

Energiezukunft

**Energieprognosen
und politisches Handeln**

**Energiesysteme
und globale Strukturen**

**Energiewende
in Österreich**

**Energiestile
und Verhaltensänderung**



EDITOR|NNEN

Eva BUCHINGER	Mag., ARC systems research GmbH
Renate CERVINKA	Dr., Medizinische Universität Wien, Institut für Umwelthygiene
Hubert FECHNER	DI., Arsenal Research, Erneuerbare Energietechnologien
Gerhard GANGL	Mag., g&g consult, Finanzierung- und Veranlagungsberatung
Günter GOLLMANN	Univ.-Doz. Dr., Universität Wien, Department für Evolutionsbiologie
Herbert GOTTSWEIS	Univ.-Prof. Dr., Universität Wien, Institut für Politikwissenschaft
Herbert GREISBERGER	Dr., Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik
Gerhard IMHOF	Dr., Limnologie
Ferdinand KERSCHNER	Univ.-Prof. Dr., J.-K.-Universität Linz, Institut für Umweltrecht
Thomas KÜHTREIBER	Dr., Österreichische Akademie der Wissenschaften, Institut für Realienkunde des Mittelalters und der frühen Neuzeit
Michael NARODOSLAWSKY	Univ.-Prof. Dr., TU Graz, Institut für Ressourcen schonende und nachhaltige Systeme
Bernd RASCHAUER	Univ.-Prof. Dr., Universität Wien, Institut für Staats- und Verwaltungsrecht
Gunther TICHY	Univ.-Prof. Dr., Konsulent am Österreichischen Institut für Wirtschaftsforschung
Günter VIRT	Univ.-Prof. Dr., Universität Wien, Institut für Moralthologie
Gerlind WEBER	Univ.-Prof. Dr., Universität für Bodenkultur, Department für Raum, Landschaft und Infrastruktur
Andreas WINDSPERGER	Univ.-Doz. Dr., NÖ Landesakademie, Institut für Industrielle Ökologie
Verena WINIWARTER	Univ.-Prof. Ing. Dr., Universität Klagenfurt, Fakultät für Interdisziplinäre Forschung und Fortbildung

Verantwortlicher Chefeditor

Andreas WINDSPERGER

Verantwortlicher Präsident / Forum Wissenschaft & Umwelt

Reinhold CHRISTIAN

Verantwortliche Redakteurin

Petra SCHNEIDER

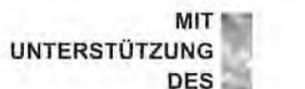
IMPRESSUM

Medieninhaber (Verleger) und Herausgeber: Forum Wissenschaft & Umwelt
Redaktion: Petra Schneider, Elsa Aiginger
Anschrift: 1060 Wien, Mariahilfer Str. 77-79, Haus A, 4. Stock
Tel. +43 (0)1 / 585 29 85; Fax +43 (0)1 / 585 29 86
E-Mail: umweltforum@utanet.at
Layout: Wilfried Rameder, 1070 Wien, office@ram-grafik.net
Druck: Börsedruck, 1230 Wien

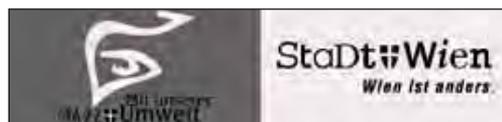


ISBN 978-3-902023-12-4

Diese Druckschrift wurde gefördert durch das Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung sowie von



lebensministerium.at



ENERGIEPROGNOSEN UND POLITISCHES HANDELN

Eberhard JOCHEM	Hoffnungen, Illusionen, Optionen – Energietechnologien, Energieprojektionen, Energiepolitik	8
Werner ZITTEL & Jörg SCHINDLER	Energieszenarien – kritische Anmerkungen zu prominenten Beispielen	16
Gunther TICHY	Politik, Organisation und Diffusion statt Illusionen. Technologiesprünge als Lösung des Energieproblems?	22
Felix EKARDT	Politisches Handeln und menschliche Motive. Akzeptanz- und Durchsetzbarkeitsprobleme einer klimaschützenden Energiepolitik	30
Elvira LUTTER	Eine neue Energiepolitik für Europa. Das EU-Energiepaket und die Auswirkungen auf Österreich	38
Christoph BALS	Internationale Klimaverhandlungen und globale Zukunftsszenarien: ein Generationenvertrag	44

ENERGIESYSTEME UND GLOBALE STRUKTUREN

Sven HARMELING	„Eine planetarische Macht“. China, der Klimawandel und die Energiewende	52
Alexander EGIT	Umweltschutz in China – die Hoffnung lebt	60
Markus RENNAU	Alternativenergie für Afrika. Die Energiesituation Äthiopiens und der afrikanischen Länder südlich der Sahara	62
Hermann SCHEER	Die Krise des Weltenergiesystems. Fossile und erneuerbare Energien in der Ersten und Dritten Welt	70
Axel BORSODORF	Krise des Weltenergiesystems? Eine Replik zu Hermann Scheer	76
Ina MEYER & Jürgen SCHEFFRAN	Bioenergie für Klimaschutz und nachhaltige Entwicklung? Potenziale und Grenzen von Biokraftstoffen	80
Ernst Ulrich von WEIZSÄCKER	Bio-Sprengstoff. Die Studie „Agrotreibstoffe – eine Realitätsüberprüfung in neun Schlüsselbereichen“ (Einleitung)	94
Fridolin KRAUSMANN & Petra SCHNEIDER	Transformationen. Das moderne Energiesystem	104
Hans Christoph BINSWANGER	Einsparungsappelle und Wachstumswänge. Zum Konflikt zwischen Ökonomie und Ökologie	110

ENERGIEWENDE IN ÖSTERREICH

Herbert LECHNER	Trendwende mit Energieeffizienz. Wege zu einer nachhaltigen österreichischen Energieversorgung	118
Ernst SCHRIEFL	Steigender Energieverbrauch trotz verbesserter Energieeffizienz? Der „Rebound-Effekt“ und andere verbrauchstreibende Faktoren	128

Inhalt

Reinhold CHRISTIAN & René BOLZ	Potenziale erneuerbarer Energien. Eckpfeiler einer zukunftsfähigen Strategie der Energieversorgung	134
Hubert FECHNER	Solarstrom im Supernetz. Die Zukunft der Photovoltaik und der Umbau der Stromversorgungsnetze	146
Patrick SCHERHAUFER	Wie viel Windkraft ist genug? Anmerkungen zur Umwelt- und Sozialverträglichkeit von Windkraftanlagen	154
Petra SCHNEIDER	Zur Akzeptanz von Windkraftanlagen. Ein empirisch begründeter Kommentar	158
Thomas AMON & Alexander BAUER & Christian LEONHARTSBERGER	Integrierte Systeme. Sieben Fragen und Antworten zur Nutzung von Bioenergie	162
Walter SOMITSCH	Biogas, die erneuerbare Energiequelle der Zukunft	172
Stefan ZACH	Energiezukunft und -Gegenwart aus der Sicht des niederösterreichischen Energiedienstleisters EVN. Ein Interview	176
Birgit BIRNSTINGL & Michael NARODOSLAWSKY	Energie aus der Landwirtschaft. Chancen für regionale Entwicklung durch erneuerbare Ressourcen	178
Hermine MITTER	Biomasse-Nahwärme und Raumplanung	184
Kurt SCHAUER	Der Weg zur nachhaltigen Energieregion – ein Balanceakt	190

ENERGIESTILE UND VERHALTENSÄNDERUNGEN

Fritz REUSSWIG & Herbert GREISBERGER	Energie als Stilfrage? Lebensstile und ihre Bedeutung für den gesamtgesellschaftlichen Energieverbrauch	196
Hannah SCHEUTHLE & Florian KAISER	Person oder Situation? Umweltpsychologische Interventionen zur Änderung individuellen Verhaltens	204
Christine TURETSCHKE & Ralph RISSER & Doris WUNSCH	Umstieg aufs Rad. Eine kleine Erfolgsgeschichte in Sachen Verkehr	214
Susanne BRUPPACHER	Wie und warum eignen wir uns einen nachhaltigen Lebensstil an? Umweltrelevantes Handeln in Privathaushalten und dessen Veränderung	216
Ellen MATTHIES	Wie kann man Veränderungen im alltäglichen Energienutzungsverhalten erreichen? Erfahrungen und Konzepte der Umweltpsychologie	224
Antonietta DI GIULIO	Ressourcenverbrauch als Bedürfnis? Annäherung an die Bestimmung von Lebensqualität im Kontext einer nachhaltigen Entwicklung	228

GLOSSAR

238

Glossar

AGENDA 21

Aktionsprogramm für eine nachhaltige soziale, ökologische und wirtschaftliche Entwicklung im 21. Jahrhundert, das von den meisten Staaten der Erde bei der UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung in Rio 1992 unterzeichnet wurde. Davon abgeleitet finden zahlreiche nationale und lokale Agenda-21-Projekte statt. Von Kritikern bemängelt wird u.a. das Festhalten an Kernenergie und Gentechnologie.

ANNEX-1-STAATEN

Annex 1 der Klimarahmenkonvention von 1992 (UNFCCC ► siehe Klimakonferenzen) listet alle (Industrie-)Länder auf, die sich zur Reduktion bzw. Stabilisierung ihrer Treibhausgasemissionen bis 2000 auf dem Niveau von 1990 verpflichtet haben.

ANNEX-B-STAATEN

Annex B des Kyoto-Protokolls von 1997 (► siehe Klimakonferenzen) listet alle (Industrie-)Länder auf, die konkrete Verpflichtungen zur Emissionsreduktion in der ersten Gültigkeitsperiode des Protokolls (2008–2012) übernommen haben.

BARREL

Öl wird auf dem Weltmarkt in Einheiten von Barrel gehandelt. 1 Barrel = 159 Liter

BIODIESEL (Fettsäuremethylester)

Gewinnung aus Pflanzenölen (oder tierischen Fetten). Hergestellt vor allem aus Raps (Mitteleuropa), Palmöl (Indonesien), Sonnenblumen, Soja.

Ähnliche Probleme wie bei der ► Ethanol-Herstellung. Die Verflüssigung von Biomasse bedarf aufwendiger Verfahren und eines hohen Einsatzes von Energie.

BIOGAS

Biogas (Hauptbestandteil Methan) entsteht durch Vergärung/Fermentation von Biomasse. Es weist eine bessere Energiebilanz als andere Biomasse-Umwandlungen auf. Kommt Biogas nicht in Motoren zum Einsatz, sondern wird zur Elektrizitätsgewinnung in Kraftwerken eingesetzt und die Abwärme zusätzlich in Form von Kraft-Wärme-Kopplung für Heizzwecke genutzt, fällt die energetische Bilanz der Biomasse-Verwertung vergleichsweise günstig aus.

CLEAN DEVELOPMENT MECHANISM (CDM)

Zählt zu den „flexiblen Mechanismen“ des Kyoto-Protokolls (► Klimakonferenzen). Seit 1.1.2000 können Industriestaaten in Entwicklungsländern Projekte zur Reduzierung von Treibhausgasen durchführen und dafür zertifizierte Emissionsreduktionsgutschriften (Certified Emission Reductions, CER) erwirtschaften. Voraussetzung für die Teilnahme ist u.a. die Ratifizierung des Kyoto-Protokolls, nationale Reduktionsziele und Treibhausgasinventare. Steht im Zusammenhang mit dem ► Emissionshandel.

CO₂-ÄQUIVALENTE siehe ► Treibhausgas-Emissionen

CO₂-NEUTRALITÄT siehe ► Treibhausgas-Emissionen

CO₂-SEQUESTRIERUNG (CCS – Carbon Dioxide Capture and Storage)

Abscheidung von Kohlendioxid im Kraftwerksprozess und dessen Deponierung/Einlagerung in flüssigem oder gasförmigen Zustand in Erdöl- und Erdgaslagerstätten, Kohleflötzen, salzhaltigen Grundwasserleitungen (Aquiferen) oder am Meeresboden (im Austausch gegen das dort gelagerte Methanhydrat ► Energieträger, fossile). Wird derzeit in den USA, Kanada, Japan, der Europäischen Union, China, Indien und anderen Ländern in groß angelegten Forschungsprogrammen als ernsthafte Möglichkeit einer Emissionseinsparung mit einer vorgesehenen kommerziellen Verwertung ab etwa 2020 untersucht. Beinhaltet große Risiken (langsameres Ausgasen oder plötzliches Austreten z.B. nach Eruptionen mit der Folge der Vergiftung und Tötung von Land- oder Wasserlebewesen) und verteuert die Stromproduktion.

EMISSIONSHANDEL

Eines der im Kyoto-Protokoll (► Klimakonferenzen) vorgesehenen Instrumente zur Bekämpfung des Klimawandels und zur Erfüllung der vereinbarten Reduktionsverpflichtungen.

Im Emissionshandelssystem der EU müssen seit 2005 ca. 12.000 Großanlagen in den Branchen Energieerzeugung, Eisen, Stahl, Glas, Zement, Keramik, Ziegel mit den ihnen zugeteilten Berechtigungen für den CO₂-Ausstoß wirtschaften (die Zertifikate umfassen 40 % der Kohlendioxidemissionen der EU). Überschreiten sie die ihnen zugeteilte Menge an Emissionsrechten, müssen sie pro Tonne CO₂ (teure) Strafgeldbühren entrichten, können aber auch unmittelbar von anderen Firmen oder an den EU-Zertifikatsbörsen weitere (billigere) Zertifikate zukaufen. Die Zuteilungen wurden in nationalen Plänen festgelegt (Allokationsverfahren), die von der EU-Kommission genehmigt wurden. Insgesamt sollen dadurch Anreize für Betriebe geschaffen werden, in innovative, emissionsverringende Verfahren zu investieren. Entfaltete in der ersten Handelsperiode 2005–2007 aufgrund zu großzügiger Zuteilungen, weitreichender Ausnahmestimmungen, die von den Mitgliedstaaten durchgesetzt wurden (sowohl für einzelne Anlagen wie für ganze Sektoren einschließlich Verkehr und Gebäude), kaum Wirksamkeit (Preissturz durch Angebotsüberhang). In der zweiten Handelsperiode 2008–2012 werden die Zuteilungen verringert und die Preise erhöht.

Steht in Verbindung mit den „flexiblen Mechanismen“ des Kyoto-Protokolls, der ► „Joint Implementation“ (JI, Gemeinsame Umsetzung) und dem „Clean Development Mechanism“ (CDM, Saubere Entwicklung). EU-Unternehmen können Emissionsgutschriften auch durch Projekte außerhalb der EU erhalten, entweder in Entwicklungsländern (CDM) oder in anderen Nicht-EU-Industrieländern (JI). Dies soll den Technologietransfer zwischen den Kyoto-Protokoll-Unterzeichnerländern beschleunigen, stellt aber auch eine billigere Möglichkeit dar, (nicht die eigenen, sondern andernorts verursachte) Emissionen zu reduzieren als Einsparungsmaßnahmen an Ort und Stelle. Industrie- und Stromkonzernvertreter fordern bürokratische Erleichterungen bei der Durchführung von CDM- und JI-Projekten und eine internationale Harmonisierung des Emissionshandels.

ENERGIE: PRIMÄR-, SEKUNDÄR-, END- UND NUTZENERGIE

Energie kann als „Erhaltungsgröße“ im eigentlichen Sinne nicht erzeugt, sondern lediglich aus vorhandenen Energieformen umgewandelt werden.

Primärenergie:

Jene Menge an Energie, die natürlich vorkommende Primärenergieträger (Biomasse, Öl, Wasser, Wind etc.) enthalten.

Sekundärenergie:

Energie in abgeleiteten Energieträgern (Sekundärenergieträger) wie Strom, Koks oder Benzin, die durch technische Umwandlungsprozesse von Primärenergieträgern entstehen. Bei der Umwandlung kommt es zu Energieverlusten.

Endenergie:

Jene Energiemenge, die nach weiteren Transportverlusten tatsächlich bei den Verbrauchern eingesetzt wird.

Nutzenergie:

Jene Energiemenge, die von den Verbrauchern tatsächlich in die erwünschte Dienstleistung (Licht, Bewegung, Wärme, Kälte) umgewandelt wird (und nicht ungenutzt als Wärmeenergie verloren geht). Auf dem Weg von der Primär- zur Endenergie kommt es zu großen Verlusten.

Siehe auch ► Energie-Umwandlung

ENERGIE-VERGLEICHE		Kilowattstunden
Eine 100-Watt-Glühlampe 10 Stunden einschalten		1 kWh
9,5 l Wasser von 10°C zum Sieden bringen		1 kWh
100 kg auf eine Höhe von 3.600 Meter befördern		1 kWh
1 Tonne auf eine Höhe von 360 Meter befördern		1 kWh
2 bis 10 Kilometer weit Auto fahren		1 kWh
1 voll geladene große Auto-Batterie (Diesel-Pkw)		1 kWh gespeichert
0,1 Liter Benzin oder Diesel		1 kWh gespeichert
0,12 Kubikmeter Erdgas		1 kWh gespeichert
0,13 kg Steinkohle		1 kWh gespeichert
0,25 kg Brennholz		1 kWh gespeichert
1 Mensch benötigt täglich biologische Energie im Ausmaß von		3 kWh (= 10,8 MJ)
Jährlich pro Quadratmeter auf der Erdoberfläche eintreffende Strahlungsenergie der Sonne in Mitteleuropa (gerundet)		1.000 kWh
1 Tonne Rohöleinheiten (RÖE, engl. COE / Crude Oil Equivalent)		11.630 kWh
3,6 Megajoule (MJ)		1 kWh
1 Kilojoule (KJ)	1.000 Joule (10^3)	
1 Megajoule (MJ)	1.000.000 1 Million (10^6) Joule	0,278 kWh
1 Gigajoule (GJ)	1.000.000.000 1 Milliarde (10^9) Joule	278 kWh
1 Terajoule (TJ)	1.000.000.000.000 1 Billion (10^{12}) Joule	278.000 kWh
1 Petajoule (PJ)	1.000.000.000.000.000 1 Billionarde (10^{15}) Joule	278 Mio. kWh

ENERGIE-MASSEINHEITEN**Watt (W), Kilowatt (kW) / Maßeinheit für Leistung**

Benannt nach dem schottischen Techniker James Watt (1736–1819), gibt die Maßeinheit Watt die Leistung, den Energieumsatz pro Zeiteinheit, an.

$$1000 \text{ W} = 1 \text{ kW}$$

Leistungen

$$1,5 \text{ W} = \text{menschliches Herz}$$

$$80\text{--}100 \text{ W} = \text{menschliche Dauerleistung}$$

$$100 \text{ W} = \text{eine Glühlampe}$$

100 W pro Quadratmeter = gerundeter Mindestwert der auf der Erdoberfläche eintreffenden Sonnenstrahlung (Mitteleuropa) im Mittel von Tag/Nacht und unter Berücksichtigung von Bewölkung und unterschiedlichem Sonnenstand

$$150 \text{ W} = \text{ein größerer Fernseher}$$

$$400 \text{ W} = \text{Dauerleistung eines Pferdes}$$

$$530 \text{ W} = \text{eine Bohrmaschine von mittlerer Leistung}$$

$$1000 \text{ W (1 kW)} = \text{eine Masse von 100 Kilogramm in einer Sekunde einen Meter hochheben}$$

$$1000 \text{ W (1 kW) pro Quadratmeter} = \text{maximale auf der Erdoberfläche eintreffende Sonnenstrahlung (Mitteleuropa)}$$

$$1.367 \text{ W (1,4 kW) pro Quadratmeter} = \text{„Solarkonstante“, durchschnittliche Stärke der senkrecht auf die Erdatmosphäre eintreffenden Sonnenstrahlung}$$

$$1.500 \text{ W (1,5 kW)} = \text{kurzzeitige menschliche sportliche Höchstleistung}$$

Kilowattstunde (kWh) / Maßeinheit für Arbeit

Arbeit ist jene Menge an Energie, die in andere Energieformen umgewandelt wird. Sie ergibt sich aus den Faktoren Leistung mal Zeit.

$$\text{kW} \times \text{h} = \text{kWh}$$

Joule (J) / Maßeinheit für Arbeit

Seit dem 1.1.1978 wurde die Maßeinheit Kalorie (1 Kilokalorie = Energie, die gebraucht wird, um ein Kilogramm Wasser um 1 °C zu erwärmen) in der Europäischen Gemeinschaft durch die Maßeinheit Joule (1 J = 0,2388 cal.) abgelöst, benannt nach dem englischen Physiker James Prescott Joule (1818–1889).

1 Joule = 1 Watt für eine Sekunde. Ein Joule entspricht der Energie, die benötigt wird, um für die Dauer einer Sekunde die Leistung von einem Watt aufzubringen.

Kilo-, Mega-, Giga-, Tera-, Petajoule: siehe Tabelle „Vergleiche“

ENERGIE-UMWANDLUNG: WIRKUNGSGRAD

Der Wirkungsgrad (h) gibt das Verhältnis von Nutzenergie (zweckentsprechend verwertete Energiemenge, z.B. Strahlungsenergie einer Glühlampe) und insgesamt zugeführter Energiemenge an. Bei jeder Energieumwandlung entsteht als Nebenprodukt Wärme. Da diese meist nicht genutzt wird, kommt es zu Energieverlusten.

Wirkungsgrade:

Kerze: weniger als 1 %

Glühlampen und Energiesparlampen: 5–15 %

Menschliche Muskulatur: 10–20 %

Solarzellen: 10–20 %

Fahrzeugmotoren: 20–45 %

Kernkraftwerk: ca. 40 %

Kohlekraftwerk: bis 45 %

Dampfturbine: bis 45 %

Kleine bis große Wasserturbinen: 60 bis mehr als 90 %

Elektromotoren: 70–90 %

Wärmeerzeugung: 80 bis fast 100 %

(alte Holzfeuerungen: ca. 50 %)

ENERGIETRÄGER, ERNEUERBARE

Die Nutzung erneuerbarer Energien bedeutet die Umleitung, technische Nutzung und anschließende Rückführung eines Teils jener Energieflüsse, die auf der Erde permanent ablaufen. Die wichtigsten erneuerbaren Energieträger sind: Solarenergie (Strahlung), Wasser (kinetische Energie), Wind (kinetische Energie), Biomasse (chemische Energie), Erdwärme/Geothermie (thermische Energie).

ENERGIETRÄGER, FOSSILE

Gemische aus Kohlenwasserstoffen (organische Kohlenstoffverbindungen; C, H), die über lange Zeiträume hinweg entstanden und jeweils spezifische Verunreinigungen enthalten. Bei der Verbrennung mit Sauerstoff (O) entstehen Produkte wie Kohlendioxid (CO₂), Stickstoffoxide, Russ, Schwefel und weitere chemische Verbindungen.

Torf siehe ► **Torfwälder**

Kohle

Entstehung: Abgestorbenes organisches Material (v.a. Farne, Bäume) sackt auf den Grund von Sümpfen und Mooren ab, kann unter Luftabschluss nicht verwesen und wird langsam zusammengepresst sowie Druck und Wärme ausgesetzt. Im Gegensatz zum Erdöl sind Kohlelagerstätten noch in ausreichendem Maß vorhanden, daher setzen viele Industrie- und Schwellenländer in jüngerer Zeit vermehrt auf Kohle im Zusammenhang mit Bestrebungen zur ► CO₂-Sequestrierung.

Steinkohle:

älter (Karbon, Perm: vor ca. 300 Millionen Jahren), tief liegender, sehr dicht und rein, besteht hauptsächlich aus Kohlenstoff, hat weniger Sauerstoffgehalt und einen höheren Brennwert.

Braunkohle:

jünger (Tertiär: seit 65 Millionen Jahren und jünger), weniger verdichtet, höherer Sauerstoffgehalt und größere Schwefel-Anteile, geringerer Brennwert.

Erdöl

Nutzung:

Seit 10.000 v. Chr. (Mesopotamien: Bitumen, Babylonien: Beleuchtung, Asphaltierung von Hauptstraßen). Im Römischen Reich „Petroleum“, Schmierstoff für Achsen und Räder; im Byzantinischen Reich Erdöl-Flammenwerfer im Seekampf. 1852 Petroleum-Patent (nicht russender Lampenbrennstoff, Abraham Gesner), 1855 Entwicklung von Erdöl als Brennstoff (chemisches Reinigungsverfahren). 1850er-Jahre erste Ölbohrungen in Deutschland und Pennsylvania, 1859 erste Erdölraffinerie (Edwin L. Drake).

2. Hälfte 19. Jh. Konkurrenzierung des Erdöls durch elektrische Beleuchtung. Um 1900 Verlegung von Pipelines für den Öltransport (John D. Rockefeller / Standard Oil Company). Ölmilliardär Rockefeller agitiert für die Verwendung von Benzin als Ottokraftstoff für Automobile. Henry Ford kann sich mit seinem Vorschlag, Bioethanol zu verwenden, nicht durchsetzen.

Weltweite Produktion 1929: 200 Millionen Tonnen, 1950 (USA dominieren das internationale Ölgeschäft): 500 Millionen Tonnen. 1960 Gründung der OPEC (Organisation Erdöl fördernder Länder als Gegengewicht gegen große Ölkonzerne mit Verträgen aus der Kolonialzeit) in Bagdad (ab 1965 Sitz in Wien). 1960er-Jahre umfangreiche Erschließung der Ölquellen am Persischen Golf, 1970er-Jahre Erschließung der Ölquellen in der Nordsee und Alaska. 2004 weltweite Förderung von 3,8 Milliarden Tonnen.

Entstehung:

Nach der heute dominierenden biogenetischen Theorie der Erdölentstehung seit ungefähr 500 Millionen Jahren mit der Zunahme der Lebens auf der Erde (mit Beginn des Erdalters vor 542 Millionen Jahren: „kambrische Explosion“: starke Zunahme und Diversifizierung der irdischen Lebensformen und Arten), über lange Zeiträume hinweg. Abgestorbene tierische und pflanzliche Kleinlebewesen auf dem Meeresgrund werden luftdicht von Schlammschichten überlagert und die organischen Verbindungen von anaeroben Bakterien zerlegt. In Verbindung mit mineralischen Schwebstoffen als Katalysatoren, mit zunehmendem Druck und zunehmender Temperatur entsteht ein Gemisch aus Kohlenwasserstoffverbindungen. Der Faulschlamm erhärtet allmählich. Weitere Erdschichten überlagern das harte gewordene „Muttergestein“. Das in diesem entstandene Erdöl und Erdgas steigt aufgrund geringerer Dichte und leichteren Gewichts in die angelagerten porösen Sand- und Kalksteine auf, bis es sich unter einer undurchlässigen Erdschicht ansammelt.

Bestandteile:

Kohlenwasserstoffe. Wegen Verunreinigungen mit Schwefel- und Stickstoffverbindungen u.a.m. kommt es bei der Verbrennung zu vergleichsweise hohen Schadstoffemissionen. Bei der Verbrennung entsteht eine große Menge von CO₂ (wenngleich weniger als bei der Verbrennung von Kohle).

Erdgas

Entstehung: zusammen mit Erdöl. Der gasförmige Anteil der Kohlenwasserstoffe ist häufig in Form von Erdgas über dem flüssigen Erdöl eingeschlossen.

Hauptbestandteil: Methan (CH₄). Enthält deutlich weniger Verunreinigungen als Kohle und Erdöl und setzt daher bei der Verbrennung weniger Schadstoffe frei. Wegen des höheren Wasserstoffanteils im Vergleich zu Kohle oder Erdöl wird bei der Verbrennung bei gleichem Energieertrag weniger CO₂ emittiert.

Methanhydrat

Besteht aus Methan, dessen Moleküle von gefrorenem Wasser umschlossen sind. Entsteht am Boden von Meeren und tiefen Gewässern unter hohem Druck und niedriger Temperatur. An den Hängen der Kontinentalschelfe dürfte mehr als doppelt so viel Kohlenstoff in Form von Methanhydrat gebunden sein wie in allen Erdöl-, Erdgas- und Kohlevorräten der Erde. Da Methanhydrat bei niedrigem Druck zu Wasser und Methan zerfällt, könnte das frei werdende Methan ähnlich wie Erdgas (und mit dem Erdgas vergleichbaren Emissionen) genutzt werden, allerdings unter großem Risiko: Hangrutsche an Kontinentalschelfen könnten Tsunamis auslösen; bei der Gewinnung könnte ein Teil des stark wirksamen Treibhausgases Methan unverbrannt entweichen.

ETHANOL (umgangssprachlich Alkohol)

Als Kraftstoff bereits 1860 von Nikolaus August Otto verwendet. Herstellung aus fossilen Kohlenstoffträgern oder aus Biomasse. Bioethanol aus der Landwirtschaft wird von Henry Ford als Kraftstoff der Zukunft gesehen (Fords „Model T“ von 1908 läuft mit Ethanol). In Deutschland in den 1920er- und 1930er-Jahren Beimischungen von Kartoffelschnaps („Spiritus“) zu Benzin. Nach den Ölkrisen der 1970er-Jahre Förderprogramme in einzelnen Ländern (z.B. Brasilien, USA); Boom in den letzten Jahren als Folge hoher Ölpreise und der Klima-Krise.

Die Gesamtbilanz (Energie, Emissionen) und die Auswirkungen der (Bio-)Ethanol-Herstellung und des Energiepflanzen-Anbaus auf das Klima sind derzeit stark umstritten. Eine viel

diskutierte Frage ist auch die Konkurrenz von Kraftstoff- und Lebensmittelproduktion und deren soziale Folgewirkungen. Umwelt- und Sozialorganisationen zählen zu den größten Kritikern des Agrotreibstoff-Anbaus (Argumente: düng- und pestizidintensiven Monokulturen mit hohem Ausstoß von Stickoxiden und Lachgas; Abholzung von Regen- und Torfwäldern; weltweit agierende Großkonzerne; gewaltsame Land-Okkupationen in nicht gefestigten Demokratien; Interesse der Gentechnik-Industrie u.a.m.). Siehe auch ► Biodiesel.

„Bioethanol“ entsteht durch die Fermentation (= Gärung) zucker- und stärkehaltiger Pflanzen. Hefepilze sorgen für den anaeroben Abbau von Kohlehydraten zu Alkohol.

Die am häufigsten in der Ethanolherstellung verwendeten Pflanzen enthalten Stärke (Weizen, Roggen, Mais, Kartoffeln) oder Zucker (Zuckerrohr, Zuckerrübe, Melasse). Während zuckerhaltige Rohstoffe direkt vergoren werden können, muss bei den anderen Pflanzen zunächst die Stärke mithilfe von Enzymen in Glukose (Zucker) aufgespalten werden.

„Zellulose-Ethanol“ (Treibstoffe der „zweiten Generation“): aus Ganzpflanzen, pflanzlichen Abfällen, Holz, Stroh. Eine umweltfreundlichere und billigere Alternative zur gängigen Bioethanol-Produktion (mit Monokulturen, intensiver Bewirtschaftung und dem Einsatz von Pestiziden und Düngern). In großem Maßstab angewendet, besteht jedoch durch die dem natürlichen Kreislauf entzogene Biomasse die Gefahr der Verarmung von Böden. Derzeit noch Probleme bei der Umwandlung der Inhaltsstoffe Zellulose und Hemizellulose in vergärbaren Zucker (zu langsam und unvollständig für eine wirtschaftliche Produktion); es sind jedoch zunehmend Fortschritte von einzelnen Forschergruppen zu verbuchen.

FISCHER-TROPSCH-SYNTHESE

Patentiert 1925 von den deutschen Chemikern Franz Fischer und Hans Tropsch. Verfahren zur Umwandlung eines Synthesegases aus Kohlenmonoxid und Wasserstoff in flüssige Kohlenwasserstoffe mithilfe von Metallkatalysatoren. Das Synthesegas kann durch die Verbrennung von Koks oder Kohle, aber auch aus kohlenstoffhaltigen Rohstoffen wie Erdgas und durch die Vergasung von Holz, Stroh und weiteren Biomasseformen erzeugt werden. Bislang weltweit nur einige Anlagen (Bsp. Südafrika, China, USA/geplant, meist zur Umwandlung von Kohle in Treibstoff).

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA)

Energiepolitische Beratungsorganisation der OECD (Organisation für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung) mit Sitz in Paris, die während der Ölkrise 1973/74 gegründet wurde und der heute 27 (Industrie-)Länder inklusive Deutschland und Österreich angehören. Ziele sind „Energiesicherheit, Wirtschaftswachstum und Umweltschutz“. Aus den Mitgliedsländern entstammende Statistik- und Energieexperten erarbeiten u.a. den jährlich erscheinenden „World Energy Outlook“.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, „Weltklimarat“) siehe Klimakonferenzen, -konventionen, -protokolle, -berichte

JOINT IMPLEMENTATION (JI, Gemeinsame Umsetzung)

Zählt zu den „flexiblen Mechanismen“ des Kyoto-Protokolls (► Klimakonferenzen). Industrieländer, die das Kyoto-Protokoll unterzeichnet haben, können in einem anderen Industrieland Projekte zur Reduktion von Treibhausgasemissionen durchführen (im Unterschied zum ► „Clean Development

Mechanism“, der Entwicklungsländer betrifft). Diese Reduktionen werden zur Erfüllung der Kyoto-Reduktionsziele im eigenen Land angerechnet.

In der EU ist die JI (und der CDM) über die so genannte „Verbindungs-Richtlinie“ mit dem Emissionshandel im Binnenmarkt verknüpft. Diese ermöglicht es Unternehmen, außerhalb der EU emissionsreduzierende Projekte durchzuführen und dafür Emissionsgutschriften zu erhalten.

KERNFUSION

Kernreaktion, wie sie in der Sonne abläuft, in der unter hohem Druck und extrem hohen Temperaturen zwei Wasserstoffkerne zu Helium verschmelzen. Verschmilzt ein Gramm Wasserstoff, entspricht dies etwa der Energiemenge, die in 10.000 Litern Heizöl enthalten ist. Wird seit 50 Jahren in extrem aufwendigen Experimenten beforscht. Die größte Schwierigkeit besteht in der Erzeugung der nötigen Temperatur von hundert Millionen Grad (das heiße Plasma wird mittels Magnetfeldern von seiner Umgebung isoliert) und einer dauerhaften (über Sekundenbruchteile hinausgehenden) Entzündung des Plasmas (benötigte bislang so viel Energie, dass in der Bilanz keine Energie gewonnen werden konnte). An einer Weiterentwicklung mit dem Ziel einer kommerziellen Nutzung dieser Technologie wird gearbeitet, ein durchschlagender Erfolg ist jedoch auf Jahrzehnte hin nicht absehbar.

KLIMAKONFERENZEN, -KONVENTIONEN, -PROTOKOLLE, -BERICHTE

Die wichtigsten Meilensteine:

1979: Erste Weltklimakonferenz in Genf

Teilnehmende ausschließlich WissenschaftlerInnen.

1988: Erste zwischenstaatliche Klimakonferenz in Toronto

Erste Klimakonferenz mit Teilnahme von RegierungsvertreterInnen; Einigung auf eine Reduktion der CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2005 um 20 % gegenüber 1988.

1988: IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)

Der IPCC, der Zwischenstaatliche Ausschuss zum Klimawandel, wird 1988 vom Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) und der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) gegründet. Er soll die Risiken der globalen Erwärmung beurteilen und Vermeidungsstrategien erarbeiten. Insgesamt mehr als 2.000 WissenschaftlerInnen sammeln in Arbeitsgruppen aktuelle Forschungsergebnisse und stellen diese in Sachstandsberichten (Assessment Reports) zusammen.

1990–1992: UNFCCC (Klimarahmenkonvention / United Nations Framework Convention on Climate Change)

Bei der zweiten Weltklimakonferenz in Genf 1990 verabschiedeten die anwesenden Minister eine Deklaration, die die Forderung enthielt, im Rahmen der Vereinten Nationen eine Klimakonvention zu erstellen, mit deren Erarbeitung noch im selben Jahr begonnen wurde.

Diese Klimarahmenkonvention zur Stabilisierung des CO₂-Gehalts der Atmosphäre und zur Vermeidung gefährlicherer anthropogener Störungen des Klimasystems (UNFCCC) wurde im Mai 1992 verabschiedet, beim Erdgipfel in Rio de Janeiro im Juni 1992 (Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung) von vielen Staaten unterzeichnet (mittlerweile von 189, also fast allen Ländern der Welt) und trat mit der Ratifi-

zierung durch 50 Staaten 1994 in Kraft. Die Industrieländer verpflichteten sich freiwillig, ihre Emissionen bis zum Jahr 2000 auf dem Niveau von 1990 zu stabilisieren.

1995: 1. Konferenz der UNFCCC-Vertragsstaaten in Berlin

Erteilt „Berliner Mandat“ zur Verhandlung über ein rechtlich verbindliches Protokoll (statt bloß freiwilliger Selbstverpflichtung wie in der Klimarahmenkonvention) zur Reduktion von Treibhausgasemissionen mit konkreten nationalen Reduktionszielen und einem klaren Zeitplan.

1997: Kyoto-Protokoll (3. UNFCCC-Vertragsstaaten-Konferenz)

Nach einer weiteren Konferenz der UNFCCC-Vertragsstaaten 1996 in Genf fand 1997 im japanischen Kyoto die dritte UN-Konferenz zur Vermeidung eines Klimawandels statt. Nach einer schwierigen nächtlichen Sitzungsrunde einigte man sich am 11. Dezember 1997 darauf, ein Protokoll zu verabschieden, das bereits zwei Jahre zuvor in Berlin in seinen Grundzügen beschlossen worden war und in dem sich die Industrieländer dazu verpflichteten, die Emissionen von sechs Treibhausgasen (Kohlendioxid/CO₂, Methan/CH₄, Lachgas/N₂O, teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe und perfluorierte Kohlenwasserstoffe, Schwefelhexafluorid/SF₆) in der Periode 2008–2012 um mindestens 5,2 % gegenüber dem Niveau von 1990 zu reduzieren. Der Fünfjahreszeitraum als Bemessungsgrundlage der Reduktionsverpflichtungen soll Flexibilität ermöglichen und den Einfluss kurzfristiger Emissionsschwankungen minimieren. Im Einzelnen nahmen die Länder sehr unterschiedliche Reduktionsverpflichtungen auf sich: Deutschland z.B. –21 %, Österreich –13 %, Großbritannien –12,5 %, Japan –6 %, Frankreich und Russland +/-0 %, Europäische Union –8 %. Zudem wurde der Grundstein für einen ► Emissionshandel gelegt und flexible Mechanismen vorgesehen (► Clean Development Mechanism/CDM, ► Joint Implementation/JI), allerdings nicht hinreichend ausformuliert.

Offene Punkte und Fragen sowie Widerstände vonseiten Ländern wie der USA verhinderten eine rasche Ratifizierung des Kyoto-Protokolls. So musste etwa die sechste UNFCCC-Vertragsstaatenkonferenz in Den Haag im November 2000 ergebnislos abgebrochen werden (im Wesentlichen drei Lager: EU, die „umbrella group“ mit USA, Australien, Kanada, Japan Russland u.a., die Entwicklungsländer; die EU verweigert die Zustimmung zu einem Kompromiss wegen zu vieler „Schlupflöcher“: weit reichende Anrechnung von Wäldern als CO₂-Senken, kein klar definierter Anteil von verpflichtenden Reduktionen im eigenen Land, keine Einigung auf rechtliche Sanktionen bei Nicht-Erfüllung). 2001 setzte die EU den Abschluss des Kyoto-Protokolls durch, allerdings verlangten Russland, Kanada, Japan und Australien für ihre Zustimmung wiederum Zugeständnisse. Im selben Jahr hatte der neu gewählte amerikanische Präsident George W. Bush den Rückzug der USA von der Teilnahme am Kyoto-Protokoll verkündet, da die Vereinbarung der amerikanischen Wirtschaft schade.

2005: In-Kraft-Treten des Kyoto-Protokolls

Der Vertrag wurde völkerrechtlich erst verbindlich wirksam, wenn ihn 55 Staaten ratifiziert hatten, auf die mindestens 55 Prozent des Kohlendioxid-Ausstoßes der Industrieländer von 1990 entfielen. Da die USA (mit mehr als einem Drittel der entscheidenden Emissionen) die Ratifizierung verweigerten, konnte das Kyoto-Protokoll erst am 16. Februar 2005 in Kraft treten, nachdem Russland (mit einem knappen Fünftel der Emissionen) ihn im November 2004 ratifiziert hatte. Mittlerweile wurde das Abkommen von insgesamt 175 Ländern in ihren nationalen Parlamenten ratifiziert.

2006: Stern-Report

Sir Nicolas Stern, der ehemalige Chefökonom der Weltbank, präsentierte während der 12. UNFCCC-Konferenz den Aufsehen erregenden, im Auftrag des britischen Schatzkanzlers erstellten und am 30.10.2006 im Internet veröffentlichten „Stern Report“ („Stern Review on the Economics of Climate Change“), der die Kosten des Klimaschutzes (1 % der weltweiten Wirtschaftsleistung) jenen Kosten gegenüberstellte, die durch Nicht-Handeln entstünden und die Erstere bei Weitem überträfen (5–20 % der weltweiten Wirtschaftsleistung).

2007: Vierter Assessment Report des IPCC

Im ersten Assessment Report von 1990 warnte der IPCC, die CO₂-Konzentration der Atmosphäre liege bereits etwa 25 % über vorindustriellem Niveau. Beim zweiten Assessment Report von 1995 wurde bereits davon gesprochen, dass die vorhandenen wissenschaftlichen Daten einen menschlichen Einfluss auf das Klima nahe legen würden. Der jüngste, vierte Sachstandsbericht von 2007 erzielte hohe Aufmerksamkeit, da er die anthropogene Verursachung einer Klimaerwärmung als wissenschaftlich erwiesen dokumentierte. Seine Veröffentlichung begann am 2. Februar 2007 („Summary for Policymakers“ der Arbeitsgruppe 1). Obwohl der Bericht die dramatischen Folgen des Klimawandels eindringlich beschrieb (Dürren, Überschwemmungen, Stürme, Polareis-Schmelzen, Versinken von Inselstaaten, Untergang von Ökosystemen, Artensterben, Zunahme von Infektionskrankheiten und Epidemien wie Malaria und Cholera, Ausbreitung von Schädlingen, Umweltkriege etc.), konnte er aufgrund des Redaktionsschlusses Mitte 2006 danach erscheinende Artikel und Studien nicht berücksichtigen, die darauf hinweisen, dass das Arktis-Eis rascher abschmilzt als befürchtet, dass die globalen Kohlendioxid-Emissionen aufgrund zunehmender Verwendung von Kohle u.a. in China in den letzten Jahren deutlich rascher ansteigen als zuvor und dass die Ozeane bereits heute weniger CO₂ aufzunehmen vermögen als in der Vergangenheit und sich somit ihre Pufferkapazität reduziert. Der IPCC wurde 2007 zusammen mit Al Gore mit dem Friedensnobelpreis ausgezeichnet.

6.–8.6.2007: G8-Gipfeltreffen in Heiligendamm

Die G8-Länder (Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Italien, Japan, USA, Kanada, Russland) einigten sich bei ihrem Gipfeltreffen unter deutscher Präsidentschaft darauf, Verhandlungen für ein Post-Kyoto-Abkommen zu starten und eine Halbierung der Treibhausgasemissionen bis 2050 „ernsthaft“ in Betracht zu ziehen. Deutschland spielt im internationalen Klimaschutz (über seinen Einfluss auf die EU) eine treibende Rolle.

3.–14.12.2007: 13. Konferenz der UNFCCC-Vertragsstaaten in Bali

= 3. Konferenz der Kyoto-Vertragsstaaten nach In-Kraft-Treten des Protokolls

Einigung auf konkrete Verhandlungen (Inhalte, Zeitplan) für eine Kyoto-Nachfolgeregelung. Ein solcher Vertrag soll bis 2009 ausverhandelt werden, um eine Ratifizierung bis 2012 (Auslaufen der Wirksamkeit des Kyoto-Protokolls) zu ermöglichen. Nach dem aktuellen Stand der Forschung müssten bis 2050 60–80 % Emissionsverminderung gegenüber 1990 erzielt werden (im Vergleich zu den 5,2 % 2008 bis 2012, die im Kyoto-Protokoll ausverhandelt wurden und deren Erreichung ungewiss ist).

KONSISTENZ

„Zusammenhang“, „Stimmigkeit“, hier: Nutzung von Technologien, die sich in natürliche Energieflüsse integrieren lassen und

keine destruktiven Effekte nach sich ziehen. Wird zusammen mit Effizienz und ► Suffizienz eingefordert.

KRAFT-WÄRME-KOPPLUNG (KWK)

Gekoppelte Produktion sowohl von Elektrizität wie von Wärme (Nutzung in Fernwärmenetzen oder als industrielle Prozesswärme), was den energetischen Nutzungsgrad erhöht und Primärenergieverluste vermindert. Thermische Kraftwerke ohne KWK geben die bei der Stromerzeugung entstehende Wärme in Kühlsystemen ungenutzt ab.

KYOTO-PROTOKOLL ► siehe **Klimakonferenzen, -konventionen-, -berichte**

ROHÖLEINHEITEN ► siehe **Energie-Maßeinheiten (Tabelle „Vergleiche“)**

SUFFIZIENZ

„Genügsamkeit“, hier: maßvolle Lebensweise ohne exzessiven Verbrauch von Ressourcen und Energie. Wird zusammen mit Effizienz und Konsistenz eingefordert.

TORFWÄLDER

Tropische Torfwälder gelten als größte Kohlenstoffsinken unter den Landökosystemen (in Indonesien bis zu zehn Meter tiefe Torfschichten unter Regenwald auf feuchten Standorten, die teilweise seit 10.000 Jahren entstanden). Der in der Torfschicht gespeicherte Kohlenstoff wird bei Bränden oder nach Abholzung (Torf oxidiert und wird langsam abgebaut) freigesetzt. Derzeit häufig (Brand-) Rodungen u.a. für Palmölplantagen zur Treibstoffgewinnung.

TREIBHAUSGAS-EMISSIONEN

Die wichtigsten Treibhausgase in der Atmosphäre sind in abnehmender Reihenfolge: Wasserdampf (maximal 2 Drittel des Treibhauseffekts), Kohlendioxid (maximal 1 Drittel), Methan (weniger als 10 Prozent), Ozon, Lachgas und andere.

Emissionen Österreichs

Österreich verpflichtete sich laut Kyoto-Protokoll dazu, seine Treibhausgas-Emissionen 2008 bis 2012 um 13 % gegenüber 1990 zu reduzieren. 2005 lagen seine Emissionen jedoch um 18 % über dem Wert von 1990.

In CO₂-Äquivalenten umgerechnet, trug Kohlendioxid selbst mit ca. 85 % zu diesen Emissionen bei, Methan zu ca. 8 %, Lachgas zu ca. 6 % und fluoridierte Treibhausgase zu ca. 1 %.

Kohlendioxid (CO₂)

Die Konzentration des Treibhausgases Kohlendioxid in der Atmosphäre stieg seit Beginn der Industrialisierung von 280 ppm (parts per million) auf 381 ppm (2006). Mehr als drei Viertel des zusätzlichen Kohlendioxids stammt laut Isotopenanalyse aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe, der Rest v.a. aus dem Abbrennen von Wäldern.

CO₂-Äquivalente

Einheit, um unterschiedliche Treibhausgase in ihrer Klimawirksamkeit vergleichen zu können. Wenn z.B. Methan 21-mal (Äquivalenz-Zahlen differieren derzeit noch) klimawirksamer ist als Kohlendioxid, entspricht 1 kg Methan 21 CO₂-Äquivalenten.

CO₂-Neutralität

Bei der pflanzlichen Photosynthese werden Kohlendioxid und Wasser in Sauerstoff (wird freigesetzt) und Kohlenhydrate (gebunden) umgewandelt. Pflanzen speichern also Kohlenstoff und geben diesen bei ihrer Verrottung wieder an die Atmosphäre ab (zusammen mit Sauerstoff entsteht wiederum CO₂). Da auch

bei der thermischen oder sonstigen energetischen Verwertung von Biomasse bloß so viel CO₂ frei wird, als im Zuge des Pflanzenwachstums gebunden wurde, wird diese Form der Energiegewinnung als CO₂-neutral bezeichnet. Tatsächlich klima- bzw. emissionsneutral ist dieser Prozess aber nur dann, wenn nicht im Zuge der Biomassegewinnung vorhandene Kohlenstoffsinken zerstört werden (wie etwa durch die Umwandlung von Regen- und Torfwäldern in Plantagen) und wenn die entnommene Biomasse wieder nachwachsen kann.

Siehe auch ► CO₂-Sequestrierung

Methan (CH₄, „Sumpfgas“)

Die Konzentration von Methan in der Atmosphäre stieg seit 1750 bis 2000 von 0,6 auf 1,75 ppm. Als Treibhausgas mindestens 20-mal wirksamer als CO₂, kommt allerdings in geringeren Mengen in der Atmosphäre vor und reagiert dort mit einer Halbwertszeit von 14 Jahren zu CO₂ und Wasser. Hauptbestandteil von Erdgas und Biogas.

Natürliche Quellen u.a.: vulkanische Aktivitäten, Sümpfe.

Anthropogen verursachte Quellen sind vor allem: Landwirtschaft mit intensiver Rinderhaltung, Reisanbau, Mülldeponien, Erdgasgewinnung.

Lachgas (N₂O, Distickstoffoxid)

Mindestens 300-mal treibhauswirksamer als CO₂.

V.a. zwei menschlich verursachte Quellen: Hochtemperatur-Verbrennung (Pkws mit Katalysatoren, industrielle Prozesse, Kraftwerke, Biomasse, Brandrodung) und Landwirtschaft mit Kunstdünger-Einsatz und Leguminosen-Anbau (in überdüngten Böden setzen Bodenbakterien Lachgas frei).

Kohlenwasserstoffe (HFKW, FKW)

Teil- und vollfluorierte Kohlenwasserstoffe, die meist von Natur aus nicht vorkommen und industriell produziert werden, werden als Ersatz für die ozonschädigenden FCKW (Fluorchlorkohlenwasserstoffe) verwendet (u.a. als Treibgase für Aerosole, in Schaumstoffen, Schmier-, Isolier-, Imprägnier- und Lösungsmitteln, in Kühlanlagen und als Ausgangsstoff für Kunststoffe wie Teflon).

UNFCCC (Klimarahmenkonvention) siehe **Klimakonferenzen, -konventionen-, -berichte**

WASSERSTOFF-TECHNOLOGIE

Reiner Wasserstoff ist ein brennbares, reaktionsfreudiges, farb- und geruchloses, giftiges Gas, das ähnlich wie Erd- und Biogas zum Antreiben von (Fahrzeug-)Motoren und mittels stromliefernder Brennstoffzellen genutzt werden kann. Die Emissionen bestehen v.a. aus heißer Luft und Wasserdampf. Wasserstoff wird in Druckbehältern (gasförmig) oder in vakuumisolierten Behältern (flüssig) gespeichert. Da Wasserstoffgas kein von Natur aus vorkommender Primärenergieträger ist, muss es mithilfe anderer Energieträger erzeugt werden (Elektrolyse von Wasser, Herstellung aus Erdgas, Ölvergasung, Methanolreformierung, Vergasung und Vergärung von Biomasse u.a.). Die Automobilindustrie investiert seit Jahren in die Entwicklung wasserstoffbetriebener Fahrzeuge, die größten Hemmnisse für die Verbreitung dieser Technologie im Verkehrssektor liegen derzeit im Fehlen einer Tankstelleninfrastruktur, hohen Kosten und zu geringen Wirkungsgraden (= hohe Primärenergieverluste). Ein großflächiger Einsatz bei konventioneller Herstellung mittels Dampftechnologie und fossilen Energieträgern wäre wenig sinnvoll.