

# Umwelt und Verkehr

## B 2. Energie

Prof. Dr.-Ing. Udo Becker, 04.05.2011

# Verkehrsplanerisches und Verkehrsökologisches Kolloquium

---

---

---

Mittwoch

14:50–16:20 Uhr

Potthoff-Bau Raum 112

## Achtung Terminänderung!

04.05.2011

**17:00 Uhr** Dr. Christian Schlosser (UN-Habitat, Leiter Urban Transport Section, Nairobi, Kenia): Nachhaltige Mobilität in Großstädten von Entwicklungs- und Schwellenländern am Beispiel von Ostafrika



## Hausaufgabe B 3: Lärm

---

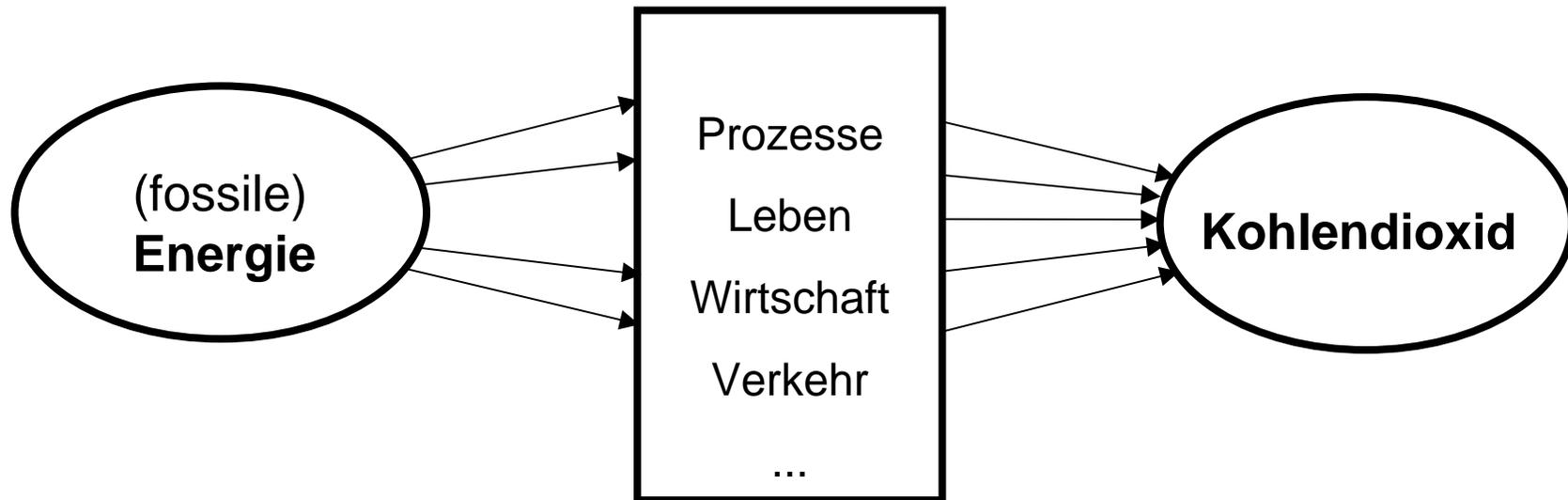
---

---

1. Bei einer Zugvorbeifahrt werden am Bahnübergang folgende Werte für 6 Sekunden Messzeit gemessen: 60, 70, 80, 80, 70, 60 [dB(A)]. Berechnen Sie dafür den energie-äquivalenten Mittelungspegel.  
*Hinweis:  $(60 + 70 + 80 + 80 + 70 + 60) / 6$  ist falsch!*
2. Während der Vorbeifahrt des Zuges warten am Bahnübergang 6 Pkw. Jeder Pkw verursacht im Leerlauf einen Pegel von 62 dB(A). Berechnen Sie den nur durch die 6 Pkw entstehenden Gesamtpegel (ohne den Zug!).
3. Berechnen Sie nun den insgesamt entstehenden Mittelungspegel für die Zugvorbeifahrt mit den 6 Pkw, also für die gesamte Messreihe.



# Fossile Energie und Kohlendioxid



Jeder Prozess braucht Energie.

Kein Leben ohne Energie.

Fossile Energie ist CO<sub>2</sub>.



# Energie, Exergie, Entropie

---

---

---

## I. Hauptsatz der Thermodynamik (Energieerhaltung):

**Energie nur umwandelbar!**

$$dU = dQ - dW$$

dU = Änderung der inneren Energie U des betrachteten Systems

dQ = zugeführte (differentiell kleine) Wärmeenergie

dW = nach außen geleistete (differentiell kleine) Arbeit

## II. Hauptsatz der Thermodynamik: Entropie steigt immer!

(Entropie = Ordnungsgrad eines Zustandes,  
je ungeordneter ein Zustand, desto größer ist seine Entropie.)

d.h.: Der Anteil der Energie, der für Prozesse „verwertbar ist“,  
wird immer kleiner („Exergie“ sinkt).

**Fazit:** Umwandeln kann man immer – dabei sinkt irreversibel die  
Arbeitsfähigkeit. Bei Energie gibt es keine vollständigen Kreisläufe –  
nur Energieketten.



# Das (lineare!) System: Abgrenzungen

Alle Energieumwandlungen liegen in einer eindimensionalen Kette:

Sonne – Baum – Erdöl<sub>heute</sub> – Förderung – Transport<sub>Küste</sub> –  
Transport<sub>Tanker</sub> – Grenze<sub>D</sub> – Raffinerie<sub>ein</sub> – Raffinerie<sub>aus</sub> –  
Tankwaggon<sub>ein</sub> – Tankwaggon<sub>aus</sub> – Zwischenlager<sub>ein</sub> –  
Zwischenlager<sub>aus</sub> – Tankwagen<sub>ein</sub> – Tankwagen<sub>aus</sub> – Tankstelle<sub>ein</sub> –  
Tankstelle<sub>aus</sub> – Tank<sub>ein</sub> – Motor<sub>ein</sub> – ...

Fiktive Zahlen:

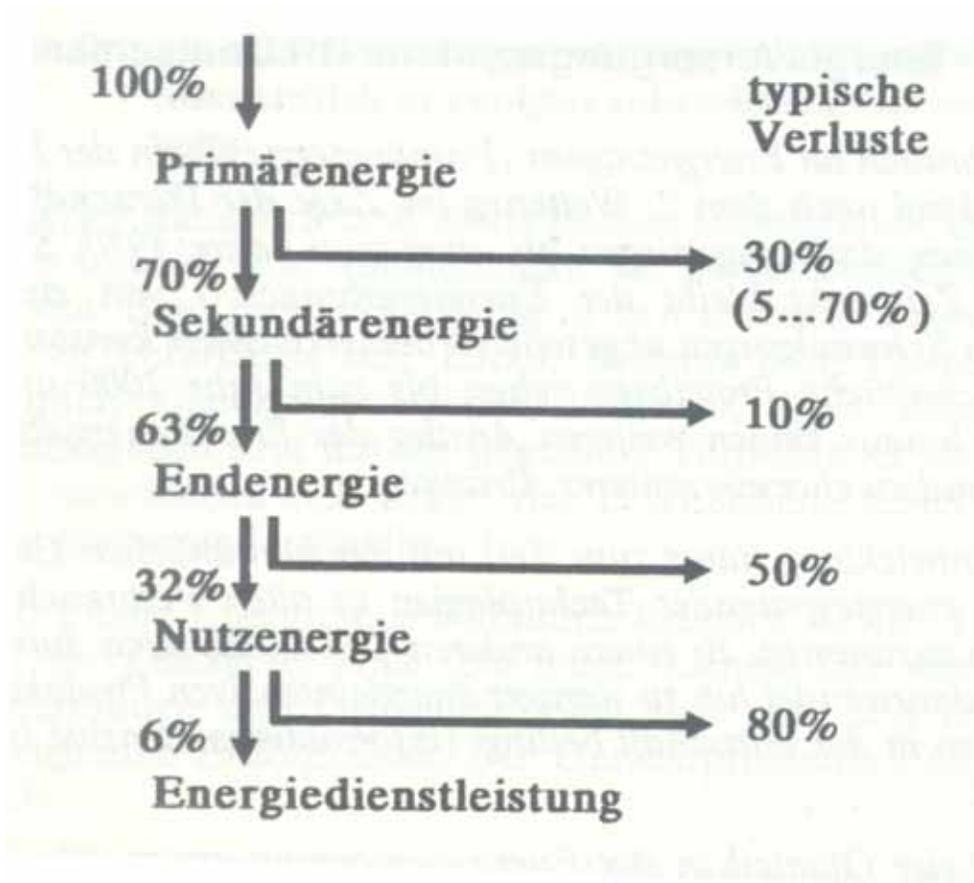
X kWh - Y m<sup>3</sup> Holz - 1000 l Öl - 500 l - 499 l - 498 l - 497 l - 495 l  
(Raffinerie ein)

470 l (Raffinerie aus) - 469 l - 467 l - 465 l - 460 l (Zwischenlager aus)

455 l - 440 l - 439 l - 435 l - 430 l - 425 l ...



# Das (lineare!) System: Abgrenzungen



**Primärenergie** = Energie vor der Umwandlung in Kraftwerken, Raffinerien, Heizwerken usw.

**Sekundärenergie** = Energie nach der Umwandlung.

**Endenergie** = Energie, die den Endverbraucher erreicht.

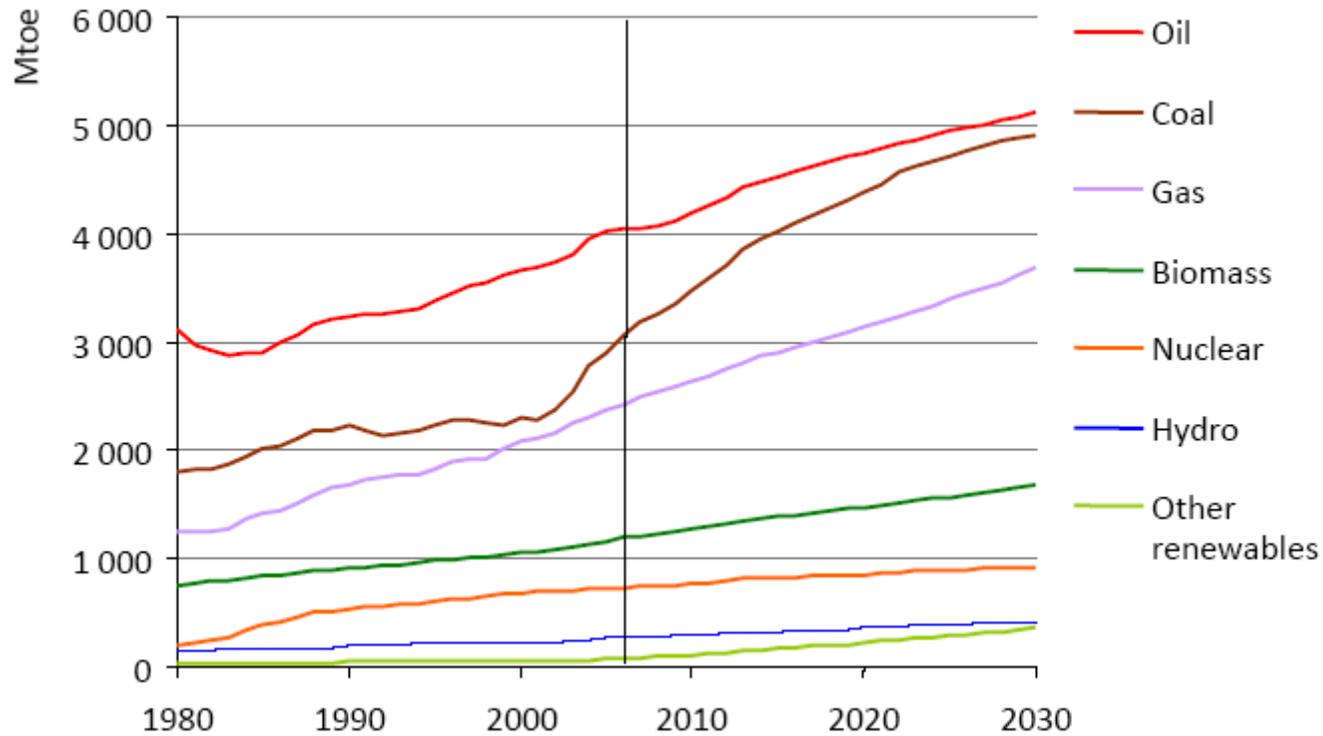
**Nutzenergie** = Energie, die der Verbraucher in der gewünschten Form aus seinem Gerät bezieht (Antrieb, Wärme, Licht usw.).

**Energiedienstleistung** = Dienstleistung, die der Verbraucher durch Verwendung der Nutzenergie bezieht (warmer Raum, Transport, Herstellung eines Produkts usw.).

Quelle: Bossel, H.: Umweltwissen – Daten, Fakten, Zusammenhänge. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1994



# Weltendenergieverbrauch



Quelle: IEA (Internationale Energie-Agentur): Weltenergieausblick 2008



# Einheiten



## Vorsätze und Vorsatzzeichen

Kilo	= k	= 10 <sup>3</sup>	= Tausend	thousand
Mega	= M	= 10 <sup>6</sup>	= Million	million
Giga	= G	= 10 <sup>9</sup>	= Milliarde	billion
Tera	= T	= 10 <sup>12</sup>	= Billion	trillion
Peta	= P	= 10 <sup>15</sup>	= Billiarde	? / quadrillion
Exa	= E	= 10 <sup>18</sup>	= Trillion	?

## Einheiten für Energie

$$1 \text{ Joule (J)} = 1 \text{ Newtonmeter (Nm)} = 1 \text{ Wattsekunde (Ws)}$$

Joule (J) für Energie, Arbeit, Wärmemenge

Watt (W) für Leistung, Energiestrom, Wärmestrom



# Energie: Einheiten und Umrechnungsfaktoren

	<b>kJ</b>	<b>kcal</b>	<b>kWh</b>	<b>kg SKE</b>	<b>kg RÖE</b>	<b>m<sup>3</sup> Erdgas</b>
<b>1 Kilojoule (kJ)</b>	-	0,2388	0,000278	0,000034	0,000024	0,000032
<b>1 Kilocalorie (kcal)</b>	4,1868	-	0,001163	0,000143	0,0001	0,00013
<b>1 Kilowattstunde (kWh)</b>	3600	860	-	0,123	0,086	0,113
<b>1 kg Steinkohleneinheit (SKE)</b>	29308	7,000	8,14	-	0,7	0,923
<b>1 kg Rohöleinheit (RÖE)</b>	41868	10,000	11,63	1,428	-	1,319
<b>1 m<sup>3</sup> Erdgas</b>	31736	7,580	8,816	1,083	0,758	-

## International gebräuchliche Einheiten:

1 barrel (b) Öl = 159 l Öl ; 7,3 b = 1 t Öl

1 Mill. b/d (barrel pro Tag) = 50 Mill t/a (Tonnen pro Jahr)

Quelle: BMWI (Hrsg.), www.bmwi.de: Energie Daten, jährlich, Bonn



## Stoffwerte von Kraftstoffen (gemittelte Werte für die Klausur)

<b>Kraftstoffe</b>	<b>Hauptbestandteile</b>	<b>Dichte</b>	<b>Spezif. Heizwert</b>
flüssig	(Gew.%)	(kg/l)	(MJ/kg)
E10 Benzin	83 C, 14 H	0,754	39,5
Otto Super	86 C, 14 H	0,75	41,0
Diesel	86 C, 14 H	0,835	43,0
Flugbenzin	85 C, 15 H	0,72	43,5
Kerosin	87 C, 13 H	0,80	43,0
Schiffsschweröle	83 C, 11 H	0,98	40,0
LPG Flüssiggas	83 C, 17 H	0,54	46,1
	(Propan, Butan)		
gasförmig	(Gew.%)	(kg/m <sup>3</sup> )	(MJ/kg)
Erdgas	75 C, 25 H	0,80	47
Wasserstoff	100 H	0,09	120

**volumetrischer Heizwert = Dichte \* gravimetrischer Heizwert**

Flüssigkeiten

J/l

kg/l

J/kg

Gase

J/m<sup>3</sup>

kg/m<sup>3</sup>

J/kg

## Energiedaten für die Erde (bitte nachrechnen)

Solarkonstante :  $1360 \text{ W/m}^2$  (senkrechte Fläche Weltraum)

Erde (Viertel Kugel, Reflexion):  $1360 \text{ W/m}^2 / 4 * 0,6666 = 227 \text{ W/m}^2$

Atmosphäre (THG): Ohne THG  $-21 \text{ }^\circ\text{C}$ , mit THG  $+ 15 \text{ }^\circ\text{C}$  Mittelwert

Sonneneinstrahlung Atmosphäre:  $178\,000 \text{ TWh/h} = 178\,000 \text{ TW}$

Nettoprimärproduktion Photosynthese:  $= 100 \text{ TW}$

Weltprimärenergieverbrauch 2007 (BGR) ( $451 \text{ EJ/a}$ )  $= 14,3 \text{ TW}$

entspricht  $11 \text{ Tkg Benzina/a} = 14\,700\,000\,000\,000 \text{ Liter Benzina/a}$

entspricht je Erdbewohner  $= \text{etwa } 2\,100 \text{ l Benzina/c. p.a.}$

Deutschland 2007 (UBA)  $= 14,0 \text{ EJ/a}$

also  $341 \text{ Gkg Benzina/a} = 455\,000\,000\,000 \text{ Liter Benzina/a}$

pro Kopf in Deutschland  $= 5\,550 \text{ l Benzina/c. p.a.}$

$451 \text{ EJ/a} = 14,3 \text{ TW}$ , davon etwa 90% aus fossilen Quellen

Kleiner 0,01 Prozent Sonneneinstrahlung, ein Siebtel der Photosynthese

Quelle: IEA – Key World Energy Statistics 2009, BGR 2009, UBA - Daten zur Umwelt 2/2009



# BMWi-Energiedaten (Stand: 07.04.2010)



## Zahlen und Fakten

# Energiedaten

## Nationale und Internationale Entwicklung

Die Energiedaten gliedern sich in die Abschnitte

0. Inhalt, Erläuterungen, Einheiten
1. Rahmendaten
2. Energiegewinnung und Energieverbrauch
3. Energie und Umwelt
4. Energieträger
5. Energiepreise und Energiekosten
6. Internationaler Energiemarkt
7. Reserven und Ressourcen
8. Energieforschung

Quelle: <http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Energie/energiestatistiken.html>



# Erdölvorräte (sicher gewinnbar)

Quelle: BMWi-Energiedaten 2010 Tabelle 40 (in Millionen Tonnen)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Anteile in % (2007)	Statische Reichweite bei gegenw. Förderung in Jahren
<b>WELT</b>	<b>150.190</b>	<b>151.870</b>	<b>153.301</b>	<b>160.599</b>	<b>159.664</b>	<b>161.600</b>	<b>162.807</b>	<b>163.524</b>	<b>100,0</b>	<b>41</b>
<b>NAHER OSTEN</b>	<b>93.243</b>	<b>94.680</b>	<b>94.915</b>	<b>100.118</b>	<b>100.074</b>	<b>100.427</b>	<b>100.399</b>	<b>101.103</b>	<b>61,8</b>	<b>84</b>
- Saudi-Arabien 1)	35.270	35.710	35.710	35.746	35.633	36.037	35.347	35.946	22,0	74
- Iran	13.050	13.100	13.480	18.129	17.959	18.022	18.707	18.830	11,5	86
- Irak	15.646	15.600	15.600	15.646	15.646	15.646	15.646	15.646	9,6	188
- Kuwait 1)	13.100	13.160	13.129	13.469	13.810	13.845	13.810	13.810	8,4	102
- Ver.Arab.Emirate	13.306	13.306	13.306	13.306	13.306	13.306	13.306	13.306	8,1	102
- Syrien	340	340	340	340	340	340	340	340	0,2	17
<b>AFRIKA</b>	<b>10.940</b>	<b>11.230</b>	<b>12.612</b>	<b>14.579</b>	<b>14.645</b>	<b>15.090</b>	<b>16.027</b>	<b>16.068</b>	<b>9,8</b>	<b>32</b>
- Libyen	3.900	3.900	4.014	5.323	5.306	5.323	5.646	5.641	3,4	64
- Nigeria	3.070	3.270	4.287	4.796	4.797	4.881	4.928	4.925	3,0	42
- Algerien	1.800	1.800	1.780	1.605	1.700	1.664	1.669	1.660	1,0	19
<b>NORDAMERIKA</b>	<b>8.495</b>	<b>8.455</b>	<b>7.573</b>	<b>7.718</b>	<b>7.000</b>	<b>6.840</b>	<b>6.618</b>	<b>6.367</b>	<b>3,9</b>	<b>10</b>
- USA	4.000	4.130	4.048	3.873	3.328	3.997	3.910	4.000	2,4	12
- Mexiko	3.845	3.665	2.817	3.233	3.086	2.245	2.150	1.660	1,0	10
<b>SÜDAMERIKA</b>	<b>13.217</b>	<b>13.054</b>	<b>13.574</b>	<b>13.767</b>	<b>14.013</b>	<b>14.209</b>	<b>14.102</b>	<b>15.081</b>	<b>9,2</b>	<b>43</b>
- Venezuela	10.750	10.570	10.585	10.585	10.507	10.847	10.886	11.841	7,2	86
<b>Asien/Ozeanien</b>	<b>6.013</b>	<b>6.016</b>	<b>6.224</b>	<b>6.201</b>	<b>6.036</b>	<b>6.412</b>	<b>6.225</b>	<b>5.544</b>	<b>3,4</b>	<b>15</b>
- China	3.288	3.270	3.224	3.200	3.100	3.100	3.000	2.109	1,3	11
<b>GUS</b>	<b>14.594</b>	<b>15.029</b>	<b>15.172</b>	<b>15.343</b>	<b>15.157</b>	<b>15.975</b>	<b>16.962</b>	<b>16.969</b>	<b>10,4</b>	<b>27</b>
- Russland	9.850	9.700	9.500	9.510	9.400	10.148	10.238	10.297	6,3	21
- Kasachstan	2.900	3.500	3.900	4.100	4.050	4.100	4.800	4.780	2,9	70
- Aserbaidschan	1.100	1.100	1.090	1.080	1.070	1.130	1.350	1.330	0,8	31
<b>Europa/ohne GUS</b>	<b>3.689</b>	<b>3.331</b>	<b>3.232</b>	<b>2.842</b>	<b>2.740</b>	<b>2.648</b>	<b>2.473</b>	<b>2.392</b>	<b>1,5</b>	<b>10</b>
- Norwegen	1.912	1.650	1.570	1.268	1.217	1.209	1.063	1.012	0,6	9
- Großbritannien	1.010	955	920	857	816	750	750	700	0,4	9
- Deutschland	50	47	44	54	51	47	41	37	0,0	4

# Erdölvorräte (sicher gewinnbar)

Übrigens: BMWi-Energiedaten 2008 Tab. 40

	1991	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Anteile in % (2006)	Statische Reichweite bei gegenw. Förderung in Jahren
<b>WELT</b>	<b>134.829</b>	<b>150.190</b>	<b>151.870</b>	<b>153.301</b>	<b>160.599</b>	<b>159.664</b>	<b>161.600</b>	<b>162.807</b>	<b>100,0</b>	<b>42</b>
<b>NAHER OSTEN</b>	<b>90.009</b>	<b>93.243</b>	<b>94.680</b>	<b>94.915</b>	<b>100.118</b>	<b>100.074</b>	<b>100.427</b>	<b>100.399</b>	<b>61,7</b>	<b>82</b>
- Saudi-Arabien 1)	35.081	35.270	35.710	35.710	35.746	35.633	36.037	35.347	21,7	69
- Iran	12.634	13.050	13.100	13.480	18.129	17.959	18.022	18.707	11,5	89
- Irak	13.605	15.646	15.600	15.600	15.646	15.646	15.646	15.646	9,6	159
- Kuwait 1)	12.789	13.100	13.160	13.129	13.469	13.810	13.845	13.810	8,5	104
- Ver. Arab. Emirate	13.342	13.306	13.306	13.306	13.306	13.306	13.306	13.306	8,2	96
- Syrien	231	340	340	340	340	340	340	340	0,2	17
<b>AFRIKA</b>	<b>8.229</b>	<b>10.940</b>	<b>11.230</b>	<b>12.612</b>	<b>14.579</b>	<b>14.645</b>	<b>15.090</b>	<b>16.027</b>	<b>9,8</b>	<b>34</b>
- Libyen	3.102	3.900	3.900	4.014	5.323	5.306	5.323	5.646	3,5	66
- Nigeria	2.435	3.070	3.270	4.287	4.796	4.797	4.881	4.928	3,0	41
- Algerien	1.252	1.800	1.800	1.780	1.605	1.700	1.664	1.669	1,0	19
<b>NORDAMERIKA</b>	<b>11.311</b>	<b>8.495</b>	<b>8.455</b>	<b>7.573</b>	<b>7.718</b>	<b>7.000</b>	<b>6.840</b>	<b>6.618</b>	<b>4,1</b>	<b>10</b>
- USA	3.571	4.000	4.130	4.048	3.873	3.328	3.997	3.910	2,4	13
- Mexiko	8.879	3.845	3.665	2.817	3.233	3.086	2.245	2.150	1,3	12
<b>SÜDAMERIKA</b>	<b>9.315</b>	<b>13.217</b>	<b>13.054</b>	<b>13.574</b>	<b>13.767</b>	<b>14.013</b>	<b>14.209</b>	<b>14.102</b>	<b>8,7</b>	<b>41</b>
- Venezuela	8.182	10.730	10.570	10.585	10.585	10.507	10.847	10.886	6,7	75
<b>Asien/Ozeanien</b>	<b>5.997</b>	<b>6.013</b>	<b>6.016</b>	<b>6.224</b>	<b>6.201</b>	<b>6.036</b>	<b>6.412</b>	<b>6.225</b>	<b>3,8</b>	<b>16</b>
- China	3.265	3.288	3.270	3.224	3.200	3.100	3.100	3.000	1,8	16
<b>GUS</b>	<b>7.755</b>	<b>14.594</b>	<b>15.029</b>	<b>15.172</b>	<b>15.343</b>	<b>15.157</b>	<b>15.975</b>	<b>16.962</b>	<b>10,4</b>	<b>28</b>
- Russland	6.674	9.850	9.700	9.500	9.510	9.400	10.148	10.238	6,3	21
- Kasachstan	724	2.900	3.500	3.900	4.100	4.050	4.100	4.800	2,9	74
- Aserbaidshjan	157	1.100	1.100	1.090	1.080	1.070	1.130	1.350	0,8	42
<b>Europa/ohne GUS</b>	<b>2.212</b>	<b>3.689</b>	<b>3.331</b>	<b>3.232</b>	<b>2.842</b>	<b>2.740</b>	<b>2.648</b>	<b>2.473</b>	<b>1,5</b>	<b>10</b>
- Norwegen	1.035	1.912	1.650	1.570	1.268	1.217	1.209	1.063	0,7	8
- Großbritannien	543	1.010	955	920	857	816	750	750	0,5	11
- Deutschland	62	50	47	44	54	51	47	41	0,0	12



# BMWi-Energiedaten (Stand: 27.04.2011)



## Zahlen und Fakten

# Energiedaten

## Nationale und Internationale Entwicklung

Die Energiedaten gliedern sich in die Abschnitte

0. Inhalt, Erläuterungen, Einheiten
1. Rahmendaten
2. Energiegewinnung und Energieverbrauch
3. Energie und Umwelt
4. Energieträger
5. Energiepreise und Energiekosten
6. Internationaler Energiemarkt
7. Reserven und Ressourcen
8. Energieforschung

Quelle: <http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Energie/Statistik-und-Prognosen/Energiedaten/gesamtausgabe.html>



# Erdölvorräte (sicher gewinnbar)

Quelle: BMWi-Energiedaten 2011 Tabelle 40 (in Millionen Tonnen)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Anteile in % (2009)
<b>WELT</b>	<b>151.870</b>	<b>153.301</b>	<b>160.599</b>	<b>159.664</b>	<b>161.600</b>	<b>162.807</b>	<b>163.524</b>	<b>159.865</b>	<b>161.023</b>	<b>100,0</b>
<b>NAHER OSTEN</b>	<b>94.680</b>	<b>94.915</b>	<b>100.118</b>	<b>100.074</b>	<b>100.427</b>	<b>100.399</b>	<b>101.103</b>	<b>101.454</b>	<b>102.366</b>	<b>63,6</b>
- Saudi-Arabien 1)	35.710	35.710	35.746	35.633	36.037	35.347	35.946	36.287	35.701	22,2
- Iran	13.100	13.480	18.129	17.959	18.022	18.707	18.830	18.524	18.641	11,6
- Irak	15.600	15.600	15.646	15.646	15.646	15.646	15.646	15.646	15.646	9,7
- Kuwait 1)	13.160	13.129	13.469	13.810	13.845	13.810	13.810	14.150	14.150	8,8
- Ver.Arab.Emirate	13.306	13.306	13.306	13.306	13.306	13.306	13.306	13.306	13.306	8,3
- Syrien	340	340	340	340	340	340	340	340	340	0,2
<b>AFRIKA</b>	<b>11.230</b>	<b>12.612</b>	<b>14.579</b>	<b>14.645</b>	<b>15.090</b>	<b>16.027</b>	<b>16.068</b>	<b>17.016</b>	<b>17.276</b>	<b>10,7</b>
- Libyen	3.900	4.014	5.323	5.306	5.323	5.646	5.641	5.940	6.023	3,7
- Nigeria	3.270	4.287	4.796	4.797	4.881	4.928	4.925	4.928	5.061	3,1
- Algerien	1.800	1.780	1.605	1.700	1.664	1.669	1.660	1.660	1.660	1,0
<b>NORDAMERIKA</b>	<b>8.455</b>	<b>7.573</b>	<b>7.718</b>	<b>7.000</b>	<b>6.840</b>	<b>6.618</b>	<b>6.367</b>	<b>6.512</b>	<b>6.121</b>	<b>3,8</b>
- USA	4.130	4.048	3.873	3.328	3.997	3.910	4.000	4.150	3.863	2,4
- Mexiko	3.665	2.817	3.233	3.086	2.245	2.150	1.660	1.629	1.591	1,0
<b>SÜDAMERIKA</b>	<b>13.054</b>	<b>13.574</b>	<b>13.767</b>	<b>14.013</b>	<b>14.209</b>	<b>14.102</b>	<b>15.081</b>	<b>9.555</b>	<b>9.854</b>	<b>6,1</b>
- Venezuela	10.570	10.585	10.585	10.507	10.847	10.886	11.841	5.605	5.600	3,5
<b>Asien/Ozeanien</b>	<b>6.016</b>	<b>6.224</b>	<b>6.201</b>	<b>6.036</b>	<b>6.412</b>	<b>6.225</b>	<b>5.544</b>	<b>5.567</b>	<b>5.600</b>	<b>3,5</b>
- China	3.270	3.224	3.200	3.100	3.100	3.000	2.109	2.177	2.018	1,3
<b>GUS</b>	<b>15.029</b>	<b>15.172</b>	<b>15.343</b>	<b>15.157</b>	<b>15.975</b>	<b>16.962</b>	<b>16.969</b>	<b>17.568</b>	<b>17.543</b>	<b>10,9</b>
- Russland	9.700	9.500	9.510	9.400	10.148	10.238	10.297	10.309	10.436	6,5
- Kasachstan	3.500	3.900	4.100	4.050	4.100	4.800	4.780	5.415	5.419	3,4
- Aserbaidshan	1.100	1.090	1.080	1.070	1.130	1.350	1.330	1.300	1.280	0,8
<b>Europa/ohne GUS</b>	<b>3.331</b>	<b>3.232</b>	<b>2.842</b>	<b>2.740</b>	<b>2.648</b>	<b>2.473</b>	<b>2.392</b>	<b>2.192</b>	<b>2.264</b>	<b>1,4</b>
- Norwegen	1.650	1.570	1.268	1.217	1.209	1.063	1.012	924	882	0,5
- Großbritannien	955	920	857	816	750	750	700	650	770	0,5
- Deutschland	47	44	54	51	47	41	37	34	41	0,0

# Erdölvorräte (sicher gewinnbar)

Quelle: BMWi-Energiedaten 2011 Tabelle 40 (in Millionen Tonnen)

**Erdöl, kumulierte Förderung, Reserven und Ressourcen  
nach wirtschaftspolitischen Ländergruppen 2009**

Region	kumulierte Förderung		Sicher gewinnbare Reserven		Geschätzte, zusätzliche gewinnbare Ressourcen	
	Mio.t	%	Mio.t	%	Mio.t	%
OPEC-13	62.053	39,1	121.965	75,7	30.350	30,6
OPEC-Golf	41.058	25,9	100.897	62,7	30.350	30,6
OECD	49.300	31,1	8.841	5,5	20.824	21,0
EU-27	5.494	3,5	1.298	0,8	1.729	1,7
<b>Welt</b>	<b>158.756</b>		<b>161.023</b>		<b>99.337</b>	

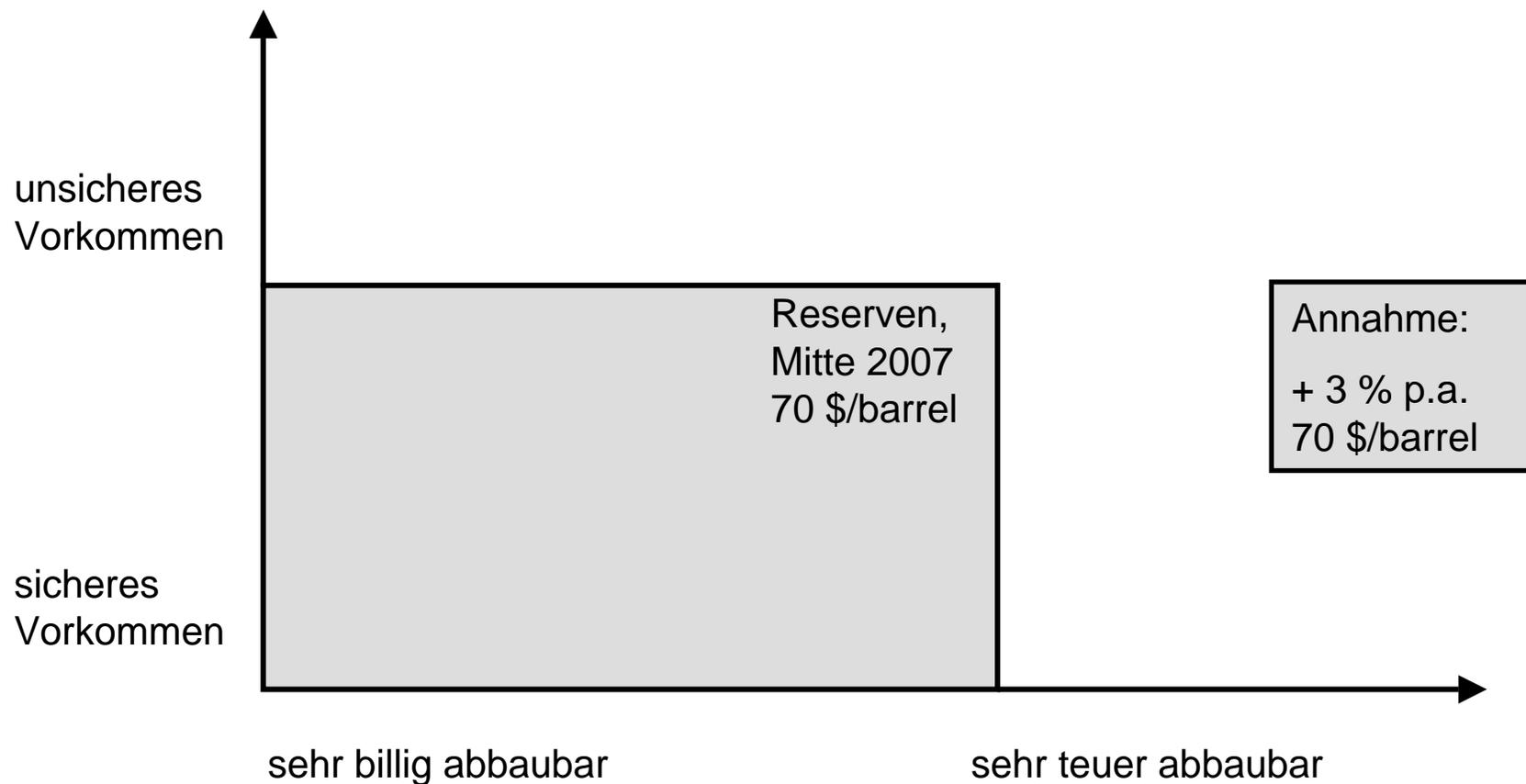
Abweichungen durch Rundungen  
Quelle: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe



# Wie lange reichen fossile Energievorräte noch?

Immer unterscheiden:

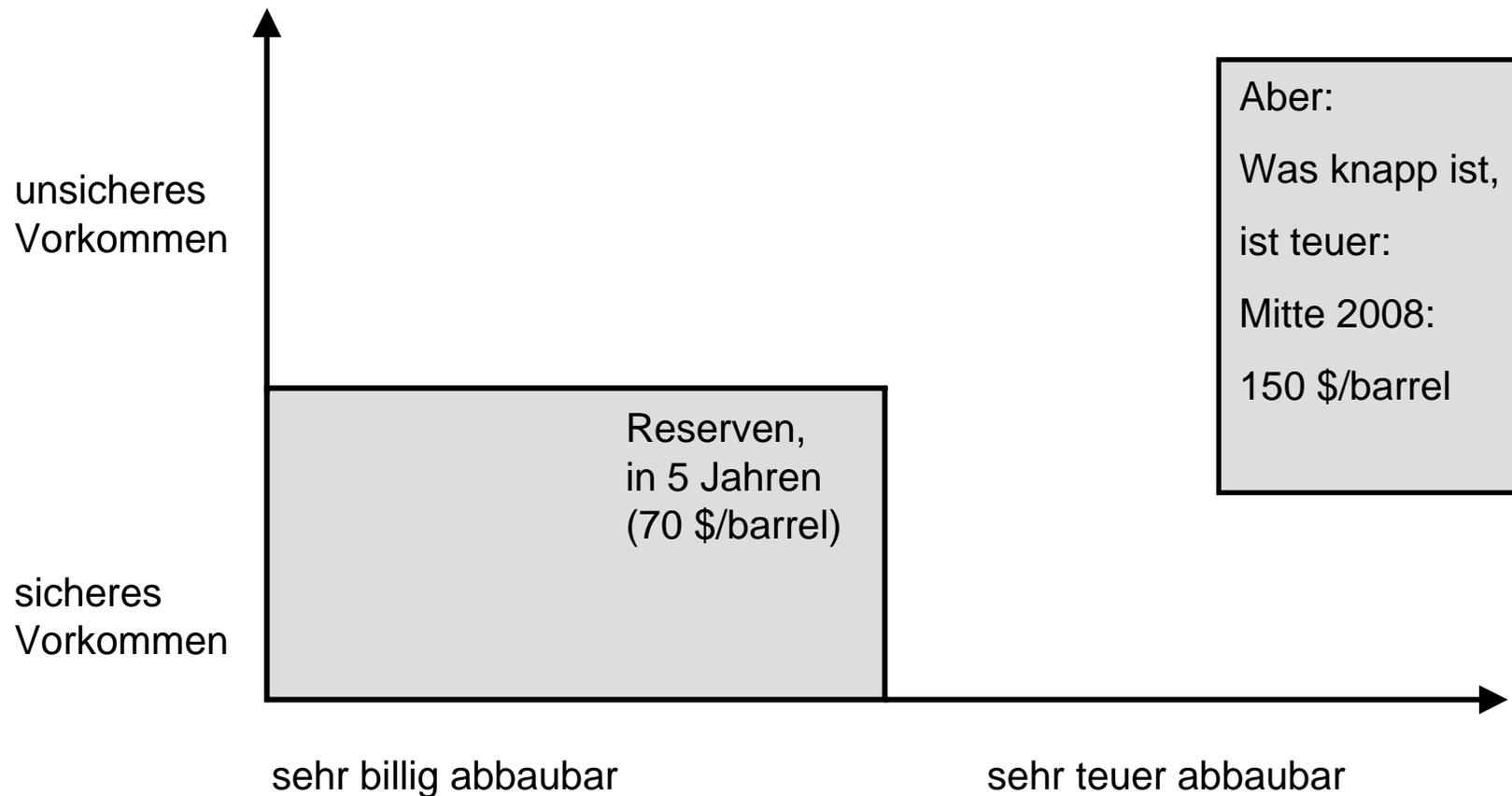
Reserven (sichere Ausbeute) vs. Ressourcen (insgesamt vorhanden)



# Wie lange noch fossile Energievorräte?

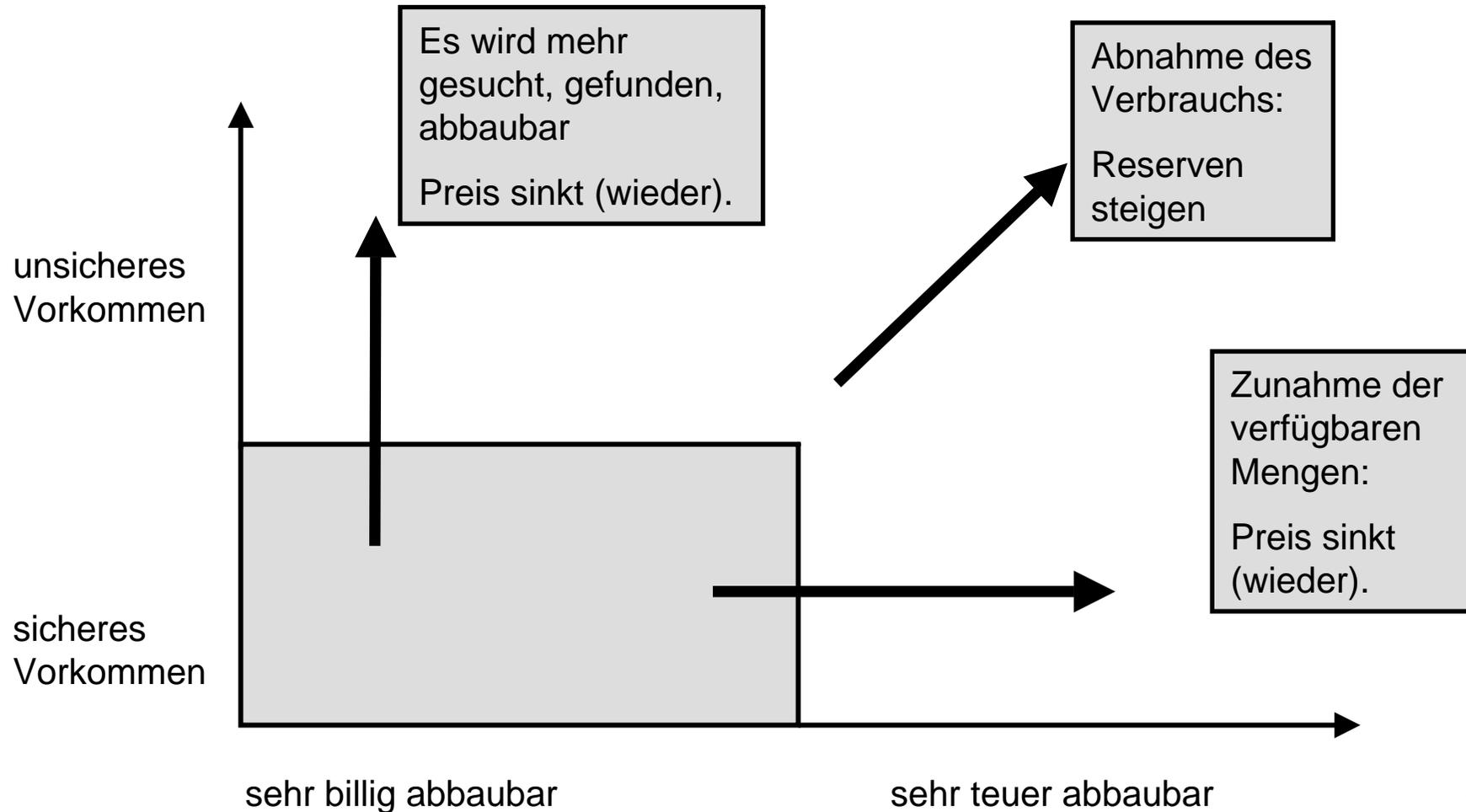
Dynamische Reichweite:

Wenn der Verbrauch jedes Jahr z.B. um 3% wächst.

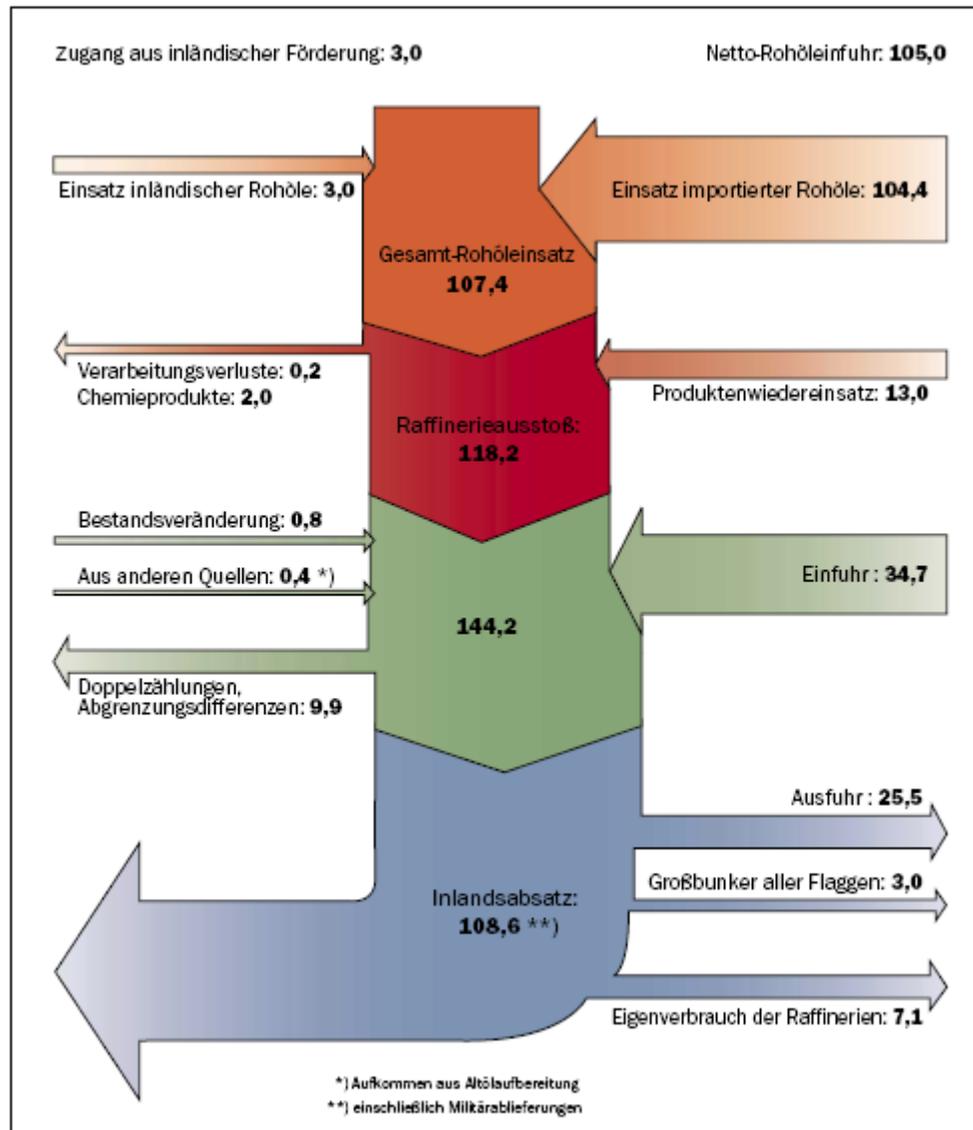


# Wie lange noch fossile Energievorräte?

## Reserven vs. Ressourcen



# Mineralöl-Bilanz für Deutschland 2008



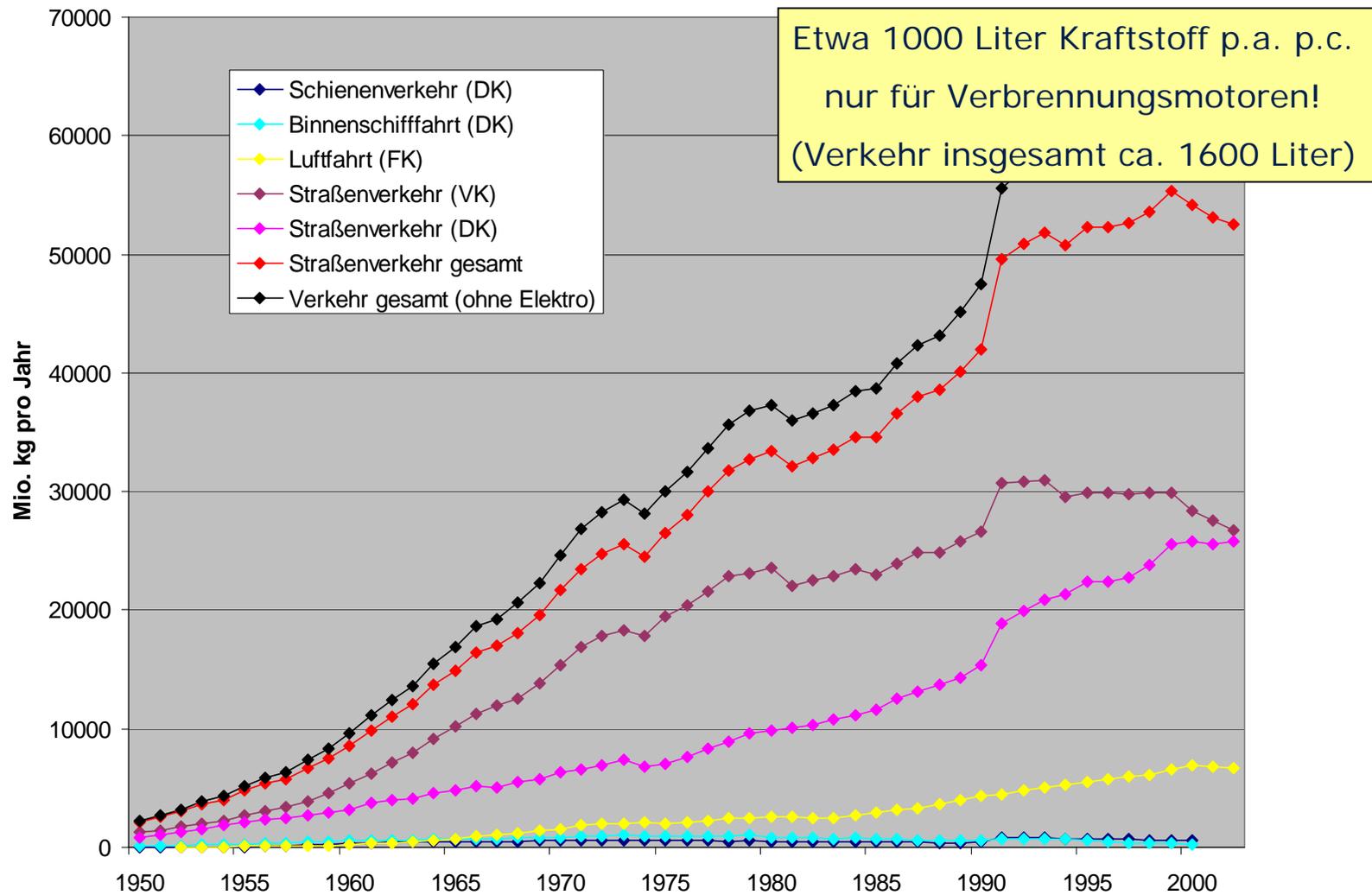
in Millionen Tonnen

Quelle:  
Mineralölwirtschaftsverband  
Jahresbericht 2008,  
Hamburg 2009, Seite 25



# Im Verkehr Deutschlands (Inlandsprinzip):

## Endenergieverbrauch im Verkehr (aus Verkehr in Zahlen)



## Spezifischer Endenergieverbrauch Personenverkehr

[l Dieseläquivalent/100 Pkm]	100 % Auslastung	20 % Auslastung
Auto nah	1,7 – 3,4	6,2 – 15,9
Auto fern	1,2 – 2,5	4,3 – 12,0
Bus Linienverkehr	0,4 – 0,5	1,2 – 1,8
Bus Reiseverkehr	0,5	2,1 – 2,5
Stadtbahn	0,4 – 4,2	1,4 – 12,9
Bahn nah Elektroantrieb	0,9 – 1,1	4,1 – 5,5
Bahn nah Dieselantrieb	1,0 – 1,1	4,7 – 5,3
Bahn fern Elektroantrieb	0,6 – 1,1	2,9 – 5,5
Bahn fern Dieselantrieb	0,9 – 1,6	4,1 – 8,0
Flugzeug	1,7 – 10,5	8,2 – 51,8

Quelle: Bialonski, W.; Vanck, P.; Schulze, K.; Wakob, H.: Spezifischer Energieeinsatz im Verkehr, Forschungsbericht 90 247/88 des Verkehrswissenschaftlichen Instituts der RWTH Aachen im Auftrag des BMV, Bonn / Aachen 1990.



## Spezifischer Endenergieverbrauch Güterverkehr

[l Dieseläquivalent/100 tkm]	100 % Auslastung	20 % Auslastung
Kleiner Lkw nah	4,2 – 5,7	14,2 – 20,6
Lkw nah	3,4 – 3,6	12,2 – 12,8
Kleiner Lkw fern	2,7 – 4,3	10,3 – 18,4
Lkw fern	1,8 – 2,5	7,1 – 10,3
Sattelzug / Lastzug	1,2 – 1,6	4,4 – 5,2
Bahn nah Elektroantrieb	1,0 – 1,2	3,3 – 4,3
Bahn nah Dieselantrieb	1,2	4,8
Bahn fern Elektroantrieb	0,7 – 0,8	2,3 – 2,7
Bahn fern Dieselantrieb	0,6 – 0,7	1,9 – 2,0
Kanalschiffe	0,4 – 0,8	1,7 – 3,0
Pipeline	0,04 – 0,6	1,2 – 3,4
Kombinierter Ladungsverkehr	1,1 – 1,5	4,0 – 5,7

Quelle: Bialonski, W.; Vanck, P.; Schulze, K.; Wakob, H.: Spezifischer Energieeinsatz im Verkehr, Forschungsbericht 90 247/88 des Verkehrswissenschaftlichen Instituts der RWTH Aachen im Auftrag des BMV, Bonn / Aachen 1990.



## Tipps: Geduld und Gelassenheit

Unnötiges ausladen. Reifendruck kontrollieren, gerne 0,2-0,4 bar mehr  
Ski-, Rad-, Gepäckträger abbauen wenn sie nicht genutzt werden

Ohne Gas starten. Aus unteren Drehzahlbereich mit (fast) Vollgas raus!

Immer früh hochschalten. Bei Abschaltautomatik Leerlauf vermeiden

Möglichst immer im höchsten Gang fahren – schont eigentlich alles

Mit Weitblick fahren, überflüssiges Bremsen vermeiden, konstant fahren

Nie Motor unnötig laufen lassen – beim Warten Motor aus (10s - Regel)

Klimaanlagen kosten: 0,1-2,0 Liter zusätzlich je 100 km und Strecke

Unbedingt: 6-Gang statt 5-Gang Getriebe

Leichtlauföl und Leichtlaufreifen. Immer.

(Ggf. teure Benzinsorten kaufen: Evtl. kostenneutral, aber CO<sub>2</sub>-senkend)

Was würden Sie eigentlich bei 2,50 € je Liter machen?  
(Oder dann, wenn jeden Monat 4 Cent dazukämen)?

Quellen: Diverse, BUND, VCD ([www.vcd.org](http://www.vcd.org)), Automobilfirmen, BMWi, etc.



## Was könnte nachhaltig sein?

Sonne liefert 178 000 TW, Photosynthese 100 TW, Menschen nutzen technologisch ca. 10-12 TW im Jahr (aber über 90 % fossil)  
Primärenergieverbrauch in D.: Etwa 14 EJ/a = 5 550 Liter Erdöl p.c. p.a.  
d.h. Verbrauch in Deutschland senken, in Entwicklungsländern erhöhen.  
Ca. 1000 Liter pro Kopf und Jahr nur für Verbrennungsmotoren  
Verkehrsanteil: 2007 ca. 30 % , ca. 1600 Liter p.c. p.a. insgesamt  
Die Welt würde (von Kohlenstoff und CO<sub>2</sub> aus betrachtet) es **wohl** verkraften, wenn jeder Mensch 30 - 40 GJ jährlich nutzen würde  
Das wären vielleicht 10 000 kWh/a = ca. 1 kW: Die **1 kW-Gesellschaft**:  
1000 Watt für jeden, ständig (= ca. 10 Energie-Sklaven á 200 Watt).  
Das wären etwa 1000 Liter Erdöl p.c. p.a.- insgesamt für alles.  
Für Deutschland wären das ca. 2,5 EJ/a, **ca. 80 % weniger** als heute.

Heutige Bedürfnisse erfüllen, künftige Bedürfnisse nicht unmöglich machen.

Literatur: DÜRR, Hans Peter ([www.gcn.de](http://www.gcn.de))



## Fazit: Energieketten. Effizienz und Suffizienz

Energie wird umgewandelt. Exergie wird reduziert, Entropie wird erhöht.

Bei Energieketten immer Abgrenzungen und Wirkungsgrade beachten:

Primär- , Sekundär-, End-, Nutzenergie und Energiedienstleistung.

FAZIT: Umwandlung optimieren (**Effizienz**), keine unnötige Umwandlung (**Suffizienz**). Effizienz können wir, Suffizienz lernen wir.

Suffizienz ist nicht Verzicht, sondern ein Gewinn an Lebensqualität (!)

Fossile Energie wird knapper. Was knapper wird, wird tendenziell teurer.

Es wird garantiert immer irgendwo Erdöl geben - nur zu welchem Preis?

Die drei Zukunftsfragen sind: Wann wird es wie teuer sein, wie verläuft der Anstieg, wer kriegt das Geld?

Und damit geht es um Zukunft - die aber ist offen.  
Raten - Prognostizieren - Wetten: Ich setze echtes Geld:

2030 kostet ein Liter Benzin *nominal mehr als 5,00 € (real > 2,50 €<sub>(2010)</sub>)*

