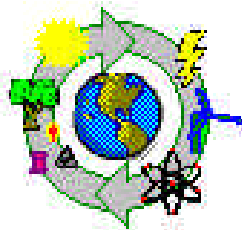


KEA: mehr als eine Zahl



Basisdaten und Methoden zum Kumulierten
Energieaufwand (KEA)

Vorbemerkung

Diese Broschüre faßt Ergebnisse des F&E-Vorhabens *Erarbeitung von Basisdaten zum Energieaufwand und der Umweltbelastung von energieintensiven Produkten und Dienstleistungen für Ökobilanzen und Öko-Audits* zusammen, das im Auftrag des Umweltbundesamtes von folgenden Instituten bearbeitet wurde:

Öko-Institut (Institut für angewandte Ökologie e.V.)	Uwe R. Fritsche, Christian Hochfeld, Wolfgang Jenseit, Lothar Rausch
Bauhaus-Universität Weimar, Institut für ressourcenschonendes Bauen (IREB)	Thomas Lützkendorf
Universität Karlsruhe, Institut für industrielle Bauproduktion (ifib)	Oliver Eiermann, Niklaus Kohler
unter Mitarbeit von	
Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW)	Hans-Joachim Ziesing
Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI)	Martin Patel

Detaillierte Projektergebnisse sind mit Arbeitspapieren auf *beigefügter CD* gegeben, die auch die im Projekt erstellte Datenbasis enthält und mit GEMIS Version 3.1 von der CD installiert werden kann. Im Forschungsprojekt wurde eine *Erweiterung* des GEMIS-Modells für KEA erstellt, die im nächsten GEMIS-update (Version 4.0 - Herbst 1999) vollständig aufgenommen wird.

Schon jetzt bietet die CD eine *Demo-Version* von GEMIS mit KEA-Funktionen GEMIS 3.x). Die CD enthält auch das *KEA-Seitenangebot im Internet* mit der Möglichkeit, einen Webbrowser zu installieren.

Unser Dank für die Diskussionsbereitschaft gilt Wolfgang Mauch (FfE), Guido Reinhardt (IFEU), Hermann-Josef Wagner (ÖVE Uni Essen).

© 1999 by Umweltbundesamt - printed in Germany

Inhaltsverzeichnis

Einführung	1
KEA: Eine lange Geschichte	2
KEA in Ökobilanzen	2
Ökologische Aussagekraft des KEA	4
Weiterentwicklung des KEA	6
Basisdaten zum KEA	7
Das KEA-Informationssystem	8
Ausblick	10
Materialien zu KEA	11
Ansprechpartner zu KEA	15

Einführung

Kraftwerke und Heizungen, Verkehr und Industrie bewirken eine große Zahl von Umweltwirkungen:



Diese zu erfassen und zu bewerten versuchen Ökobilanzen und Öko-Audits. Ziel ist, Informationen für **Entscheidungen** bereitzustellen: vom Produktkauf über Investitionen bis zur Förderung von Produkten oder Verfahren.

Viele Akteure in Staat, Gesellschaft und Wirtschaft sind von Umweltfragen betroffen, daher weitet sich die Anwendung von Ökobilanzen und Öko-Audits aus.

Ein Großteil der Umweltprobleme ist ursächlich mit **Energie** verbunden, und der Energieaufwand, den ein Produkt oder eine Dienstleistung erfordert, läßt sich gut bestimmen.

Das Verfolgen dieser Energiemengen von der Produkt- bzw. Dienstleistungsnachfrage zurück bis zur Gewinnung ergibt den **Kumulierten Energieaufwand (KEA)**, eine Zahl, die im folgenden näher erläutert wird.

KEA: Eine lange Geschichte

Der kumulierte Energieaufwand wird schon seit den 70er Jahren weltweit als Kennzahl für Energiesysteme verwendet, hat also schon einige Tradition.

Anfang der 90er Jahre entwarfen Experten des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) mit Beteiligung des Umweltbundesamts eine Regel zur Bestimmung des KEA, die VDI-Richtlinie 4600.

Die VDI-Richtlinie 4600 gibt Definitionen, Rechenmethoden und Beispiele für KEA-Anwendungen. Sie ist Grundstein aller heutigen KEA-Arbeiten und präzisiert, was mit dem kumulierten Energieaufwand gemeint ist.

Die KEA-Richtlinie stellte erstmals deutlich heraus, daß der Primärenergieaufwand auch unter Umweltgesichtspunkten eine wichtige Größe ist.

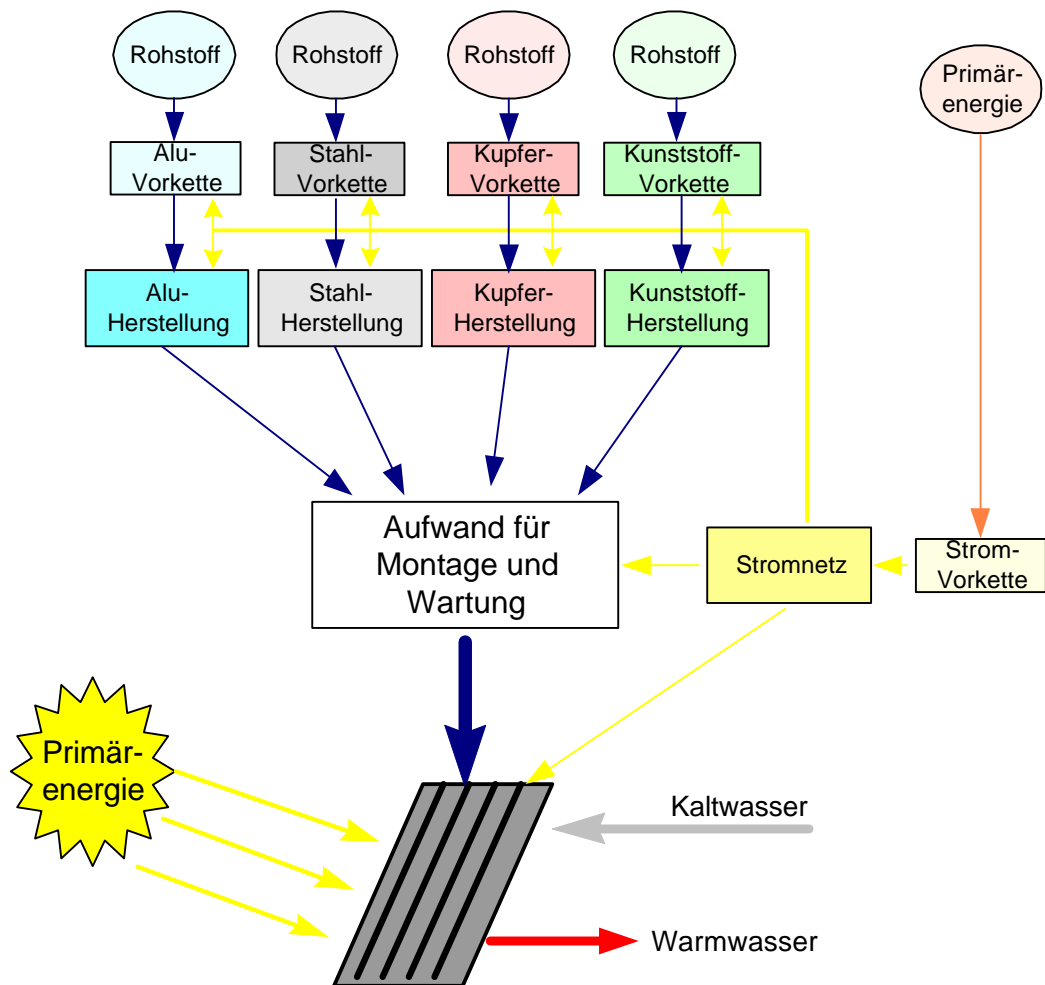
KEA in Ökobilanzen

Die Vielzahl von Umweltwirkungen führt bei Ökobilanzen zu hohem Aufwand bei der Datenermittlung und komplexen Methoden bei der Bewertung.

Wenn nun ein Großteil der Umwelteffekte aus der Energiebereitstellung und -nutzung resultiert, kann in vielen Fällen der KEA als **erster Grobcheck** verwendet werden: er liefert zumindest Anhaltspunkte zur ökologischen Bewertung.

Für KEA sind zwar ebenfalls Daten erforderlich, die Energiedaten können jedoch gut ermittelt und standardisiert werden.

Das folgende Bild zeigt das KEA-“Baukasten“-Prinzip am Beispiel eines Solarkollektors:



Der KEA ist die **Summe aller Primärenergieinputs**, inklusive der zur Materialherstellung.

Auch Ökobilanzen brauchen diese Daten, da Stoff- und Energieströme die Basis von Sachbilanzen bilden.

Der KEA dient somit für zweierlei:

- er stellt einen **ersten Grobcheck** bereit, bevor genauere Ökobilanzen erstellt werden
- seine Berechnung liefert wichtige **Grundinformationen** für die Ökobilanz

Ökologische Aussagekraft des KEA

Der KEA kann Ökobilanzen **nicht ersetzen** - wichtige Umweltprobleme sind nicht mit Energie verknüpft, und als Ressourcenindikator zeigt KEA nicht immer in die gleiche Richtung wie andere Umweltindikatoren.

Im Forschungsprojekt des Umweltbundesamts wurde der KEA praxisnah auf seine Aussagekraft am Beispiel "Bauen und Wohnen" überprüft:

Wie richtungssicher ist KEA gegenüber anderen Umweltindikatoren ?

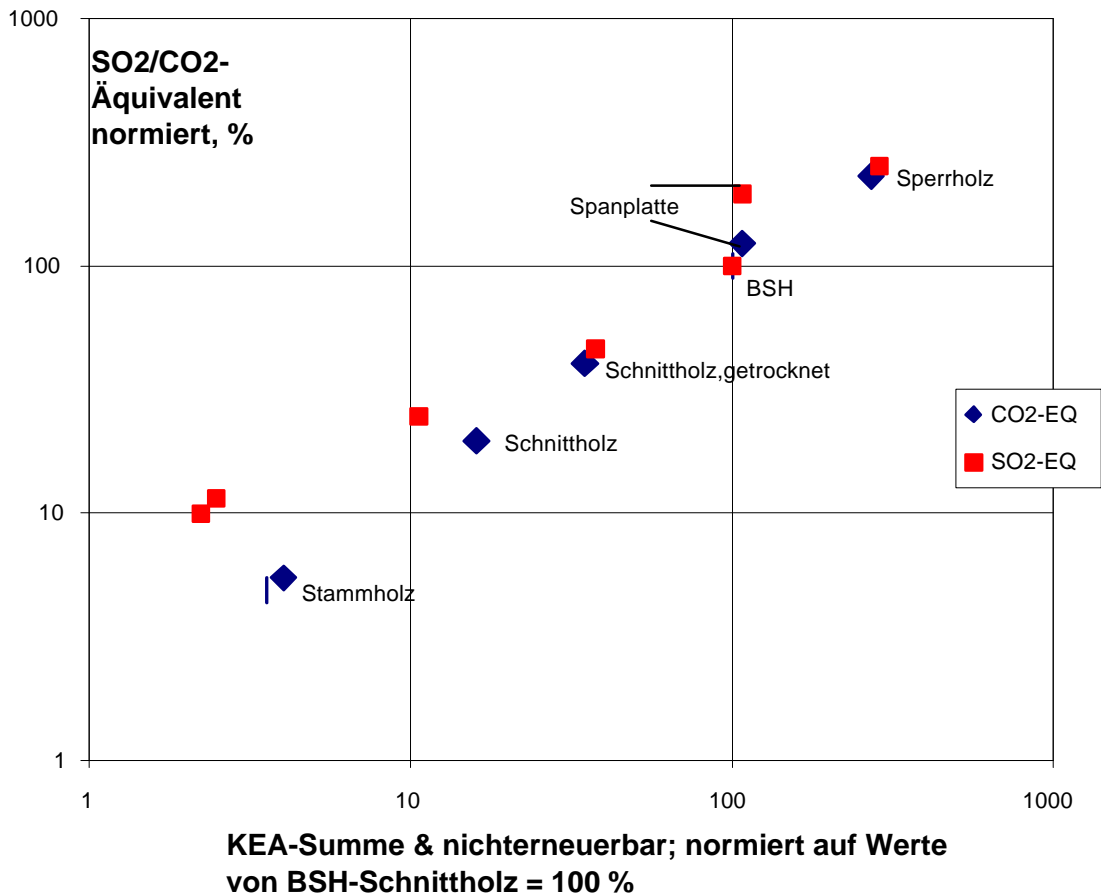
Dazu wurde für verschiedene Bauprodukte und Gebäude sowohl der KEA berechnet als auch Indikatoren zum Versauerungs- und Treibhauspotential (SO₂- und CO₂-Äquivalente).

Stimmt die **Rangfolge einer Bewertung** nach KEA mit der nach SO₂- und CO₂-Äquivalenten überein, bildet KEA deren Tendenz mit ab.

Ein Grobcheck per KEA macht dann indirekt auch Aussagen zu den diesen Umweltindikatoren.

Die folgende Grafik zeigt am Beispiel einiger Baustoffe, daß bei einem Vergleich die **Richtung** des KEA mit der von SO₂- und CO₂-Äquivalenten übereinstimmt, hier sich KEA somit als Grobcheck eignet.

Weitere Beispiele zu solchen Vergleichsrechnungen finden sich in einem Projektpapier (vgl. Abschnitt Materialien).



Wichtig bei der Anwendung des KEA ist, stets diese Richtungsicherheit zu überprüfen: **bevor** also KEA als Grobcheck verwendet wird, muß ein Vergleich mit anderen Umweltindikatoren erfolgen. Diese "Kurz-Ökobilanz" kann mit EDV-Werkzeugen relativ einfach erstellt werden.

Nach erfolgter Prüfung kann der KEA als Indikator stellvertretend für umweltbezogene Aussagen verwendet werden, also z.B. für Optimierungen von Prozessen, bei der Planung oder bei Produktbeschreibungen.

Schon heute wird KEA als umweltbezogene Information z.B. für Baustoffe verwendet sowie bei der neuen Energieeinsparverordnung: nicht mehr die Wärmedämmung eines Hauses allein zählt, sondern die ganze Prozeßkette von der Energiegewinnung bis zur Wärmenutzung.

Weiterentwicklung des KEA

Zur KEA-Anwendung als Grobcheck für Umweltbelastungen sind noch Verbesserungen der Methodik notwendig, um heutigen Standards für Ökobilanzen zu genügen. Weiterhin muß die Berechnung aktuellen Erfordernissen der nationalen und internationalen Energiestatistik entsprechen.

Diese Arbeiten wurden im Forschungsprojekt des Umweltbundesamtes durchgeführt, ein Projektpapier stellt die methodischen Entwicklungen näher dar (vgl. Abschnitt Materialien).

Wichtig ist die Unterscheidung in KEA_{Summe} (gesamter KEA) sowie die Komponenten

$KEA_{\text{nichtererneuerbar}}$ = fossile + nukleare Primärenergien

$KEA_{\text{erneuerbar}}$ = regenerative Primärenergien)

KEA_{andere} = energetisch genutzte Reststoffe (z.B. Müll)

Weiterhin klammert der fortentwickelte KEA den Energieinhalt von Brennstoffen aus, die stofflich genutzt werden (z.B. Bauholz), und setzt definitorisch den Nutzungsgrad jeder Primärenergiegewinnung auf 100% (z.B. Bergbau, Solarzelle, Wasserkraftwerk).

Um einfach anwendbar zu sein, ist zudem die Berechnung des KEA per Computer sinnvoll.

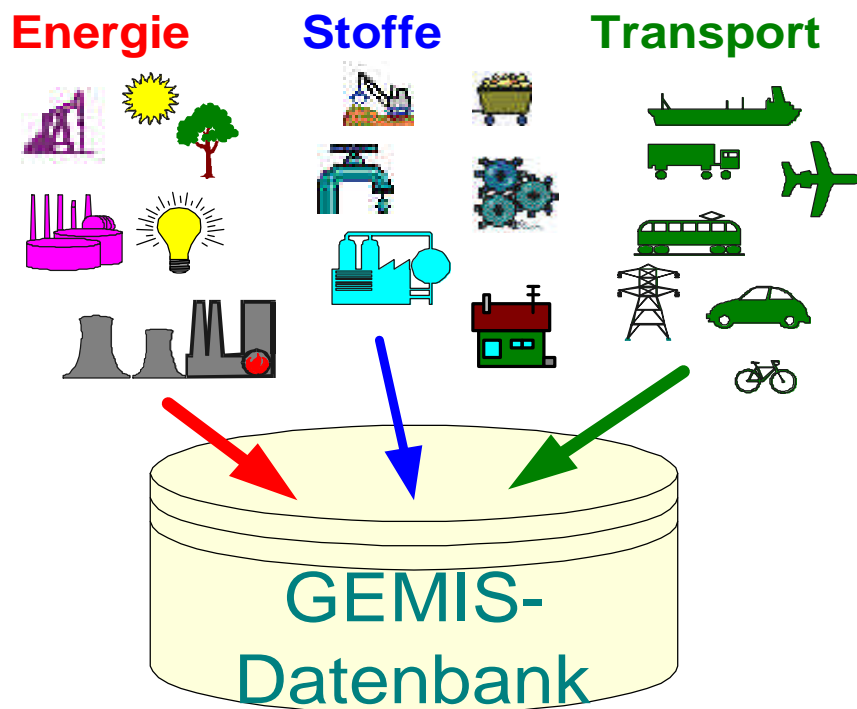


Das Computermodell GEMIS, das Stoff- und Energieströme sowie Umweltbilanzen berechnet, wurde im Projekt so ergänzt, daß es auch den KEA schnell und transparent bestimmt - und es ist kostenlos erhältlich.

Basisdaten zum KEA

Mit der verbesserten Methodik kann der KEA als Grobcheck in Ökobilanzen dienen, und mit GEMIS kann die Richtungssicherheit schnell überprüft werden. Entscheidend für die breite Anwendung ist, über gesicherte und **öffentlich zugängliche** Basisdaten für Stoffe und Dienstleistungen zu verfügen, um Inputs für Sachbilanzen von Stoffstromanalysen, Ökobilanzen und Öko-Audits bereitzustellen.

Im UBA-Projekt wurden solche Daten für mehr als 100 energieintensive Produkte, Verfahren und Dienstleistungen ermittelt, die ein breites Spektrum unterschiedlicher Branchen abdecken.



Diese Daten stehen nun für KEA-Rechnungen zur Verfügung.

Das Spektrum umfaßt die Hauptbranchen der Wirtschaft sowie die wichtigsten Produkte, Herstellungsverfahren und Dienstleistungen:

- Metalle (Aluminium, Kupfer, Stahl, Zink etc.),
- Steine&Erden (Kalksandstein, Zement, Ziegel...),
- Grundchemikalien, Kunststoffe (Chlor, PE etc.),
- Glas, Gummi und Papier
- Nachwachsende Rohstoffe (Biomasse, Holz)
- Energiebereitstellung (verschiedene Kraftwerke, Heizung, Netze) sowie
- Verkehrsdienstleistungen (Bahn, Lkw, Pkw...).

Für alle diese Produkte und Dienstleistungen wurden die wichtigsten Kennzahlen sowie der KEA bestimmt (vgl. Abschnitt Materialien).

Weiterhin wurden die Basisdaten mit den jeweiligen KEA-Werten auch in das Internet-Angebot zu KEA (siehe nächste Seite) integriert.

Im Forschungsprojekt wurden außerdem Kooperationen mit Forschungseinrichtungen und Institutionen begonnen, die ebenfalls KEA-relevante Basisdaten erheben.

Diese Kontakte sollen künftig zu einer Verbreiterung und Aktualisierung der Datenbasis genutzt werden.

Beispiele zu KEA-Daten geben die Projektpapiere, in denen auch wertschöpfungsbezogene KEA-Daten für alle Branchen ermittelt wurden.

Das KEA-Informationssystem

Zur praktischen Nutzung des KEA wurde im UBA-Projekt eine offene **Datenbank** erstellt, die Energie- und Stoffdaten mit methodischen Varianten zur Bilanzierung verknüpft.



Die vom Öko-Institut erstellte Software läuft auf PC unter Windows© 9x und beruht auf GEMIS, das um neue Elemente erweitert wurde, um den KEA zusammen mit Umweltindikatoren (Luftschadstoffe, Treibhausgase, Reststoffe) zu berechnen.



Die KEA-Daten können aus GEMIS in andere Datenbanken exportiert werden. Weiterhin ist die Ausgabe als HTML-Seiten möglich, was die Datenweitergabe per Internet erlaubt.

Die Basisdaten sind auf eigenen Seiten im Internet (dem KEA *website*) aufgenommen.


Dort finden sich auch Informationen zu aktuellen Entwicklungen und Materialien sowie Kontakte und Verweise zu verwandten Internet-Angeboten. Ein Glossar mit wichtigen KEA-Begriffen ist ebenfalls im *website* enthalten.

Eine komplette Kopie des Internetangebotes findet sich auf der beigefügten CDROM, von der auch Software zum Lesen der HTML-Seiten (sog. Browser) installiert werden kann.


Das KEA-*website* wird kontinuierlich aktualisiert und bietet freien Zugriff auf alle Projektergebnisse.

Ausblick

KEA ist ein Indikator zur **groben Erst**bewertung von Energie-, Transport- und Stoffdienstleistungen. Die KEA-Datenbank ist öffentlich zugänglich, die Software kostenlos verfügbar.

 Als nächste Schritte sind die Darstellung von KEA-Anwendungen anhand weiterer Beispiele sowie die Ergänzung und Fortschreibung der Datenbasis sinnvoll.

 Hierbei soll die Kooperation mit den interessierten Fachkreisen fortgeführt und verbreitert werden.

 Nachrichten zur Weiterentwicklung und Datenergänzungen sind auf den KEA-Seiten im Internet zu finden unter

<http://www.oeko.de/service/kea/>

Diese Broschüre und beigefügte CDROM stellen alle wichtigen Grundlagen bereit, um KEA ganz praktisch für viele Fragen und Probleme zu nutzen.

Herausgeber und Autoren sind an **Ihren** Erfahrungen damit interessiert, und danken für Ihre Rückmeldung (vgl. Abschnitt Ansprechpartner).

Materialien zu KEA

Auf der beigefügten CDROM sowie auf dem KEA-website finden Sie weitere Informationen, insbesondere die im UBA-Projekt erstellten Arbeitspapiere:

- Die neue KEA-Methodik
- Anwendungsbeispiele Bauen und Wohnen
- Informationen zur Energiebilanz
- KEA-Daten aus der Input-Output-Tabelle
- KEA-Daten zur energieintensiven Grundstoffchemie
- Längerfristiges Arbeitsprogramm

Zum eigenen Weiterarbeiten geben die Tabellen auf den folgenden Seiten einige KEA-Daten für ausgewählte Prozesse zur Bereitstellung von Materialien, Wärme und Strom sowie Personen- und Gütertransporten und energetische Vorketten.

Der KEA wurde jeweils nach der neuen Methodik berechnet (Summe + KEA-Komponenten).

Bei der Bilanzierung wurden alle Herstellungs- und Transportaufwendungen einbezogen.

Die Datenquellen zu den angegebenen Prozessen finden sich in der neuen GEMIS-Datenbasis, in der auch eine große Zahl weiterer Prozesse und Beispielszenarien für Baumaterialien, Bauelemente und ganze Haustypen enthalten sind.

KEA-Daten ausgewählter Stoffe (in MJ/kg)

Produkt	KEA-Summe	KEA-nicht-erneuerbar	KEA-erneuerbar	KEA-andere
Metalle				
Aluminium primär	196,3	178,9	17,5	-0,1
Aluminium sekundär	25,8	25,6	0,2	0,0
Aluminium-Konstruktion	424,3	391,2	21,8	11,3
Blei primär	28,1	27,9	0,1	0,0
Blei sekundär	1,6	1,6	0,0	0,0
Gusseisen	14,4	13,1	0,2	1,1
Kupfer	53,0	51,5	0,2	1,2
Magnesium	246,8	206,5	29,9	10,4
Stahl warmgewalzt	23,2	19,7	0,1	3,3
Stahlblech verzinkt	35,2	31,2	0,2	3,7
Zink	70,6	70,0	0,6	0,0
Baustoffe				
Glaswolle	36,4	36,6	0,5	-0,6
Steinwolle	14,6	12,7	0,1	1,8
Polystyrol-EPS	67,3	66,3	0,3	0,7
Schaumglas	37,7	36,6	0,3	0,8
Spanplatte	8,7	4,8	0,1	3,8
Sperrholz-Fichte	30,4	17,6	0,2	12,6
Bimsleichtbetonstein	0,5	0,5	0,0	0,0
Kalksandstein	1,1	1,1	0,0	0,0
Porenbetonstein	2,8	2,7	0,0	0,0
Ziegel	2,6	1,9	0,0	0,6
Grundchemikalien				
Ammoniak	12,0	11,9	0,0	0,0
Benzol	39,8	39,6	0,0	0,1
Chlor	15,9	17,3	0,2	-1,6
Ethylen	39,8	39,6	0,0	0,1
Harnstoff	11,8	11,8	0,0	0,0
Melamin	25,6	25,5	0,0	0,1
Phenol	35,5	35,3	0,1	0,1
Propylen	39,8	39,6	0,0	0,1
Soda	13,8	13,0	0,0	0,7
Styrol	50,6	50,4	0,1	0,1
Wasserstoffperoxid	39,4	38,1	0,4	0,9

KEA-Daten von Energiesystemen (in MJ/kWh)

Wärmebereitstellung	KEA-Summe	KEA-nicht-erneuerbar	KEA-erneuerbar	KEA-andere
Heizöl	4,7	4,7	0,0	0,0
Erdgas	4,6	4,6	0,0	0,0
Elektrospeicherheizung	10,8	10,8	0,0	0,0
Elektro-Wärmepumpe mono	3,6	3,5	0,0	0,0
Nahwärme-Einfam.-Häuser*	2,4	2,4	0,0	0,0
Nahwärme-Mehrfam.-Häuser*	1,8	1,8	0,0	0,0
Nahwärme-Mix*	1,6	1,6	0,0	0,0
Fernwärme-Steinkohle-HKW*	2,0	1,9	0,0	0,0
Holzhackschnitzel	5,1	0,6	4,6	0,0
Solarkollektor+Holzheizung	5,4	0,2	5,2	0,0
Stroh-Heizwerk	4,5	0,2	4,2	0,0
Chinagrass-Heizwerk	4,4	0,2	4,2	0,0
Ölheizung + Dämmung	2,6	2,6	0,0	0,0

* = Nettobilanz Wärme, Strombonus Basis Steinkohle-Kraftwerk einbezogen

Strombereitstellung	KEA-Summe	KEA-nicht-erneuerbar	KEA-erneuerbar	KEA-andere
Stromnetz-lokal	10,6	9,8	0,2	0,5
Atomkraftwerk	11,4	11,4	0,0	0,0
Braunkohle-KW-rheinisch	9,9	9,9	0,0	0,0
Steinkohle-KW BRD-mix	9,8	9,8	0,0	0,0
Erdgas GuD-KW	6,9	6,9	0,0	0,0
Müll-Kraftwerk (nur Strom)	28,8	0,0	0,0	28,8
Steinkohle-HKW*	4,0	4,1	0,0	0,0
Gas-BHKW-Kat-50*	3,6	3,7	0,0	0,0
Gas-GuD-HKW*	3,7	3,7	0,0	0,0
Wasserkraftwerk	3,8	0,2	3,6	0,0
Windkraftwerk	3,7	0,1	3,6	0,0
Photovoltaik monokristallin	6,1	2,3	3,6	0,1
Photovoltaik multikristallin	5,2	1,5	3,6	0,1

* = Nettobilanz Strom, Wärmebonus Basis Ölheizung einbezogen

KEA-Daten ausgewählter Transporte

Personen (MJ/P*km)	KEA- Summe	KEA-nicht- erneuerbar	KEA- erneuerbar	KEA- andere
Benzin-Pkw	3,5	3,4	0,0	0,0
Diesel-Pkw	2,9	2,9	0,0	0,0
Elektro-Pkw-mix	3,2	3,2	0,0	0,0
Äthanol-Pkw	3,9	1,4	2,5	0,0
Rapsöl-Pkw	2,7	0,6	2,0	0,0
Bus-Diesel	1,2	1,2	0,0	0,0
Bahn elektrisch	0,7	0,7	0,0	0,0
Flugzeug Inland	3,7	3,7	0,0	0,0
Flugzeug Ausland	2,4	2,4	0,0	0,0
Güter (MJ/t*km)				
Lkw-nah 80er	1,4	1,4	0,0	0,0
Lkw-fern 80er	0,8	0,8	0,0	0,0
Binnenschiff	0,5	0,5	0,0	0,0
Überseeschiff	0,1	0,1	0,0	0,0
Bahn elektrisch	0,4	0,4	0,0	0,0

KEA-Daten ausgewählter Energievorketten

Vorketten (MJ/MJ-end)	KEA- Summe	KEA-nicht- erneuerbar	KEA- erneuerbar	KEA- andere
Braunkohle-rhein-roh	1,03	1,03	0,00	0,00
Steinkohle-Brikett-Lkw	1,07	1,07	0,00	0,00
StK-Transport-mix-D	1,05	1,05	0,00	0,00
Öl-roh-mix-D	1,04	1,04	0,00	0,00
Öl-EL-Lkw	1,09	1,08	0,00	0,00
Öl-S-Zug	1,13	1,13	0,00	0,00
Tankstelle Benzin	1,21	1,21	0,00	0,00
Tankstelle Diesel	1,09	1,08	0,00	0,00
Erdgas-Import-GUS	1,14	1,14	0,00	0,00
Erdgas-frei-Haushalte	1,07	1,06	0,00	0,00
Erdgas-frei-Industrie	1,06	1,06	0,00	0,00

Ansprechpartner zum KEA-Projekt



Helmut Kaschenz

Tel. 030-8903-3087, FAX -3993

helmut.kaschenz@uba.de

<http://www.umweltbundesamt.de/>



Uwe R. Fritsche

Tel. 06151-8191-0, FAX -33

fritsche@oeko.de

<http://www.oeko.de/>



Thomas Lützkendorf

Tel. 03643-583435, Fax -58

thomas.luetzkendorf@archit.uni-weimar.de



Oliver Eiermann

Tel. 0721-608-2168

Fax 0721-661-115

oliver@ifib.uni-karlsruhe.de

<http://www.ifib.uni-karlsruhe.de/de/>



Hans-Joachim Ziesing

Tel. 030-89789-683, Fax -200

hziesing@diw-berlin.de

<http://www.diw.de/>



Martin Patel

Tel. 0721-6809-256

Fax: 0721-689152

mp@isi.fhg.de

<http://www.isi.fhg.de/abtlg/e/>

KEA im Internet <http://www.oeko.de/service/kea/>