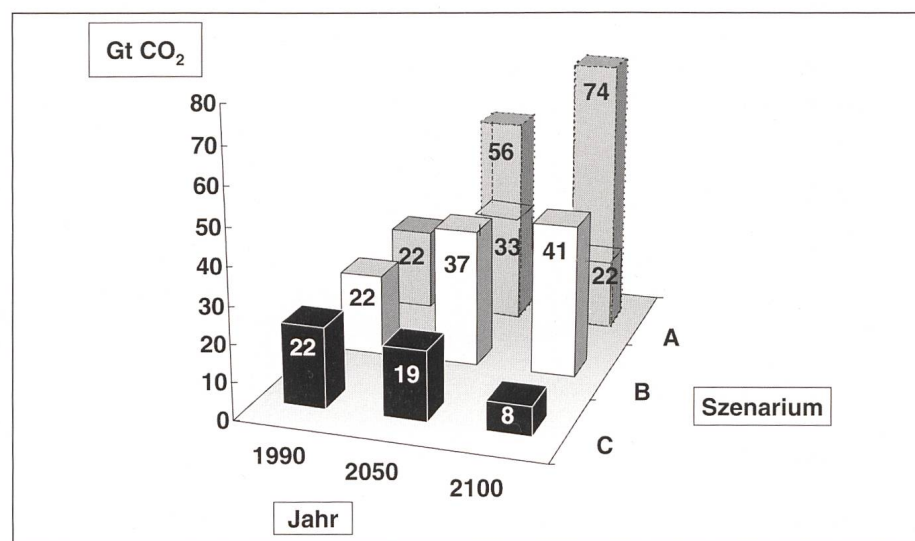


Bild 7 Der jährliche CO₂-Ausstoss in Gt CO₂.

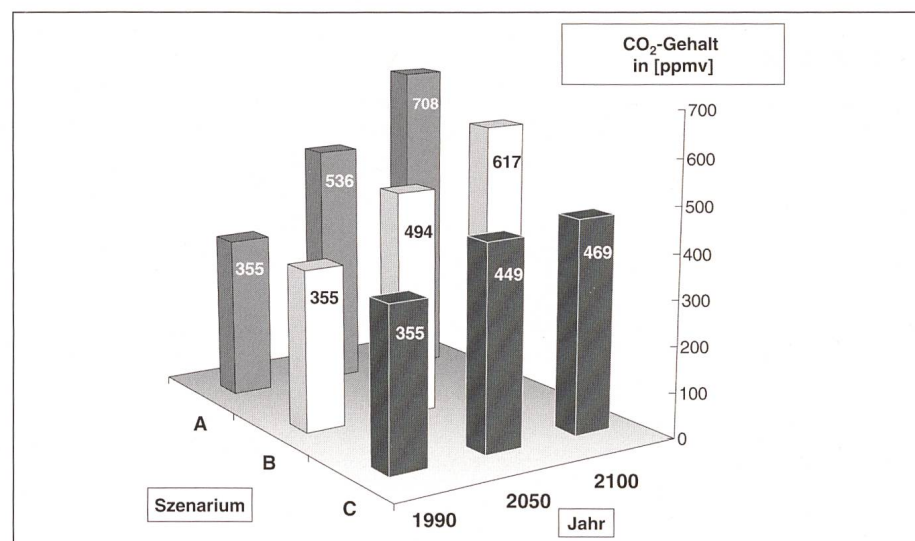


Bild 8 Die CO₂-Konzentration der Atmosphäre in [ppmv].

von, ob sich die von der Mehrheit der Wissenschaftler geteilten jetzigen Prognosen und Ängste betreffend den Treibhauseffekt schliesslich bewahrheiten.

- Die Vorkommen an Kohle, Erdöl und Erdgas sollten nicht unbedingt verbrannt werden und speziell nicht innerhalb kurzer Zeit, weil diese Ressourcen wichtige Rohstoffe für viele

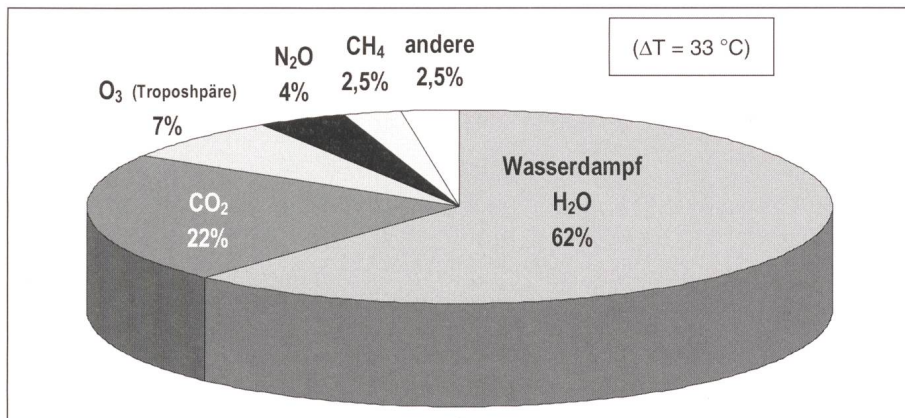


Bild 9 Der natürliche Treibhauseffekt: Prozentuale Anteile der wichtigsten Treibhausgase (Quelle: C. Schönwiese, Klimaänderungen, 1996).

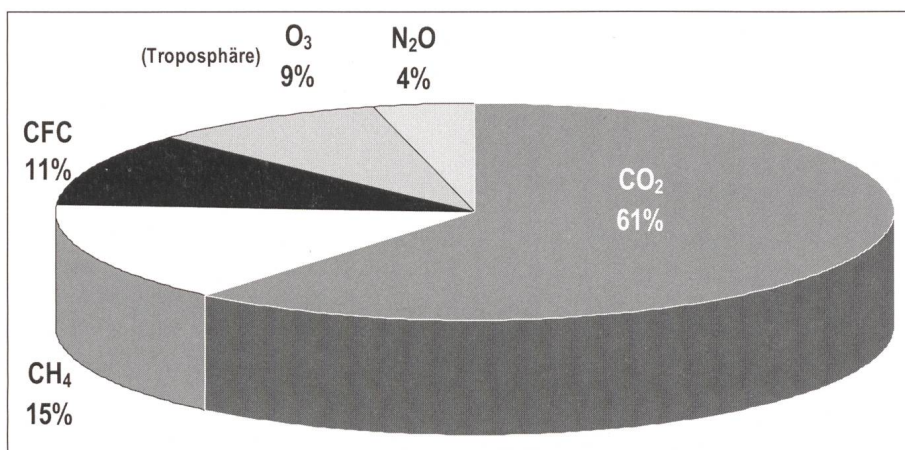


Bild 10 Der anthropogene Treibhauseffekt (Quelle: C. Schönwiese, Klimaänderungen, 1995).

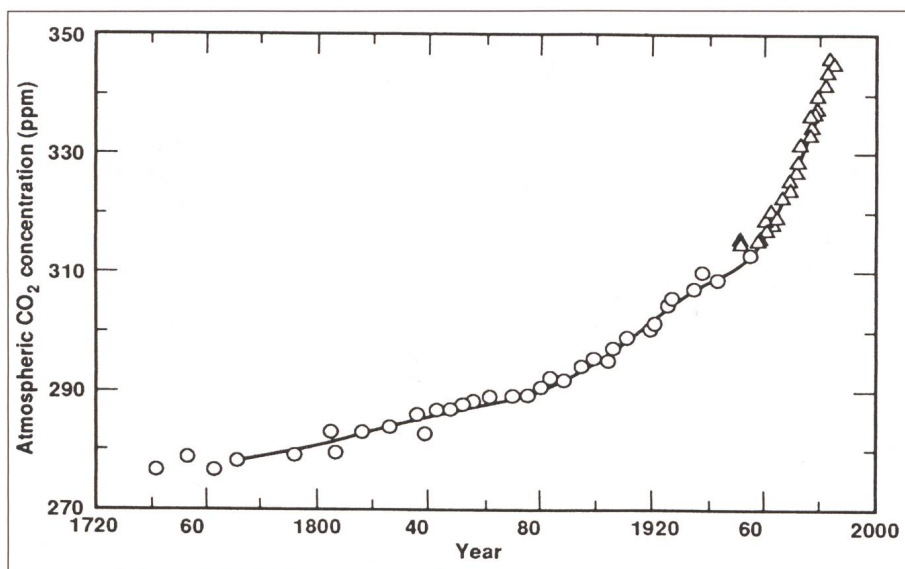


Bild 11 Der CO₂-Gehalt der Atmosphäre seit dem Jahr 1720.

weitere Bereiche nebst demjenigen der Energie darstellen. Es ist offensichtlich, dass die menschlichen Generationen des Jahres 3000 den unverantwortlichen Verbrauch dieser Energiequellen – der sich in den Jahren zwischen 1750 und etwa 2200 abgespielt haben wird – missbilligend beurteilen werden.

– Der Bau (die Entwicklung und der Einsatz) von leistungsfähigeren Maschinen, die auf die höchste Nutzung des Energieinhalts von Primärenergie abzielen, ermöglicht einerseits die Erhaltung von wertvollen Ressourcen und andererseits die Einschränkung negativer Auswirkungen auf die Umwelt.

– Der Energiehunger ist riesig. 75% der Menschheit verfügt nicht über eine ausreichende Energieversorgung. Somit ist es klar, dass der Gesamtenergieverbrauch zunehmen wird. Diese Tatsache bringt aber eine unvermeidbare Konsequenz mit sich: Das Kohlendioxyd (CO₂) in der Atmosphäre und in den Ozeanen wird auch zunehmen. Die mittlere Temperatur auf der Erde beträgt heute 15,3 °C und wird bis zum Jahre 2100 (bedingt durch den Treibhauseffekt) auf einen Wert zwischen 17 °C und 20 °C ansteigen.

Verantwortungsbewusstsein und Erfindungsgeist

Eine Momentaufnahme der heutigen Weltwirtschaftslage zeigt eine eindeutig widersprüchliche Situation, die ein großes Ungleichgewicht verursacht. Auf der einen Seite befindet sich die Mehrheit der Weltbevölkerung in den Ländern, die das niedrigste Pro-Kopf-Bruttoinlandsprodukt aufweisen, und umgekehrt ist es gerade die Minderheit der Bevölkerung, die das höchste Pro-Kopf-Einkommen hat. Dies weil die fortschrittlichsten Technologien heute von den Industriestaaten beherrscht werden, aber die Verbreitung des Wissens sich so auswirken wird, dass künftig gerade die ärmsten Länder den Hauptteil der Weltwirtschaft ausmachen werden. Die reichen Nationen haben daher eine wichtige Aufgabe: Ihr Wissen zu teilen, auf dass sich die schwerwiegenden Fehler der Vergangenheit nicht wiederholen. Gemeint ist damit die Energieverschwendung, als unkontrollierte Nutzung fossiler Energiequellen.

Die Begrenzung der CO₂-Emissionen muss sowohl hinsichtlich der Energieproduktion als auch des Energieverbrauchs erfolgen. Die Industriestaaten müssen dabei besondere Anstrengungen unternehmen. Sie machen rund 25% der Weltbevölkerung aus und sind für ungefähr 75% des Energieverbrauchs verantwortlich. Dieses Viertel der Bevölkerung

Eine Entwicklung ist nachhaltig, wenn sie die heutigen Bedürfnisse zu decken vermag, ohne für die künftigen Generationen die Möglichkeit zu schmälern, die eigenen Bedürfnisse zu befriedigen.

Brundtland-Kommission

hat bei der Suche nach Lösungen eine klare Führungsverantwortung. Der Treibhauseffekt kann durch folgende Massnahmen eingeschränkt werden:

- Verbrauchseinschränkung durch eine rationellere und intelligentere Nutzung von Energie
- Bau von Hochleistungsmaschinen und -geräten
- Förderung der Nutzung erneuerbarer Energien (Wasserkraft, Sonnenkollektoren, Solarzellenpaneele, Biomasse, Wind, Erdwärme)
- Beibehaltung der Kernenergie-Option (mit inhärent sicheren Reaktoren; diese These wird auch im Buch des Club of Rome «Die erste globale Revolution», 1992, aufgestellt)
- Investition in die Energieforschung (einschliesslich der Forschung betreffend Kernfusion)
- objektive Information der Bevölkerung über alle Energie- und Umweltfragen.

Das fast vollständige Fehlen an Energie und Gütern in weiten Regionen der Erde erlaubt keine Scheinlösungen und zeitliche Verschiebungen mehr. Die physische Kraft des Menschen allein kann das Energieproblem nicht lösen. Entscheidend sind die mentale Kraft des Menschen, sein Verantwortungsbewusstsein, seine kreativen Fähigkeiten und sein Erfindungsgeist. Die Wissenschaft muss ein Mittel für Frieden und menschliche Würde sein, anstatt der Vernichtung zu dienen. Dies ist natürlich nur in einer im tiefsten und echten Sinne freien und demokratischen Welt möglich. Das Hauptziel einer Energie- und Umweltpolitik ist schliesslich die Lebensqualität, die eine nachhaltige Entwicklung voraussetzt.

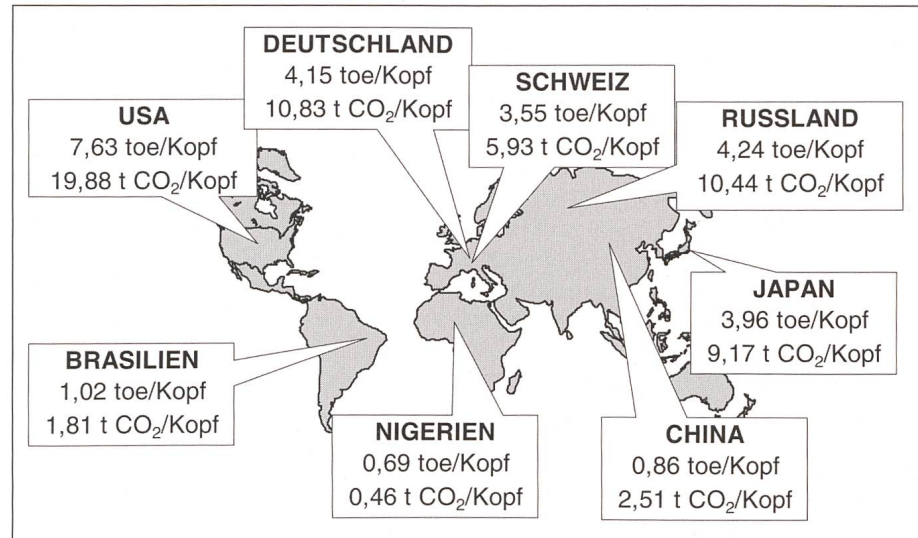


Bild 12 Pro-Kopf-Energie-Verbrauch und Pro-Kopf-CO₂-Ausstoss in verschiedenen Regionen der Welt (Jahr 2000).

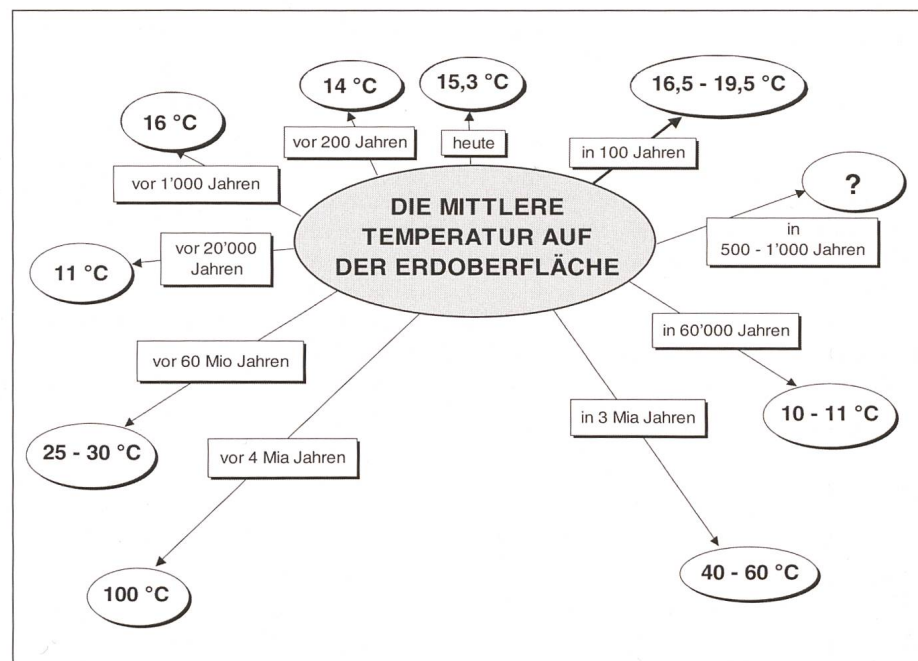


Bild 13 Die mittlere Erdtemperatur im Verlaufe der Zeit.

Quellen:

www.iea.org
www.worldenergy.org
www.psi.ch/GABE
www.energie-energy.ch
www.admin.ch/buwal
www.admin.ch/bfe
www.elettricità.ch

L'avenir de l'énergie

L'avenir de l'humanité dépend fortement de l'évolution de l'approvisionnement global en énergie. Malgré les divergences existantes, le présent article n'est pas une étude moralisatrice sur la consommation d'énergie. Il s'agit au contraire de développer la force mentale de l'être humain, son sens de la responsabilité, sa créativité et son esprit inventeur.