



KLIMA UND ENERGIE

Der Mensch ist zum wichtigsten Einflussfaktor des Klimas geworden. Vor allem durch die Verbrennung fossiler Energieträger verstärkt er den natürlichen Treibhauseffekt und verändert so das Klima. Experten sagen für die kommenden Jahrzehnte eine deutliche Erwärmung der Erde und die Häufung von Wetterextremen voraus.

EINLEITUNG

Unter dem Begriff „Klima“ versteht man den langjährigen, mittleren Zustand der Atmosphäre. Dagegen beschreibt „Wetter“ die kurzfristigen Klimaereignisse in der Atmosphäre, etwa Regenfälle, Hitze oder Stürme. Das Klima wird gesteuert vom Zusammenspiel externer und interner Einflussfaktoren, die gemeinsam als Klimasystem bezeichnet werden.

Der dominierende externe Faktor ist die Sonnenstrahlung. Zu den internen Faktoren gehören die fünf Untersysteme Atmosphäre, Hydrosphäre (Gewässer, vor allem die Ozeane), Biosphäre (vor allem die Vegetation), Kryosphäre (eisbedeckte Meer- und Festlandflächen) und die Lithosphäre (Gesteinszone). Zwischen diesen Teilsystemen laufen vielfältige Austauschprozesse ab (Abb. 1). So schwankt zum Beispiel die Stärke der Sonnenstrahlung, verdunsten große Mengen Wasser von den Ozeanen in die Atmosphäre, Pflanzen nehmen Kohlendioxid aus der Atmosphäre auf und Vulkane stoßen Stäube und Gase aus. Das natürliche Zusammenspiel im Klimasystem hat von je her zu Schwankungen des

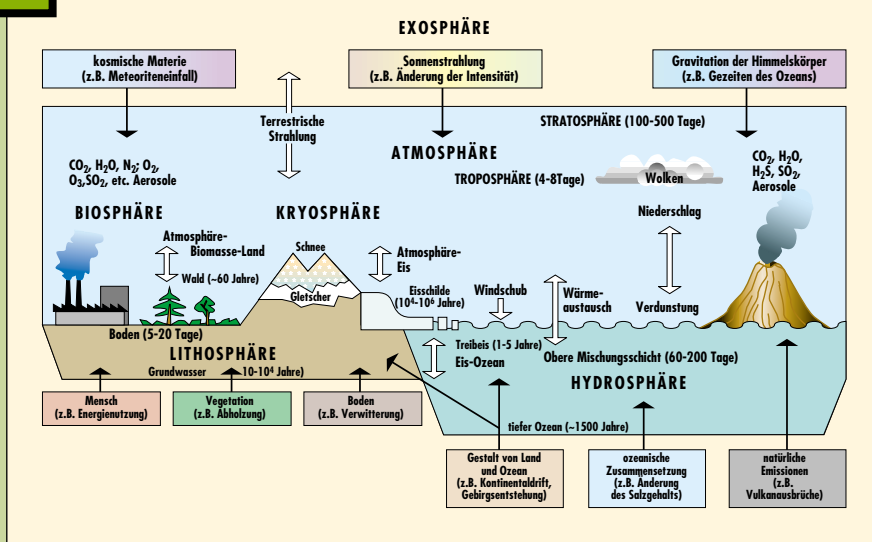


Abb. 1 Das Klimasystem [Quelle: Enquete-Kommission]

Klimas geführt. So wechselten im Laufe der jüngeren Erdgeschichte Warm- und Kaltzeiten einander ab. Während der letzten Jahrhunderte wuchs der Einfluss der Menschen auf das natürliche Klimasystem. Waldrodungen und die Freisetzung klimawirksamer Gase griffen in den Wärmehaushalt der Erde ein und es änderte sich auch die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre. Seit der industriellen Revolution wird der Energiehunger der Menschheit vor allem durch die Verbrennung der fossilen Energieträger Kohle, Öl und Gas gestillt. Es gilt heute als sicher, dass – vor allem durch

diese Abgase – die Menschen das natürliche Klima der Erde verändern. Erste Anzeichen sind nicht mehr zu übersehen: Bereits heute ist ein Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur feststellbar, es häufen sich extreme Wetterereignisse wie Überflutungen, Stürme und Dürren, Gletscher schmelzen ab und ein Anstieg des Meeresspiegels ist zu beobachten. All das sind Indizien dafür, dass die Klimaänderung bereits im vollen Gange ist.

ZENTRALE BEGRIFFE

- > Klimasystem
- > Interne Einflussfaktoren
- > Externe Einflussfaktoren

DAS TREIBHAUS ERDE

Die Atmosphäre besteht zu etwa 78 % aus Stickstoff, zu 21 % aus Sauerstoff und zu knapp 1 % aus Edelgasen. Dazu kommt eine Gruppe von Gasen, die zusammen gerade einmal 0,1 % ausmachen, ohne die es jedoch kein Leben auf der Erde gäbe: Die Treibhausgase. Diese wirken wie die Glasscheiben eines Treibhauses, indem sie das einstrahlende Sonnenlicht in Richtung Erdboden passieren lassen, jedoch die vom Erdboden zurückstrahlende Wärme zum Teil reflektieren.

Ohne den natürlichen Treibhauseffekt läge die globale Durchschnittstemperatur auf der Erdoberfläche bei etwa -18°C, anstatt bei komfortablen +15°C. Die Differenz geht zu rund zwei Dritteln (20,5°C) auf den in der Atmosphäre enthaltenen Wasserdampf zurück. Doch auch Kohlendioxid (7,2°C), Ozon und Lachgas (je etwa 2,5°C), Methan (0,8°C) und andere Gase (ca. 0,6°C) erhöhen die Temperatur.

Durch die Freisetzung von Treibhausgasen dreht der Mensch an der „Klimaschraube“ und verstärkt den natürlichen Treibhauseffekt.

Diese Verstärkung wird als „anthropogener“ (= vom Menschen verursachter) oder „zusätzlicher Treibhauseffekt“ bezeichnet. Das Treibhauspotenzial einzelner Gase lässt sich berechnen. So führt allein der Anstieg des Kohlendioxidgehaltes (Abb. 2) dazu, dass pro Quadratmeter Erdoberfläche etwa 1,5 Watt mehr Energie in der Atmosphäre verbleiben. Das Treibhauspotenzial von Methan beträgt rund 0,5 Watt/m² zusätzlichen Treibhauseffektes, weitere 0,5 Watt/m² gehen auf die als „Ozonkiller“ bekannten Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) zurück. Ebenfalls treibhausrelevant sind Lachgas (N₂O), Schwefelhexafluorid (SF₆) und die als FCKW-Ersatzstoffe eingesetzten Fluorkohlenwasserstoffe (FKW).

Der „Energiegewinn“ aus diesem zusätzlichen Treibhauseffekt führt zu einem Anstieg der Temperaturen und einer Verstärkung der atmosphärischen Prozesse (z. B. Verdunstung, Wind).

Jahr	Kohlendioxid (ppm)	Methan (ppb)	Lachgas (ppb)	FCKW (ppb)
1765	279	790	285	-
1900	296	974	293	-
1970	325	1421	299	0,12
1980	337	1569	303	0,27
2000	370	1700	310	0,50

Abb. 2 Atmosphärische Mischungsverhältnisse treibhausrelevanter Spurengase seit 1765 (ppm = parts per million [10⁶] und ppb = parts per billion [10⁹])

ZENTRALE BEGRIFFE

- > Treibhausgase
- > Anthropogener Treibhauseffekt
- > Natürlicher Treibhauseffekt
- > Treibhauspotenzial

DAS KLIMA ÄNDERT SICH

Klimaänderungen sind bereits in vollem Gange. So ist die weltweite Durchschnittstemperatur im vergangenen Jahrhundert um 0,6°C angestiegen. Die 1990er Jahre waren das wärmste Jahrzehnt im 20. Jahrhundert und 1998 das wärmste Jahr seit Beginn der systematischen Klimaaufzeichnungen.

In Zukunft werden die Klimaänderungen weiter fortschreiten. Wissenschaftler versuchen das Ausmaß und die regionale Verteilung der Veränderungen mit Hilfe von Klimamodellen vorherzusagen. Demnach

wird sich die globale Durchschnittstemperatur im Verlaufe dieses Jahrhunderts um 1,4 bis 5,8°C erhöhen und der Meeresspiegel um 20 bis 70 cm ansteigen.

Als besonders gravierend ist die ebenfalls prognostizierte Häufung extremer Wetterereignisse einzuschätzen. Die Zahl großer wetterbedingter Naturkatastrophen ist weltweit von 10 in den 1950er auf 66 in den 1990er Jahren gestiegen, davon waren 35 Sturm-, 26 Überschwemmungs- und 5 sonstige Katastrophen. Die volkswirtschaftlichen Schäden durch große Naturkatastrophen

sind von den 1950er zu den 1990er Jahren von etwa 40 auf 540 Mrd. Euro gestiegen. Der Trend setzt sich offensichtlich fort, denn im Jahr 2001 richteten Naturkatastrophen Schäden in Höhe von 700 Mrd. Euro an, klimabedingte Katastrophen wie Überschwemmungen und Stürme machten dabei rund 60 % aus. Und im Sommer 2002 verursachte allein die Flut in Ostdeutschland Schäden in Höhe von etwa 15 - 20 Mrd. Euro. Für die Zukunft wird eine weitere Zunahme klimatischer Extremereignisse erwartet.

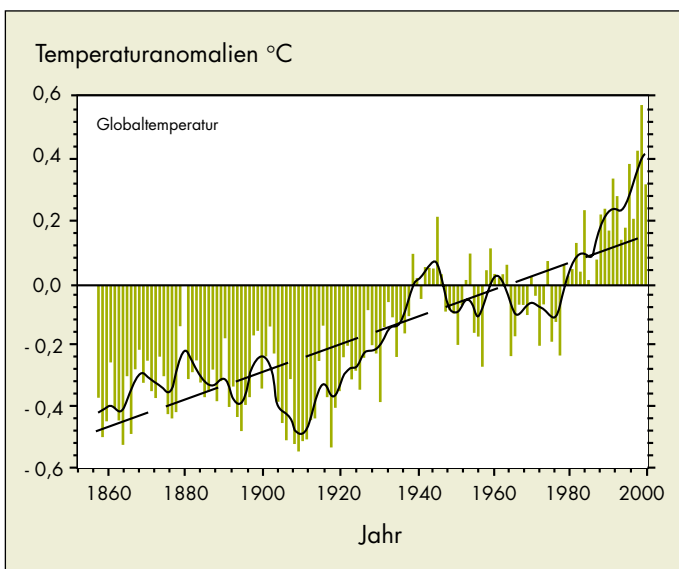


Abb. 3 Entwicklung der globalen Durchschnittstemperatur

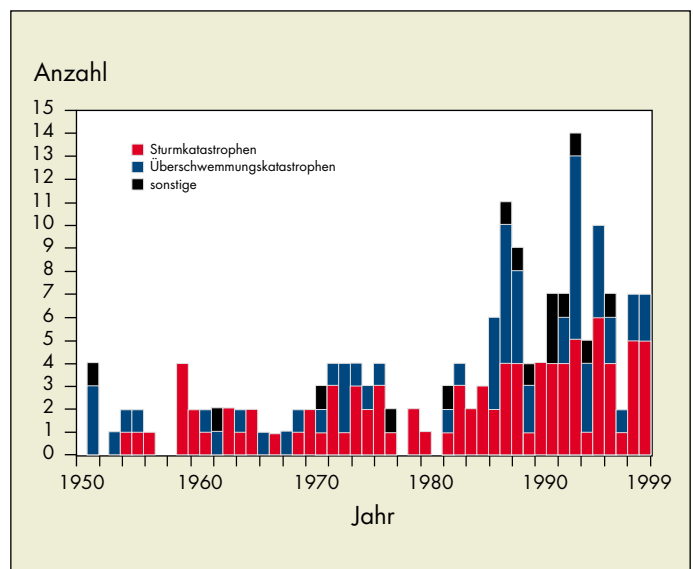


Abb. 4 Entwicklung der Anzahl klimabedingter Katastrophen

ENERGIE UND KOHLENDIOXID

Die bedeutendste anthropogene Quelle klimarelevanter Gase ist die Verbrennung der fossilen Energieträger Kohle, Öl und Erdgas. Seit der Industriellen Revolution Mitte des 19. Jahrhunderts hat sich der weltweite Primärenergieverbrauch um das Vierzigfache erhöht. Im Jahr 2000 betrug er knapp 420 Exajoule (EJ = 10¹⁸ J). Unter Primärenergie wird die zur Bereitstellung der nutzbaren Energieträger (z. B. Treibstoffe, Heizöl, Strom) eingesetzte Rohenergie verstanden. Diese wird zu 34,9 % aus Rohöl, 23,5 % aus Kohle und 21,1% aus Erdgas gewonnen. Die letztendlich genutzte Endenergiemenge betrug 290 EJ. Die restlichen 130 EJ gingen in Kraftwerken oder bei der Verteilung ungenutzt verloren. Allgemein wird von einem weiteren Wachstum des Energieverbrauchs in den kommenden Jahrzehnten ausgegangen, allerdings werden die erneuerbaren Energien hierzu einen immer größeren Beitrag leisten (vgl. Abb. 5)

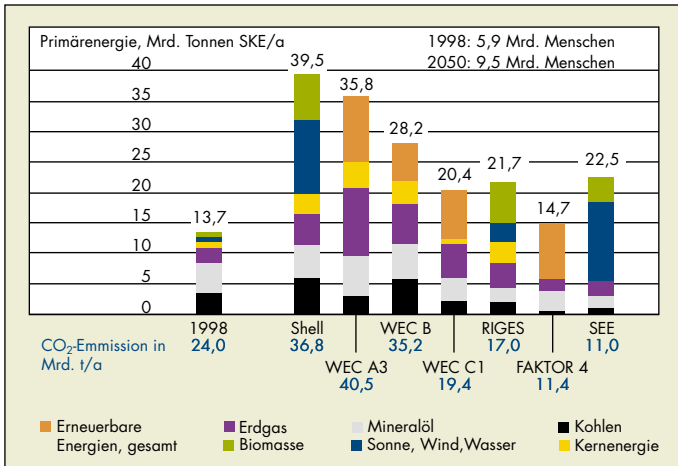


Abb. 5 Der globale Energieverbrauch wird in verschiedenen Szenarien sehr unterschiedlich prognostiziert, je nach dem, wie stark die Industrieländer die technologischen Möglichkeiten eines rationelleren Umgangs mit Energie umsetzen. Alle Szenarien erwarten jedoch beträchtliche Beiträge der erneuerbaren Energien Sonne, Wind, Wasser und Biomasse. (Shell: Szenario „Nachhaltige Entwicklung“, WEC: World Energy Council, Riges: Renewable-intensive global Energy Scenario, Faktor 4: Wuppertal Institut, SEE: Solar Energy Economy) [Quelle: Nitsch, J.; Rösch, C.: Schlüsseltechnologie „Regenerative Energien“. X. Arbeitspaket. In: Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren e.V.: Global zukunftsfähige Entwicklung. Perspektiven für Deutschland. Juni 2001.]

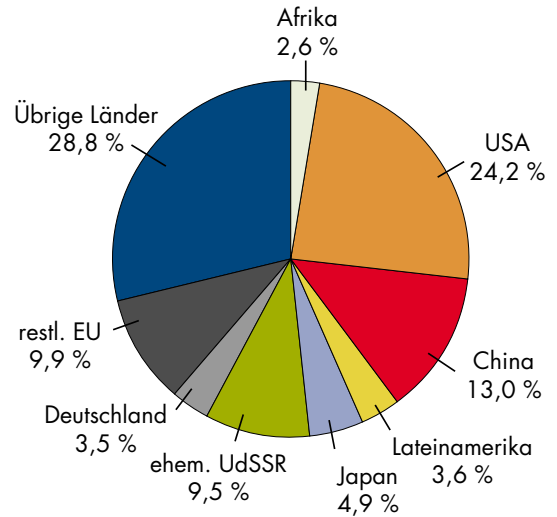


Abb. 6 Energiebedingte CO₂-Emissionen im Jahr 2000

Die globale Energieversorgung basiert derzeit zu 80 % auf fossilen Energieträgern. Rund 14 % des Primärenergieverbrauchs wird aus Erneuerbaren Energien gewonnen, vor allem aus Brennholz und Abfällen (11 %) sowie der Wasserkraft (2,3 %). „Moderne“ erneuerbare Energien wie die Solarenergie, Windkraft oder Geothermie machen bislang nicht einmal ein halbes Prozent des weltweiten Primärenergiebedarfs aus. Dieser Energiemix führte im Jahr 2000 zur Freisetzung von 23,4 Mrd. Tonnen Kohlendioxid. Über die Hälfte davon entfiel auf die westlichen Industrienationen, allein 24 % auf die USA. Doch auch Deutschland trägt mit 3,5 % bei einem Anteil von 1 % an der Weltbevölkerung überproportional zum globalen CO₂-Ausstoß bei.

ZENTRALE BEGRIFFE

- > Primärenergieverbrauch
- > Fossile Energieträger

WO BLEIBT DAS CO₂ DAS CO₂

Zu den 23,4 Mrd. Tonnen CO₂ aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe kommen noch einmal 6,3 Mrd. Tonnen CO₂ durch die Vernichtung der Wälder, so dass zurzeit jährlich rund 30 Mrd. Tonnen CO₂ in die Atmosphäre und damit in den Kohlenstoffkreislauf gelangen. Der „CO₂-Quelle“ Mensch stehen in der Natur ver-

schiedene CO₂-Senken gegenüber. So verbleibt ein Teil des Klimagases in der Atmosphäre, deren Gehalt an Kohlenstoff (C) sich durch die anthropogene CO₂-Emission von 600 Mrd. Tonnen C im Jahr 1800 auf heute etwa 760 Mrd. Tonnen C erhöht hat. Weitaus mehr Kohlendioxid, nämlich rund 5 bis 10 Mrd. Tonnen, bzw. 1,4 bis 2,8 Mrd. Tonnen Kohlenstoff, „verschwinden“ jährlich in den Ozeanen, wo sie zum Teil über Jahrtausende gebunden bleiben. Und schließlich nehmen auch die Waldökosysteme einen Teil der CO₂-Emissionen auf. Während dieser Anteil für die 1980er Jahre in etwa nur so groß eingeschätzt wird, wie die durch die Waldvernichtung freigesetzte Menge an CO₂, geht man für die 1990er Jahre von einer deutlichen Senkenwirkung der Wälder aus. Gründe dafür sind die sich ausweitenden Waldflächen auf der Nordhemisphäre sowie die vermutete Düngewirkung des erhöhten CO₂-Gehaltes der Luft. Netto dürften die Wälder der Atmosphäre zurzeit etwa 1,8 bis 5,1 Mrd. Tonnen CO₂ jährlich entziehen.

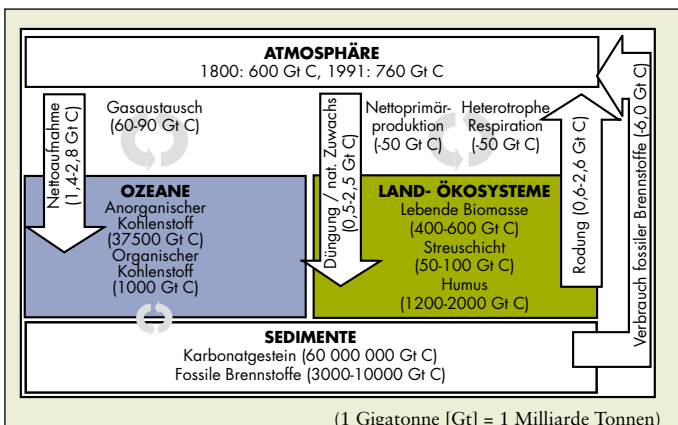


Abb. 7 Der Kohlenstoffkreislauf der Erde [Quelle: Lozán et al. Warnsignal Klima, Hamburg 1998]

ZENTRALE BEGRIFFE

- > Kohlenstoffkreislauf
- > CO₂-Senken
- > CO₂-Dünge-Effekt

Der Schutz des Klimas erfordert das Engagement der Bürger und der Politik im gleichen Maße. Wissenschaftler gehen davon aus, dass die CO₂-Emissionen bis zur Mitte dieses Jahrhunderts um 80 % reduziert werden müssen, um die Klimaänderung noch eindämmen zu können.

Von Rio nach Johannesburg

Der Grundstein für den globalen Klimaschutz wurde im Jahr 1992 auf der UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro gelegt. Mehr als 150 Staaten unterzeichneten damals die Internationale Klima-Rahmenkonvention. Auf deren Grundlage wurden bis 1997 erste quantitative Zielvorgaben für die Entwicklung der Treibhausgasemissionen ausgearbeitet und im so genannten Kyoto-Protokoll festgelegt. Darin verpflichten sich die Industriestaaten, ihre Treibhausgase bis 2012 im Vergleich zum Jahr 1990 zusammen um mindestens 5 Prozent zu verringern. Das Protokoll tritt in Kraft, wenn es von 55 Staaten ratifiziert ist, die ihrerseits mindestens 55 % der globalen CO₂-Emissionen von 1990 auf sich vereinigen. Entgegen der ursprünglichen Hoffnung, wurde dies bis zum zweiten UN-Erdgipfel, der Anfang September 2002 in Johannesburg stattfand, noch nicht erreicht.

Klimaschutz in Deutschland

Deutschland hat beim Klimaschutz eine Vorreiterrolle übernommen und sich im Jahr 1990 dazu verpflichtet, bis 2005 den Ausstoß von Kohlendioxid um 25 % zu verringern. Grundlage dafür ist das nationale Klimaschutzprogramm, das im Laufe der Zeit mehrfach ausgeweitet wurde und auf folgenden Säulen basiert:

- Förderung der Nutzung erneuerbarer Energien
- Erhöhung der Energieeffizienz in Neubauten und Förderung der CO₂-Minderung in bestehenden Gebäuden, z. B. durch

Wärmedämmung und effiziente Heiztechnik

- Steigerung der Energieproduktivität durch den Einsatz effizienter Technik, etwa der Kraft-Wärme-Kopplung
- Senkung der CO₂-Emissionen im Verkehrsbereich, z. B. durch die Verlagerung von Straßenverkehr auf die Bahn, Förderung Treibstoff sparender PKW

Der Primärenergiebedarf ging im Zeitraum 1990 bis 2000 um 2,5 % zurück. Im gleichen Zeitraum sanken die CO₂-Emissionen in Deutschland um 15,3 % auf knapp 860.000 Tonnen. Bis 2005 sollen sie um weitere 100.000 Tonnen gesenkt werden.

Europäischer Klimaschutz

Die Europäische Union hat sich im Rahmen des Kyoto-Protokolls zur Senkung ihrer Treibhausgasemissionen um insgesamt 8 % verpflichtet. Dabei sind die Mitgliedstaaten in unterschiedlichem Ausmaß in die Pflicht genommen worden. So sollen zum Beispiel Deutschland und Dänemark ihre Emissionen im Zeitraum 2008-2012 um 21 % senken, während etwa Spanien, Portugal oder Irland ihren Ausstoß an Treibhausgasen noch erhöhen dürfen.

	1990	1995	2000	Veränderung
Verkehr	2.379	2.614	2.745	+ 15,4 %
Haushalte	2.383	2.655	2.550	+ 7,0 %
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	1.702	1.614	1.472	-13,5 %
Industrie	2.977	2.474	2.430	- 18,4 %
Gesamt	9.441	9.357	9.197	-2,6 %

Abb. 8 Primärenergieverbrauch in Deutschland 1990-2000 (in PJ = 10¹⁵ J)
Quelle: BMU, 2002

ZENTRALE BEGRIFFE

- > Klima-Rahmenkonvention
- > Kyoto-Protokoll
- > Nationales Klimaschutzprogramm

Bildung & Energie im Web

www.bine.info

Unsere Informationen für Schule, Beruf und Erwachsenenbildung finden SIE unter:

www.bine.info

Dort sind in der Rubrik "Service/InfoPlus" ein Literaturverzeichnis und eine aktuelle Linkliste zum Thema eingestellt.

Ergänzende Informationen

Info-Mappen / Download

Zu den behandelten Themen ist jeweils eine kostenlose Mappe mit vertiefenden Informationen bei BINE erhältlich.

Alle Abbildungen stehen für Bildungszwecke unter www.bine.info in der Rubrik "Service/InfoPlus" kostenlos zum Download zur Verfügung oder können gegen eine Bearbeitungsgebühr von 15,-€ (V-Scheck) bei BINE angefordert werden.

▼ Herausgeber



**FACHINFORMATIONSZENTRUM
KARLSRUHE**

Gesellschaft für wissenschaftlich-technische Information mbH

76344 Eggenstein-Leopoldshafen

▼ Autor

Ralf Schmidt

▼ ISSN

1438-3802

▼ Nachdruck

Nachdruck des Textes zulässig bei vollständiger Quellenangabe und gegen Zusendung eines Belegexemplares - Nachdruck der Abbildungen nur mit Zustimmung der jeweils Berechtigten.

▼ Stand

Juni 2003

BINE - INFORMATIONEN UND IDEEN ZU ENERGIE & UMWELT

BINE ist ein vom Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit geförderter Informationsdienst des Fachinformationszentrums Karlsruhe.

BINE informiert über neue Energietechniken und deren Anwendung in Wohnungsbau, Industrie, Gewerbe und Kommunen.

BINE bietet Ihnen folgende kostenfreie Informationsreihen

- Projekt-Infos
- Themen-Infos
- basisEnergie

Nehmen Sie mit uns Kontakt auf,

wenn Sie vertiefende Informationen, spezielle Auskünfte, Adressen etc. benötigen, oder wenn Sie allgemeine Informationen über neue Energietechniken wünschen.



BINE

Informationsdienst

Fachinformationszentrum Karlsruhe

Büro Bonn

Mechenstr. 57

53129 Bonn

Fon: 0228 / 9 23 79-0

Fax: 0228 / 9 23 79-29

E-Mail: bine@fiz-karlsruhe.de

Internet: www.bine.info