

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: 69 (1978)

Heft: 17

Rubrik: Im Blickpunkt = Points de mire

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: 03.04.2026

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

Energie

Kohlendioxid in der Atmosphäre: das CO₂-Problem

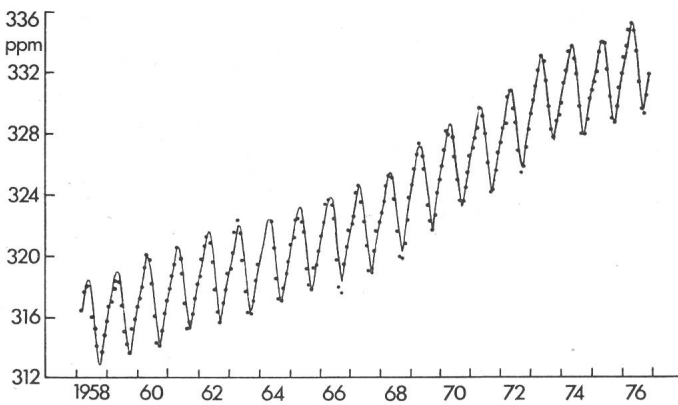
[Nach G.M. Woodwell: The carbon dioxide question. Scientific American 238(1978)1, p. 34...43]

In den letzten hundert Jahren ist der Gehalt der Luft an Kohlendioxid von etwa 290 ppm (parts per million) auf rund 330 ppm angestiegen. Systematische Messungen der letzten zwanzig Jahre zeigen einen beschleunigten Anstieg (Fig.).

CO₂ entsteht bei der Verbrennung von Kohlewasserstoffen, also z. B. von Pflanzen und fossilen Brennstoffen, aber auch bei der Oxidation von Humus. Grünpflanzen führen das CO₂ mittels Photosynthese in Kohlenstoff (C) zurück, den sie zu ihrem Aufbau benötigen. Die jahreszeitlichen Schwankungen des CO₂-Gehaltes der Luft widerspiegeln den Wachstumszyklus der Pflanzen.

Obwohl CO₂ in der Atmosphäre nur ein Spurengas ist, wird der Entwicklung des CO₂-Gehaltes grosse Bedeutung beigemessen, da dieses Gas schon bei relativ geringer Konzentration zu umwälzenden klimatischen Veränderungen führen kann. Es absorbiert nämlich infrarote Strahlungsenergie in hohem Masse und könnte dadurch die Temperatur der Erdoberfläche nachhaltig verändern. Allerdings kann heute weder eine kritische Grenze der CO₂-Konzentration angegeben, noch können die möglichen Auswirkungen abgeschätzt werden, da der Vorgang komplex ist und nicht isoliert abläuft.

Bis vor kurzem war man allgemein der Ansicht, dass die Zunahme des CO₂-Gehaltes ausschliesslich eine Folge der Verbrennung von fossilen Brennstoffen sei. Die jüngsten For-



Entwicklung des CO₂-Gehaltes der Atmosphäre.

Messungen des Mauna-Loa-Observatoriums auf Hawaii

schungsergebnisse deuten jedoch darauf hin, dass die Rodung grosser Wälder in den letzten Jahren etwa in gleichem Masse dazu beigetragen hat. In der Atmosphäre, in der Biomasse (Gesamtheit der lebenden Materie) sowie in Humus und Torf sind je etwa 10¹⁵ kg Kohlenstoff enthalten. Werden grosse Wälder durch weniger kohlenstoffhaltiges Agrarland ersetzt oder gar überbaut, so nimmt der gesamthaft in der Biomasse enthaltene Kohlenstoff ab und der CO₂-Gehalt der Luft wächst entsprechend. Sehr viel mehr Kohlenstoff, nämlich etwa 35 · 10¹⁵ kg, ist in den Tiefen der Ozeane enthalten, kann aber den CO₂-Haushalt nur langfristig beeinflussen, da der Austausch mit der Luft sehr langsam vor sich geht.

Die C-CO₂-Kreisläufe enthalten noch viele Unbekannte, insbesondere in quantitativer Hinsicht. Die mögliche Gefahr, die in der dauernden Zunahme des CO₂-Gehaltes der Luft steckt, macht eine genaue Erforschung der Zusammenhänge notwendig.

Eb

Kontrollierte Kernfusion

[Nach H. Frey: Kontrollierte Kernfusion, eine Herausforderung an den Ingenieur. VDI-Z 120(1978)1/2, S. 56...62]

Der einfachste Prozess der Kernfusion ergibt sich aus der Verschmelzung der Kerne der beiden Wasserstoffisotope Deuterium (D) und Tritium (T), wobei eine Energie von 17,58 MeV ($\approx 28,2 \cdot 10^{-13}$ J) freigesetzt wird. Bei dieser Reaktion entfallen 3,58 MeV auf den neugebildeten He-Atomkern und 14 MeV auf ein Neutron. Fusionsreaktionen zu erzwingen, ist eine der schwierigsten technischen Aufgaben, denn die Abstossungskräfte der beiden elektrisch positiv geladenen H-Isotope müssen durch eine sehr hohe kinetische Energie der Teilchen überwunden werden, was eine extrem hohe Temperatur T des D-T-Gemisches bedingt. Das hierbei gebildete Plasma muss so lange zusammengehalten werden, bis mehr Energie durch Fusionsstösse freigesetzt wird als zum Aufheizen desselben unter Berücksichtigung der Wärmeverluste benötigt wird. Das sog. Lawson-Diagramm $n\tau = f(T)$ mit n der Anzahl Kerne je Volumeneinheit und der mindest erforderlichen Einschlusszeit τ , grenzt das Gebiet ein, in welchem eine Zündung des Fusionsreaktors zu erwarten ist.

Der gegenwärtig erfolgreichste Fusionsreaktor ist der torusförmige Tokamak-Typ mit Einschluss des Plasmas mit Hilfe eines zu den Wänden des Vakuumsgefässes parallelen starken Magnetfeldes, welches im Plasma einen Strom der Grössenordnung 400 kA induziert. Die erforderliche hohe Plasmatemperatur von über 10⁷ K kann durch diesen Stromfluss allein nicht erreicht werden, sondern bedingt zusätzliche thermische Energie in Form von Hochfrequenzbestrahlung und Einschüssen energiereicher Teilchen. Der kürzlich am MIT (USA) eingeweihte *Alcator C* soll im Laufe der nächsten drei Jahre die für einen richtigen Fusionsreaktor notwendigen Plasmabedingungen erreichen: 60 · 10⁶ K sowie $n\tau = 2 \cdot 10^{14}$ cm³ s.

Die Fusionsreaktion mit Hilfe von Laserstrahlen basiert auf dem sog. Trägheitseinschluss, der im Plasma ohne Mitwirkung magnetischer Felder während einiger 10⁻¹¹ s zustande kommt. Sie erscheint aussichtsreich, jedoch von der Entwicklung von Hochleistungslasern für eine Strahlungsleistung von 1000 TW bei 10⁻⁹ s Pulsdauer und 1...100 Hz Pulsfrequenz abhängig. 1968 haben sowjetische Physiker erstmals eine Fusionsreaktion mit Laserstrahlen erzwungen. Bei dieser Reaktion wird ein festes D-T-Brennstoffkugeln (Pellet) mit energiereichen Laserimpulsen beschossen. Das Laserlicht wird an der Pelletoberfläche absorbiert, es bildet sich eine rasch expandierende, sehr heisse Plasma-Korona. Infolge des Rückstosseffektes dringen Kompressionswellen in das Pellet, was eine bis 10⁴fache Materialverdichtung und somit die zur Kernverschmelzung nötige Temperatur bewirkt.

Als noch zu lösende Schlüsselprobleme der aktuellen Reaktorkonzepte sind u. a. zu nennen: Entwicklung von Werkstoffen für die Gefässwand, die gegen die enorme Strahlenbelastung resistent sind; Extrahieren des Tritiums aus Lithium mit anschliessender Reinigung und Mischung mit Deuterium sowie Brennstoffnachfüllung und Abfuhr des verbrauchten Reaktionsvolumens; für Reaktoren der Tokamakklasse sind ferner sehr leistungsfähige Neutralteilchenquellen zur Plasmaheizung erforderlich sowie supraleitende Spulen zum Erzeugen des stationären Hauptmagnetfeldes.

M. Schultze

Energietechnik – Technique de l'énergie

New York 25 h ohne elektrischen Strom

[Nach H. Kugler: Der Netzzusammenbruch in New York im Sommer 1977, Der Maschinenschaden 51(1978)1, S. 11...13]

Nachdem Nordamerika und Kanada am 9. 11. 1965 einen grossen, 12 h dauernden Netzzusammenbruch erlebt hatten, hoffte man in den USA, mit den anschliessend getroffenen Massnahmen und Verbesserungen eine Wiederholung eines derartigen Ereignisses verunmöglicht zu haben. Leider war das nicht der Fall.

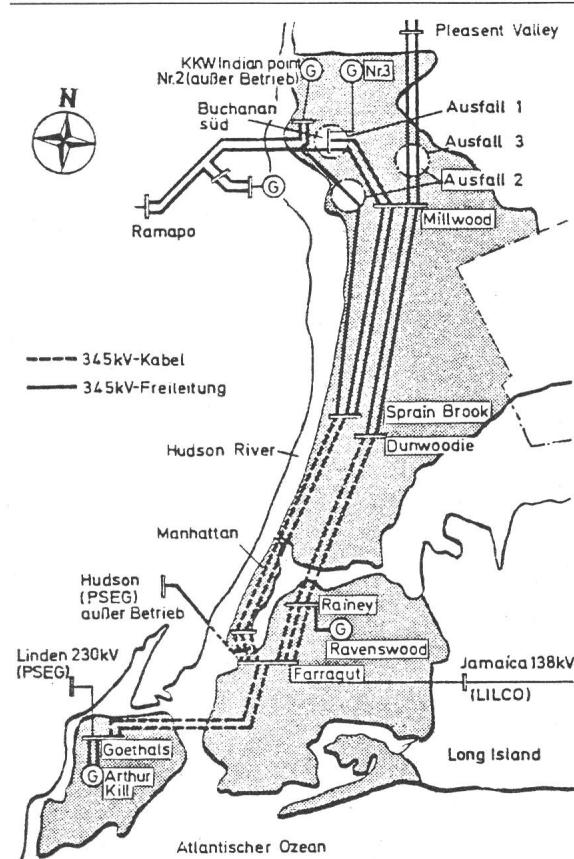
Nach einem heftigen Gewittersturm mit Blitzeinschlag in ein Hauptsammelschienen-System begann in New York (rd. 8 Mio Einwohner, Sommerlast rund 40 % grösser als Winterlast) am Abend des 13. 7. 1977 ein Stromausfall, der sich rasch ausbreitete und nach einigen verunglückten Um- und Wiedereinschaltversuchen für gewisse Netzteile 25 h dauerte. Da wegen Neumond nach Ausfall der Strassenbeleuchtung die Stadt die ganze Nacht völlig dunkel war, kam es leider auch zu den bekannten Plünderungen und zum Teil schweren Verbrechen.

Der Netzzustand vor der Störung ist aus der Figur ersichtlich. Die Gesamtlast betrug rund 6100 MW, was etwa der Gesamtlastspitze der Schweiz entspricht. Davon wurden von der Con. Ed. of New York rund $\frac{2}{3}$ selbst erzeugt, der Rest von auswärts bezogen; dazu kamen rund 250 MW Transitleistung. Eine Reserveleistung von rund 2700 MW war vorhanden, wovon 1500 MW als Zehnminutenreserve und der Rest innerhalb $\frac{1}{2}$ h verfügbar.

Die Störung begann durch Blitzeinschlag in die Station Buchanan (Ausfall 1), wobei die nach Süden abgehenden 345-kV-Leitungen ausfielen und damit auch die rund 800 MW des laufenden Kraftwerks Indian Point. Die Wiedereinschaltung der Leitungen gelang nicht, aber die fehlende Leistung konnte mit der Leistungsreserve auf Stadtgebiet ausgeregelt werden. Bereits 18 min später erfolgte jedoch ein Blitzeinschlag in die 345-kV-Verbindung von Ramapo (Ausfall 2). Gleichzeitig löste wohl wegen Überlastung eine der beiden von Pleasant Valley im Norden ankommenden 345-kV-Freileitungen aus, wodurch weitere 1150 MW ausfielen. Versuche des Lastverteilers mit Spannungsabsenkung und Lastabwurf hatten keinen Erfolg.

Eine Stabilisierung wäre aus heutiger Sicht wohl gelungen, wenn nicht nach weiteren 24 min auch die andere 345-kV-Leitung von Pleasant Valley ausgefallen wäre. Nach weiteren 15 min schaltete ein in der Stadt gelegener Kraftwerkblock von 850 MW ebenfalls ab, womit der Netzzusammenbruch endgültig war. Eine auf Stadtgebiet vorhandene, an sich betriebsfähige Gasturbinenreserve von insgesamt 800 MW konnte nur zum geringeren Teil eingeschaltet werden, weil die einzelnen Stationen meist keine Fernbedienung besitzen und die Stationen selbst zu jener Zeit, nach 21 Uhr, nicht mehr mit Personal besetzt waren.

Obwohl alle Kraftwerke und die andern Einspeisestellen intakt waren, verzögerte sich der Wiederaufbau des Netzes. Zuerst mussten die eingetretenen Schäden gefunden und behoben werden. Da die Öldruckkabel auf Stadtgebiet keine Notstromversorgung besaßen, musste der Öldruck mit herbeigeschafften fahrbaren Notstromgruppen wiederhergestellt werden. Erschwerend wirkte ferner, dass die nach der Störung nur noch mit dem Eigenbedarf belasteten thermischen Kraftwerke ein ungünstiges Regelverhalten gegen stossartige Belastung beim Wiedereinschalten haben.



Vereinfachte Darstellung des Übertragungsnetzes der Consolidated Edison Company

Folgerungen: Die Last wurde nicht schnell genug der jeweils vorhandenen Erzeugung und Einspeisung angepasst. Die Automatik brachte keine ausreichende Lastabsenkung, und von Hand wurde zu spät reagiert, insbesondere weil den zuständigen Organen auch die nötige Übersicht fehlte. Von der Untersuchungskommission sind eine Reihe von Verbesserungsvorschlägen aufgestellt worden: Neue Erzeugungsanlagen näher bei den Verbrauchern, verstärkte Vermaschung usw. Besonders wichtig ist aber auch ein automatisches Lastabwurfssystem, wie es in einigen Ländern Europas bereits erfolgreich eingesetzt wird. P. Troller

Bundespräsident W. Ritschard an der FERA

Einige bedenkenswerte Sätze, dazu ein paar Bonmots aus der Ansprache von Bundespräsident W. Ritschard am 29. August 1978:

Angst vor der Technik: *Man hat die Risiken und die Gefahren der technischen Entwicklung nie übersehen. Aber man nahm sie willig in Kauf. Die Vorteile erschienen stets grösser als die Nachteile. Die Rechnung schloss immer mit Gewinn ab. Aber etwa seit Beginn dieses Jahrzehntes sind wir nicht mehr so ganz sicher, ob dieser Gewinn uns auch wirklich bereichert und nicht bloss reicher macht.*

Demokratie und Medien: *Ich kann mir in einer Demokratie kein Kommunikations- und Informationsmittel vorstellen, das ihr schaden könnte. Kommunikation und Information sind Grundpfeiler der Demokratie. Wenn die Demokratie sie aus irgendwelchen Gründen nicht nutzen kann oder nicht nutzen will, dann haben wir nicht nach dem Stand der Kommunikationstechnik zu fragen, sondern nach dem Stand der Demokratie. Nach dem Stand unseres Demokratieverständnisses.*

Medienfreiheit: *Wer von vornherein der schöpferischen Arbeit jeden Fehler verbieten will, der lässt sie gar nicht entstehen.*

Information: *Wir lesen heute viel weniger, weil wir soviel lesen müssen. Und wir hören so vieles, dass wir nicht mehr zuhören. Davon kommt es wahrscheinlich, dass wir Gedanken nicht mögen, die zum Denken zwingen. Ich stehe gegenwärtig wegen des Energiesparens genau vor diesem Problem. Wir müssten diese Sparmassnahmen wirksam propagieren. Sie sind wichtig, und die Forderung, dass wir mehr tun sollten, ist berechtigt. Aber wie bringe ich diese Information an? Was macht der Bürger, der der Fülle der Informationen zunehmend überdrüssig wird, mit dieser weiteren Information?*

Man wird eben mit dem Alter nicht klüger, man merkt nur etwas besser, dass es die andern auch nicht sind.

Wir hängen heute alle mehr am Telefon als am Busen der Natur. So wird die Entfernung zwischen den Menschen schon immer kleiner, aber es kann sich eben auch die Dummheit schneller verbreiten.

Von halben Wahrheiten vernimmt man meist die falsche Hälfte.