

Energie- und CO₂-Bilanz des Stadtgebiets Kaufbeuren 1990 - 2010

November 2012



Erstellt von
Dipl.-Ing. Andreas Repper
andreas.repper@mb.tu-chemnitz.de

für die
Stadt Kaufbeuren - Abteilung Umwelt
Spitaltor 5
87600 Kaufbeuren

Inhaltsverzeichnis

1	Treibhausgas-Bilanz und Zusammenfassung	3
2	Endenergieverbrauch	5
	Endenergieverbrauch unter Berücksichtigung der Stromerzeugung	
3	LCA-Energieverbrauch	10
4	CO ₂ -Ausstoß im Energiemix	13
5	Daten verschiedener Städte und Landkreise der Region	16
6	Ausblick	21
7	Anhang	22
	Methodik	22
	Glossar	24
	Datentabelle	28
	Quellenverzeichnis	29
	Danksagung	31

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Quellen der CO ₂ -Emissionen 2010	3
Abbildung 2:	Entwicklung der CO ₂ -Emissionen	4
Abbildung 3:	Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern	5
Abbildung 4:	Anteile der Energieträger am Endenergieverbrauch 2010	6
Abbildung 5:	Anteile der Verursacherguppen am Endenergieverbrauch 2010	6
Abbildung 6:	Entwicklung von Wärme- und Stromverbrauch und einigen Rahmenbedingungen	7
Abbildung 7a) und b):	Entwicklung des Endenergieverbrauchs – Strom zugeordnet	8
Abbildung 8a) und b):	Entwicklung des Endenergieverbrauchs erneuerbarer Energieträger – Strom zugeordnet ..	9
Abbildung 9:	Schematischer Vergleich der Energieverbräuche 1990 und 2010	11
Abbildung 10:	LCA-Energieverbrauch nach Verbrauchergruppen 2010	11
Abbildung 11:	Entwicklung der Energieverbräuche nach Energieträgern im Überblick a) Endenergie b) LCA-Energie c) nicht-erneuerbarer Anteil LCA-Energie	12
Abbildung 12:	Strommix (Endenergie) a) 1990 b) 2010	14
Abbildung 13:	Wärmemix (Endenergie) a) 1990 b) 2010	15
Abbildung 14:	Entwicklung der energetischen CO ₂ -Emissionen pro Einwohner.. ..	16
Abbildung 15:	Entwicklung des Endenergieverbrauchs (ohne Verkehr) pro Einwohner	17
Abbildung 16:	Entwicklung der Pro-Kopf-Wertschöpfung	18

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Zusammenfassung der Daten zu Energieverbrauch und Treibhausgas-Emissionen	4
Tabelle 2:	LCA-Faktoren wichtiger Energieträger	10
Tabelle 3:	CO ₂ -Faktoren wichtiger Energieträger	13
Tabelle 4:	Lokale Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern und CO ₂ -Vermeidung 2010	14
Tabelle 5:	Nutzung erneuerbarer Wärmeenergieträger und CO ₂ -Vermeidung 2010	15
Tabelle 6:	Entwicklung von Bruttowertschöpfung (nominal) und Energieintensität	17
Tabelle 7:	Entwicklung der Wohnsituation	18
Tabelle 8:	Entwicklung der PKW-Dichte	19
Tabelle 9:	Entwicklung der Verbräuche leitungsgebundener Energieträger 2006	19
Tabelle 10:	Entwicklung der Nutzung regenerativer Energieträger 2007	20

Energetische Einheiten

Energie	1 Gigawattstunde (GWh) = 1000 Megawattstunden (MWh) 1 Megawattstunde (MWh) = 1000 Kilowattstunden (kWh)
Im Unterschied dazu sind GW, MW, kW Einheiten der Leistung	

Begriffe des Glossars sind bei ihrer ersten Erwähnung *kursiv* gedruckt.

1 Treibhausgas-Bilanz und Zusammenfassung

Die CO₂-Emissionen^{1,2} des Stadtgebiets Kaufbeuren liegen im Jahr 2010 bei 433.000 t. Knapp 90 % der Emissionen sind energetischer Natur und stammen aus dem *Energieverbrauch* der Verursacherbereiche Wirtschaft (36 %), Haushalte (22 %) und Verkehr (29 %) ³. Gut 10 % tragen *nicht-energetische Emissionen* bei, die prozessbedingt im verarbeitenden Gewerbe, bei der Landnutzung und in der Abfallwirtschaft freigesetzt werden. Gegenüber den genannten Quellen ist die CO₂-Wirksamkeit der Vegetation für die Gesamtbilanz von geringer Bedeutung (< 0,5 %, siehe auch LULUCF und /1/).

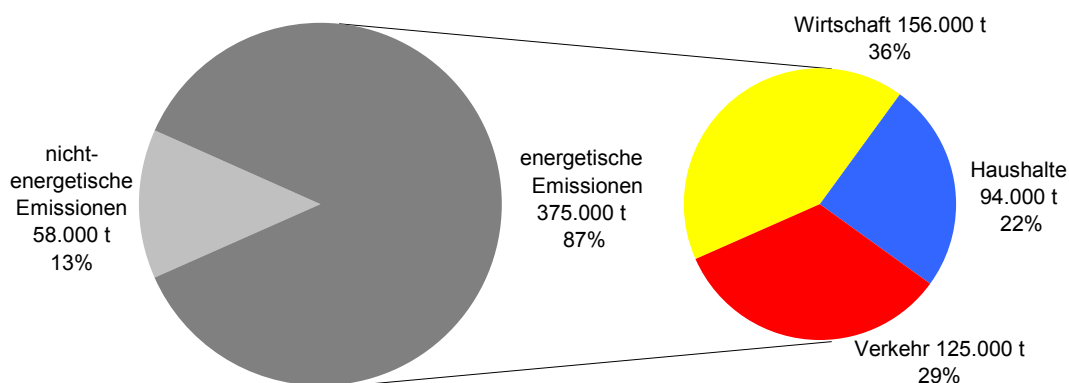


Abbildung 1: Quellen der CO₂-Emissionen 2010
(gesamt: 433.000 t)

Im Rahmen der Bilanzierungsmethodik nicht erfasst werden Emissionen von Gütern und Lebensmitteln, die in Kaufbeuren konsumiert, aber von außerhalb der Stadtgrenzen „importiert“ werden. Diese Emissionen sind Teil der Bilanzen der jeweiligen Herstellungs- und Verarbeitungsorte.

Abbildung 2 zeigt den Verlauf der CO₂-Emissionen seit 1990 für die einzelnen *Energieträger* und die *nicht-energetischen Emissionen*. Die größten Anteile stammen aus der Gruppe der Verkehrskraftstoffe (Benzin, Diesel, Kerosin, Strom), Erdgas (je 32 %) und Strom (26 %).

¹ CO₂ und CO₂-äquivalente Gase (CH₄, N₂O, HFC, PFC, SF₆) des Kyoto-Protokolls, aggregiert gemäß Viertem Sachstandbericht (2007) des IPCC. Siehe auch *Treibhausgase*.

² Die Berechnung der *Treibhausgas*-Emissionen erfolgt auf Grundlage umfassender Ökobilanzen energetischer (bzw. stofflicher) Prozesse (*LCA-Methodik*).

³ Die Bilanzierung der Bereiche Haushalte und Wirtschaft beruht auf den *Endenergieverbräuchen* innerhalb des Stadtgebiets (siehe Kap. 7: Territorialprinzip). Der Bereich Verkehr umfasst alle Fahrten und Flüge, die von Kaufbeurer Bürgern und ansässigen Firmen deutschlandweit durchgeführt werden (siehe Kap. 7: Verursacherprinzip).

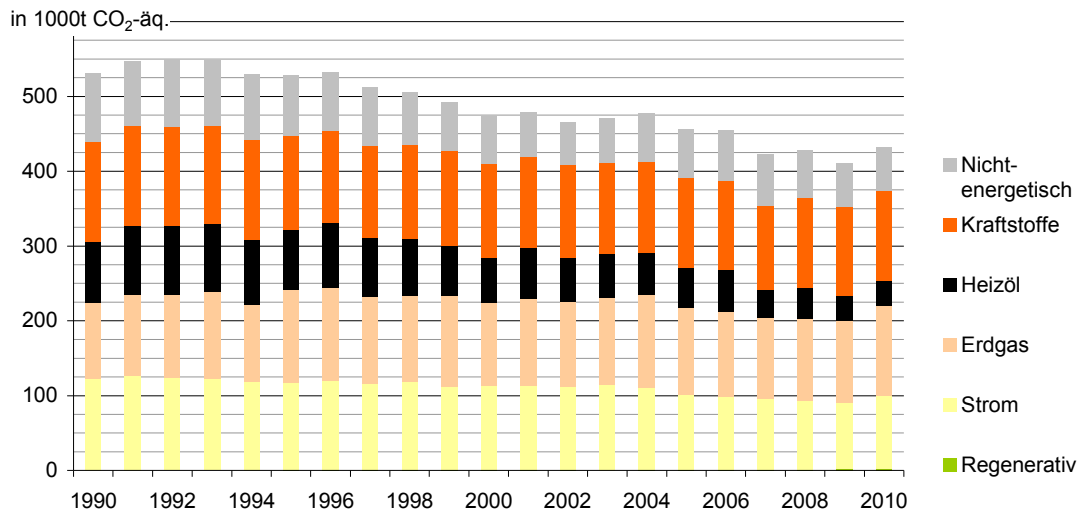


Abbildung 2: Entwicklung der CO₂-Emissionen

Seit Anfang der 1990er Jahre verringerte sich der CO₂-Ausstoß im Durchschnitt von 540.000 t auf 430.000 t, mithin um gut 20 %. Diese Entwicklung erklärt sich vor allem aus Einsparungen bei den energetischen Emissionen, die allgemein an folgenden Größen ablesbar sind:

- *Endenergieverbrauch* (ab verbraucherseitiger Übergabestelle genutzte Energie)
- *LCA-Energieverbrauch* (Endenergie plus Energieeinsatz für deren Bereitstellung)
- *Energiemix* (Anteile der verschiedenen Energieträger am Energieverbrauch).

Für Kaufbeuren ergeben sich für den aktuellen Zeitraum (2006 - 2010) im Vergleich zum Basiszeitraum (1990 - 1994) folgende Ergebnisse:

	Endenergie			LCA-Energie	CO ₂ -Emissionen im Energiemix	
	aktuell [GWh]	Veränderung	regenerativ	aktuell [GWh]	aktuell [g/kWh]	Veränderung
Wärme	600	-14 %	8,3 % (2010)	712	256	-9 %
Strom	198	-2 %	37,2 % (2010)	464	455	-23 %
Verkehr	399	-8 %	< 1 % (2010)	493	302	-1 %
Gesamt	1197	-10 %	10 %	1668	308	-9 %

	Treibhausgas-Emissionen	
	1000 t CO ₂ -äq.	Veränderung
Energetische Emissionen	367	-19 %
Vermeidung durch erneuerbare Energien	57 (2010)	
Nicht-energetische Emissionen	63	-29 %
Treibhausgas-Emissionen gesamt	430	-21 %

Tabelle 1: Zusammenfassung der Daten zu Energieverbrauch und Treibhausgas-Emissionen

Diese Aspekte werden in den Kapiteln 2-4 ausführlich dargestellt. Kapitel 5 stellt Ergebnisse aus der Region Allgäu vor.

2 Endenergieverbrauch

Ausgangspunkt der Bilanzierung sind die Endenergieverbräuche der einzelnen Energieträger im Stadtgebiet Kaufbeuren. Sie umfassen die Energieverbräuche aller im Stadtgebiet ansässigen Endverbraucher ab der jeweiligen Übergabestelle des Energieträgers (z.B. Steckdose, Gashausanschluss, Heizöl-Tankwagen). Ausnahme ist der Bereich Verkehr mit den ihm zugeordneten Kraftstoffen, die nach dem Verursacherprinzip bilanziert wurden und sämtliche Strecken umfassen, die von Bürgern Kaufbeurens und ansässigen Firmen innerhalb Deutschlands zurückgelegt werden.

Neben dem Nutzungsverhalten der Endverbraucher beeinflussen Schwankungen in Witterung, Einwohnerzahl und Konjunkturlage den jährlichen Endenergieverbrauch. Zudem gibt es in Kaufbeuren einen branchenbedingten Großverbraucher, dessen Wärme- bzw. Stromverbrauch seit 2008 um 50% gestiegen ist (+30 GWh Erdgas, +10 GWh Strom) und im Jahr 2010 jeweils einen Anteil von etwa 14 % ausmacht.

Aussagekräftiger als der direkte Vergleich einzelner Jahre sind Mittelwerte über mehrere Jahre⁴. Demnach verringerte sich der Endenergieverbrauch von 1337 GWh Anfang der 1990er Jahre auf 1201 GWh in den Jahren 2006 - 2010. Der geringste Energieverbrauch (1149 GWh) ist für das Jahr 2007 zu verzeichnen, der Höchstwert mit 1373 GWh im Jahr 1996.

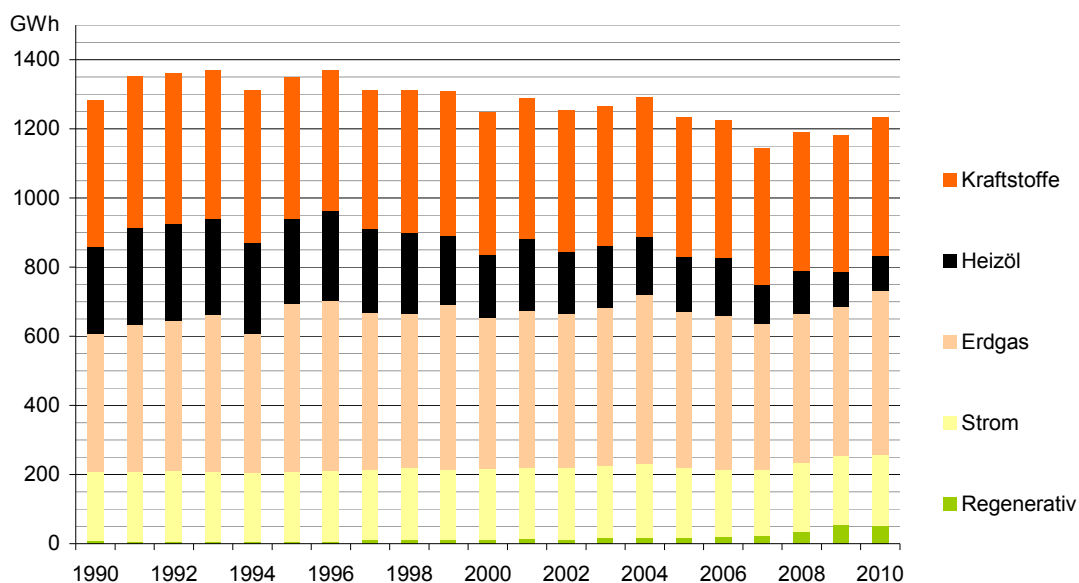


Abbildung 3: Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern

Der Stromverbrauch liegt weitgehend konstant bei etwa 200 GWh, wovon etwa $\frac{2}{3}$ auf die Haushalte entfallen. Der Fortschritt sparsamerer Geräte wird hier vor allem durch die vermehrte Nutzung von Unterhaltungselektronik und Gebäudeklimatisierung kompensiert^{2, 3/}.

Der Verbrauch von Verkehrskraftstoffen ist um 8 % auf 400 GWh⁵ gesunken, wobei jeweils 1 MWh an den Kaufbeurer Erdgas- und Stromtankstellen abgesetzt wurde.

⁴ Die Reduktionsverpflichtungen im *Kyoto-Protokoll* beziehen sich auf den Zeitraum 2008 - 2012.

⁵ bei Bilanzierung gemäß Verursacherprinzip; Schätzung gemäß Territorialprinzip: 240 GWh /4/

Für die Wärmeenergieträger (eingesetzt vor allem für Heizung, Warmwasser, Prozesswärme und in geringerem Maße für Maschinenantriebe) ergibt sich eine Einsparung um 15 % auf 600 GWh. Der Anteil der Haushalte ist von 30 % auf knapp 40 % gestiegen, was im Zusammenhang mit der Verschiebung der Wirtschaftsleistung vom verarbeitenden Gewerbe in den Dienstleistungssektor zu sehen ist.

Innerhalb der Gruppe der Wärmeenergieträger halbiert sich der Heizölverbrauch auf 120 GWh, teils durch Modernisierung der Technik, teils durch Umstieg auf Erdgas und *erneuerbare Energieträger*. Der Erdgasverbrauch steigt vor diesem Hintergrund um 20 GWh auf 440 GWh. Regenerativen Energieträger steuern gut 50 GWh bei.

Die resultierenden Anteile am Endenergieverbrauch 2010 zeigen die Abbildungen 4 und 5. Seit 1990 nahm der Anteil der Haushalte um 5 Prozentpunkte zu, während sich die Anteile von Wirtschaft und Verkehr zu etwa gleichen Teilen verringerten.

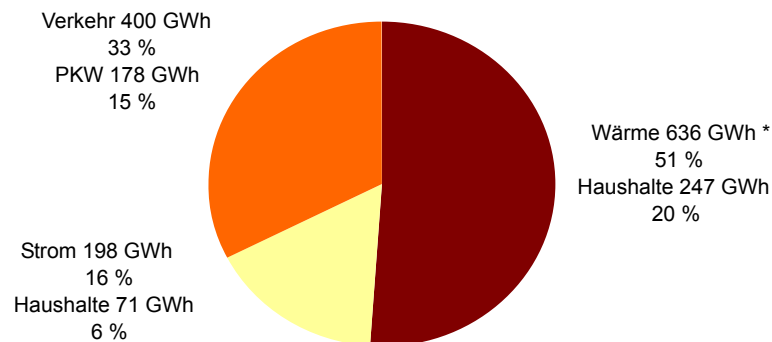


Abbildung 4: Anteile der Energieträger am Endenergieverbrauch 2010
* einschl. 5 GWh Stromdirektheizungen; gesamt: 1234 GWh

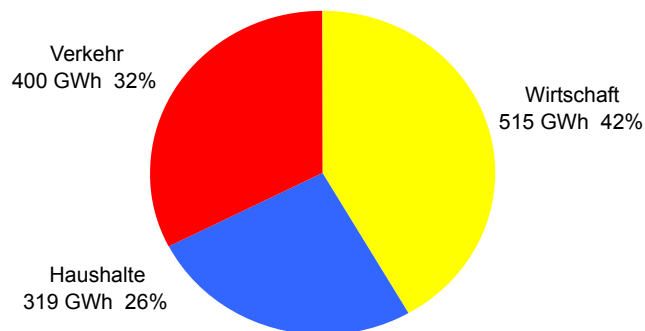


Abbildung 5: Anteile der Verursachergruppen am Endenergieverbrauch 2010
(gesamt: 1234 GWh)

In der Gruppe Wirtschaft sind kommunale Liegenschaften (ohne Bäder) und Infrastruktur mit 28 GWh enthalten. Ihr Anteil am Wärme- und Stromverbrauch beträgt 4 bzw. 5 % und liegt damit trotz der eher ungünstigen Voraussetzungen einer Kleinstadt im üblichen Rahmen. Durch Modernisierungen und Einsparmaßnahmen werden gegenüber 1990 jährlich 4 GWh eingespart.

Abbildung 6 stellt den Strom- und Wärmeverbrauch im Kontext einiger Rahmenbedingungen dar.

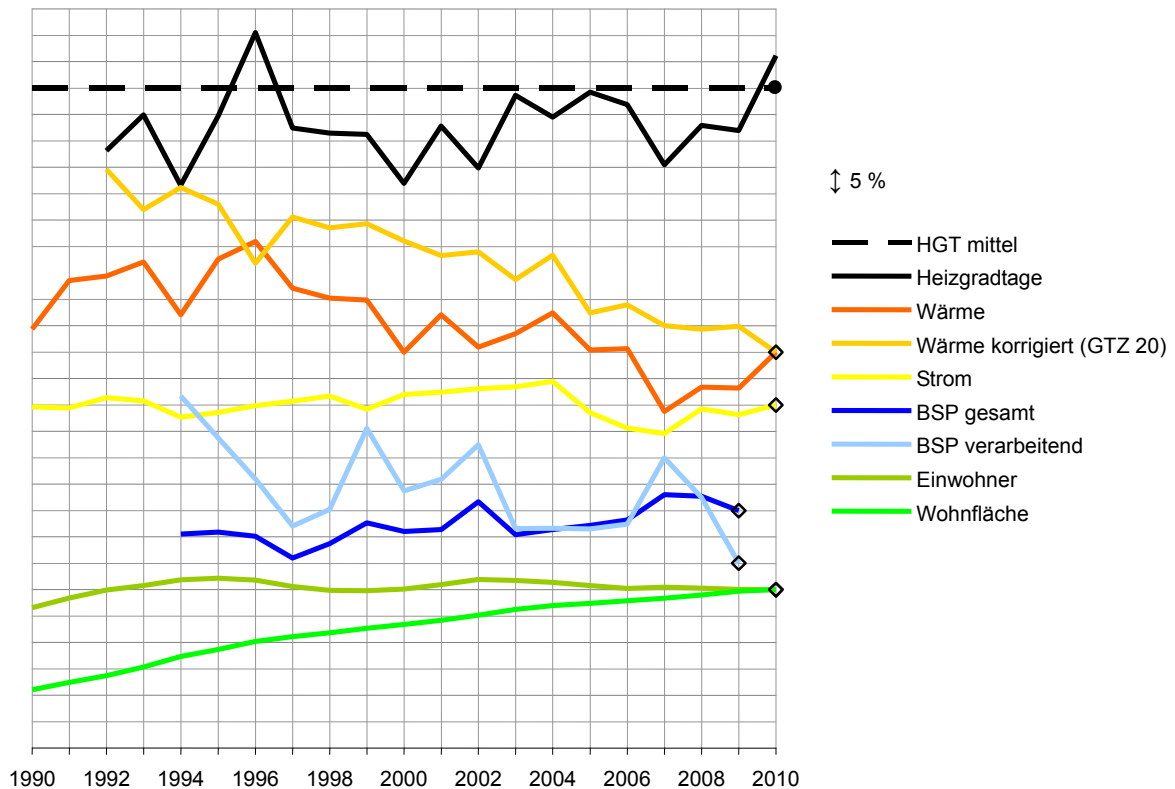


Abbildung 6: Entwicklung von Wärme- und Stromverbrauch und einigen Rahmenbedingungen

Werte jeweils auf letzten Wert (\diamond) normiert; Heizgradtage auf langjährigen Mittelwert normiert (\bullet) mit Daten des BLfSD /22/ und des Deutschen Wetterdienstes

Witterung: Mit Ausnahme der Jahre 1996 und 2010 liegen im Bilanzierungszeitraum alle Jahreswerte unterhalb des langjährigen Mittelwerts von 2750⁶ Heizgradtagen (Jahre 1970 - 2010); das Mittel der Jahreswerte 1992 bis 2010 liegt bei 2609 Heizgradtagen (deutscher Mittelwert: 2244). Der Wärmeverbrauch spiegelt die Witterungsverhältnisse (erkennbar an den Schwankungen im Verlauf der Heizgradtage) mit fallender Tendenz wider. Die Witterungsbereinigung (nach GTZ 20) verdeutlicht dies.

Wohnverhältnisse: Energiesparend wirkt sich neben hohen Wärmedämmstandards bei Neubauten und Renovierungen die Umrüstung alter Öl- und Kohlefeuerungen auf effizientere Zentralheizungsanlagen aus. Andererseits steigen – bei praktisch konstanter Einwohnerzahl von etwa 42000 – die Gesamtwohnfläche (+24 % seit 1990) und die Anzahl aufwendiger zu beheizender Ein- und Zweifamilienhäuser (+20 %) kontinuierlich an.

Wirtschaft: Die Wirtschaftsleistung⁷ nimmt über den Bilanzierungszeitraum nominal um 4 % zu und verlagert sich vom eher energieintensiven verarbeitenden Gewerbe (Anteil 1992: 33 %, 2010: 18 %) in den Dienstleistungssektor. Die Beschäftigtenzahl im verarbeitenden Gewerbe hat sich seit 1990 nahezu halbiert. Etwaige Auswirkungen der Wirtschaftskrise seit 2008 werden durch kältere Witterung überlagert.

⁶ Abschätzung aus Daten des DWD für Kempten und eigenen Messungen (Standort: Kläranlage)

⁷ Bruttowertschöpfung (nominal) zu Herstellungspreisen

Endenergieverbrauch unter Berücksichtigung der Stromerzeugung

In Abbildung 3 ist Strom definitionsgemäß als Endenergieträger erfasst. Berücksichtigt man die zur Stromerzeugung genutzten Energieträger (d.h. der Stromverbrauch wird den zugrunde liegenden Energieträger zugeordnet), steigt der regenerative Anteil auf 10,4 % (128 GWh), eine Verdreifachung gegenüber 1990. *Atomenergie* kommt auf einen Anteil von etwa 3 %.

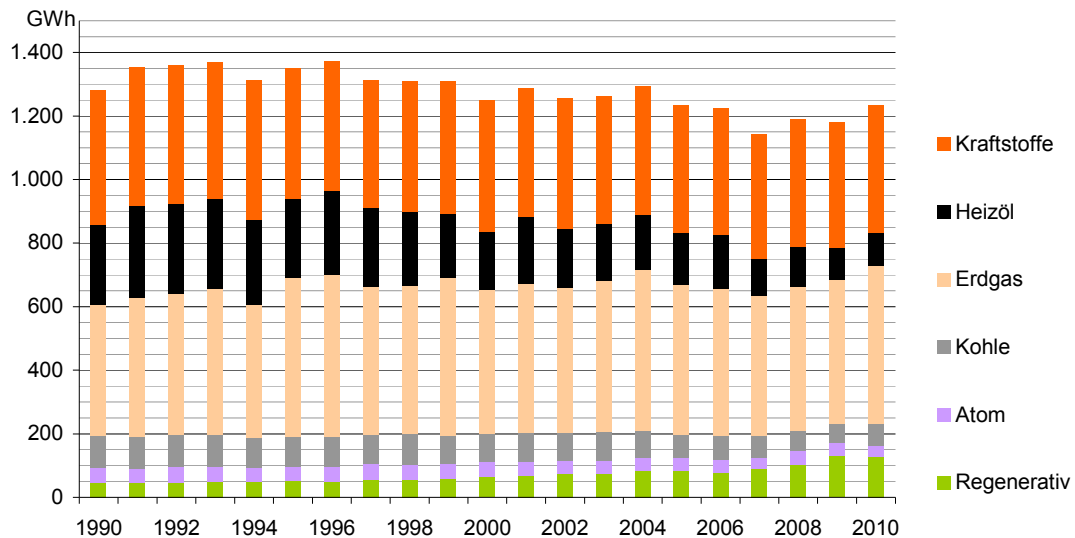


Abbildung 7 a): Entwicklung des Endenergieverbrauchs – Strom zugeordnet

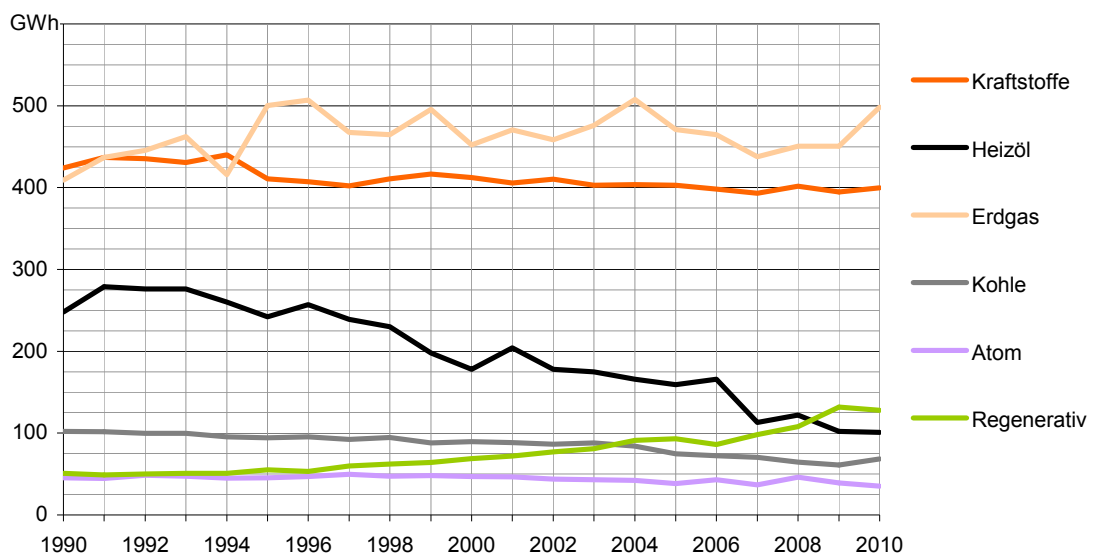


Abbildung 7 b): Entwicklung des Endenergieverbrauchs – Strom zugeordnet

Die Abbildungen 8a) und 8b) zeigen die Entwicklung der erneuerbaren Energieträger im Einzelnen. Zum überwiegenden Teil handelt es sich um Biomasse/Holz (43 GWh Wärme, 10 GWh Strom), Wasser- (35 GWh) und Windkraft (14 GWh) sowie Sonnenenergie (Photovoltaik 8 GWh; Solarthermie 2 GWh). Biogase (6 GWh) und Umweltwärme (3 GWh) spielen für die Gesamtbilanz noch keine nennenswerte Rolle, liegen bei der Nutzung als Wärmeenergieträger aber deutlich über den nur noch in marginalem Umfang (siehe auch /5/) verwendeten Kohlen (< 1 GWh).

Die lokale Stromerzeugung durch Photovoltaik steigt seit der Jahrtausendwende – auch durch

staatliche Investitionsförderprogramme – kontinuierlich an und versorgt im Jahr 2010 mit 7 GWh rechnerisch gut 1500 Haushalte dezentral und lokal praktisch emissionsfrei mit Strom.

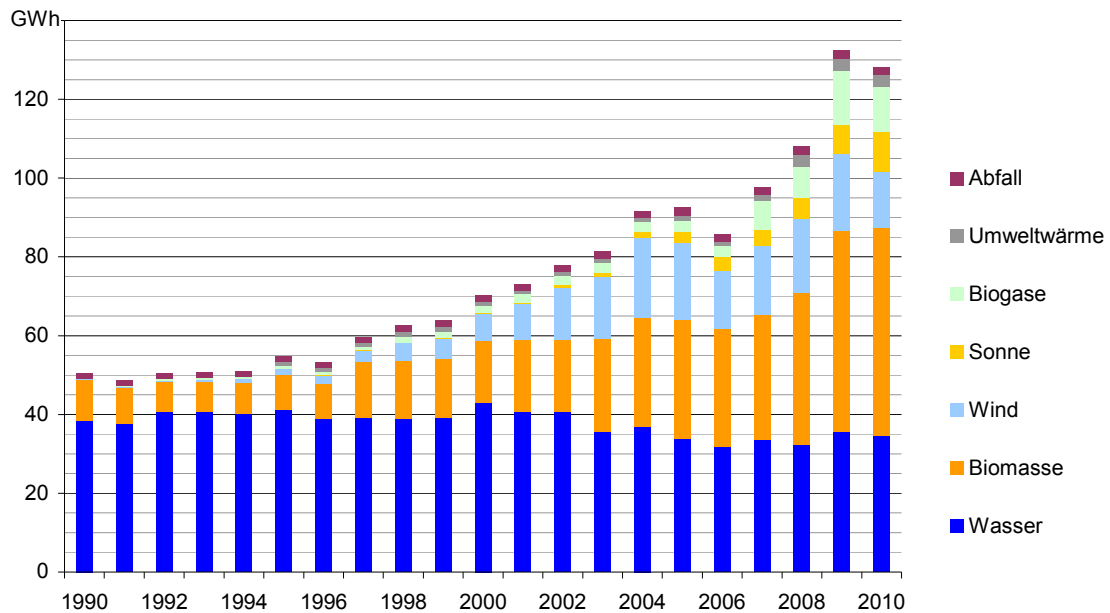


Abb. 8 a): Entwicklung des Endenergieverbrauchs erneuerbarer Energieträger – Strom zugeordnet

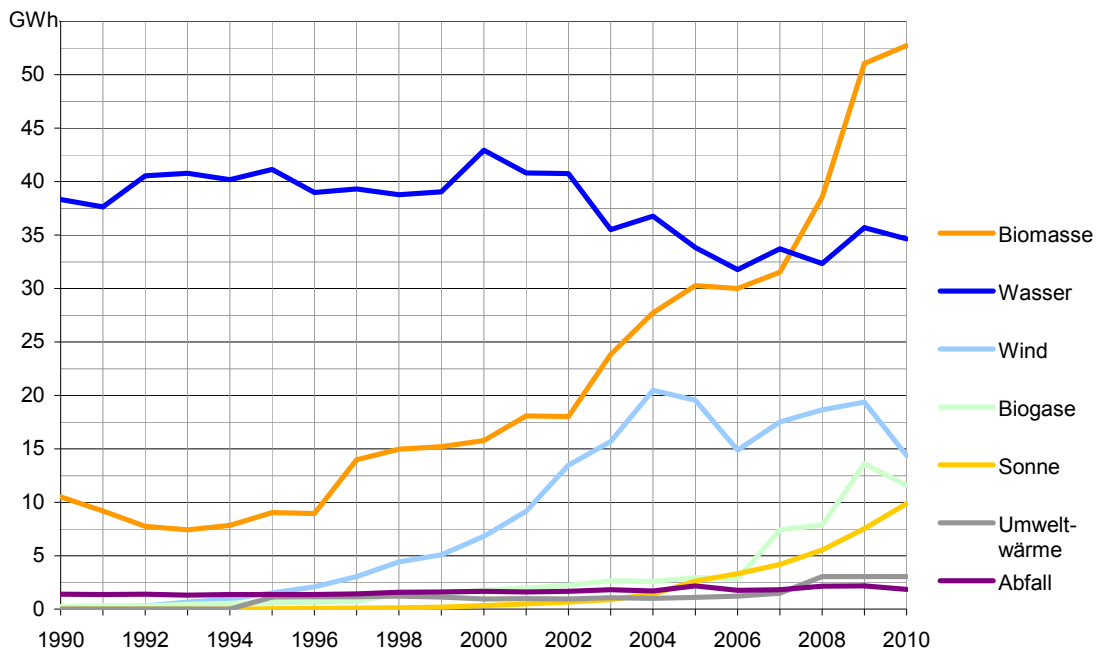


Abb. 8 b): Entwicklung des Endenergieverbrauchs erneuerbarer Energieträger – Strom zugeordnet

Die deutliche Zunahme der Nutzung von Biomasse in den Jahren 2007 - 2009 kommt durch die Inbetriebnahme des Biomasse-BHKWs am BKH Kaufbeuren zustande. Im Jahr 2008 überflügelt Biomasse damit erstmals die seit jeher in erheblichem Umfang zur Stromerzeugung genutzte Wasserkraft. Der Rückgang der zur Stromerzeugung genutzten regenerativen Energien im Jahr 2006 fällt mit einem größeren Zukauf von Atomstrom aus anderen Netzen durch die VWEW zusammen.

3 LCA-Energieverbrauch

Um den Energieaufwand zu erfassen, der zur Förderung und Bereitstellung der lokal genutzten Endenergie erforderlich ist, wird die Bilanzierung räumlich und zeitlich auf die sogenannte Vorkette eines Energieträgers erweitert (*LCA-Methodik*). Damit wird der gesamte Energieverbrauch von Förderung, Umwandlung und Transport des *Primärenergieträgers* über den Betrieb und Produktlebenszyklus der genutzten Anlagen und Infrastruktur bis zur Übergabe an den Endverbraucher berücksichtigt. So erhalten auch erneuerbare Energieträger wie Windkraft einen (geringen) nicht-erneuerbaren Energieverbrauch, der im Lebenszyklus der Anlagen (Herstellung, Errichtung, Betrieb und Entsorgung) anfällt.

Der Energieaufwand der Vorkette wird im sog. LCA-Faktor zusammengefasst, mit dem sich aus dem Endenergieverbrauch der LCA-Energieverbrauch berechnet.

Klimapolitisch relevant ist der nicht-erneuerbare (insbesondere der *fossile* Anteil) des LCA-Energieverbrauchs, da nur er mit dem Ausstoß von Treibhausgasen verbunden ist. Unter diesem Blickwinkel ergeben sich für die erneuerbaren Energieträger i.a. Faktorwerte kleiner 1.

Technisch-physikalisch gesehen ist hingegen der gesamte LCA-Verbrauch interessant, so z.B. zur Berechnung von Umwandlungswirkungsgraden.

Die folgende Tabelle zeigt den LCA-Faktor und den nicht-erneuerbaren Anteil des LCA-Faktors für eine Auswahl von Wärmeenergieträgern. Der Einfluss des Verarbeitungsgrades eines Energieträgers ist gut am Beispiel Brennholz (Faktor 1,01) gegenüber Holz-Pellets (Faktor 1,16) zu erkennen.

	LCA-Faktor	LCA-Faktor (nicht-erneuerbar)
Wärmeenergieträger		
Braunkohle	1,2	1,2
Erdgas	1,2	1,2
Heizöl	1,2	1,2
Steinkohle	1,4	1,4
Brennholz	1,01	0,01
Holz-Pellets	1,16	0,14
Sonnenkollektoren	1,3	0,3
Stromerzeugung		
Atom	3,2	3,2
Erdgas	2,1	2,1
Erdöl	3,9	3,9
Sonne (Photovoltaik)	1,5	0,6
Steinkohle	2,6	2,6
Wasser	1,1	0,1
Wind	1,0	0,0
Verkehrskraftstoffe		
Benzin, Diesel, Kerosin	1,2 - 1,3	1,2 - 1,3

Tabelle 2: LCA-Faktoren wichtiger Energieträger
Daten aus Ecospeed und IWU/GEMIS /6/

Diese Differenzierungen zeigt Abbildung 9 am Beispiel der Jahre 1990 und 2010. Die drei Verbrauchswerte eines Jahres sind auf den Endenergieverbrauch normiert:

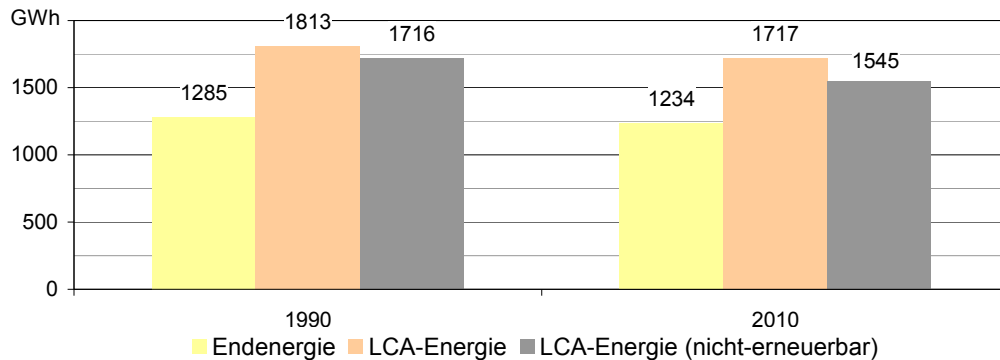


Abbildung 9: Schematischer Vergleich der Energieverbräuche 1990 und 2010

Im Vergleich der Jahre 1990 und 2010 verringern sich der Endenergieverbrauch und der LCA-Energieverbrauch in ähnlichem Maß (um 6 bis 7 %). Die Effizienzsteigerungen in den Vorketten der verschiedenen Endenergieträger sind insgesamt also niedrig angesetzt. Da aber zunehmend nicht-erneuerbare Energieträger durch erneuerbare Energien ersetzt werden, sinkt der für den Treibhausgasausstoß maßgebliche nicht-erneuerbare Anteil des LCA-Verbrauchs deutlich um 12 %, zu erkennen an der im Verhältnis niedrigeren Säule „LCA-Energie, nicht-erneuerbarer Anteil“.

Diese Verbesserung spiegelt sich auch in den LCA-Faktoren des Gesamtenergieverbrauchs wider: Während der LCA-Faktor in beiden Jahren bei etwa 1,40 liegt, verringert sich der nicht-erneuerbare LCA-Faktor von 1,34 auf 1,25.

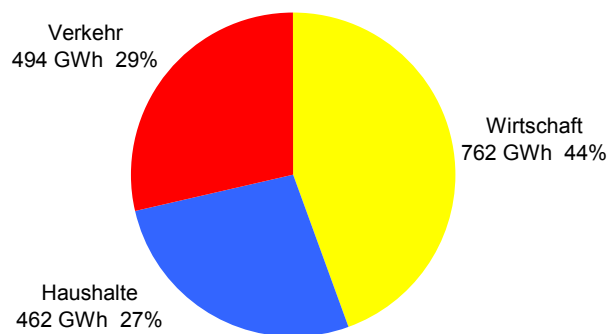


Abbildung 10: LCA-Energieverbrauch nach Verbrauchergruppen 2010
(gesamt: 1717 GWh)

Im Vergleich zum Endenergieverbrauch (Abbildung 5) sinkt der Anteil des Verkehrs von 32 % auf 29 %, da die Umwandlungsverluste bei der Stromerzeugung die Werte von Haushalten und Wirtschaft belasten. Betrachtet man nur den nicht-erneuerbaren LCA-Energieverbrauch, ergibt sich eine Verschiebung zurück zum Bereich Verkehr, in dem fast ausschließlich nicht-erneuerbare Energieträger (Benzin, Diesel, Kerosin) zum Einsatz kommen.

Die beschriebenen drei Aspekte des Energieverbrauchs im Überblick:

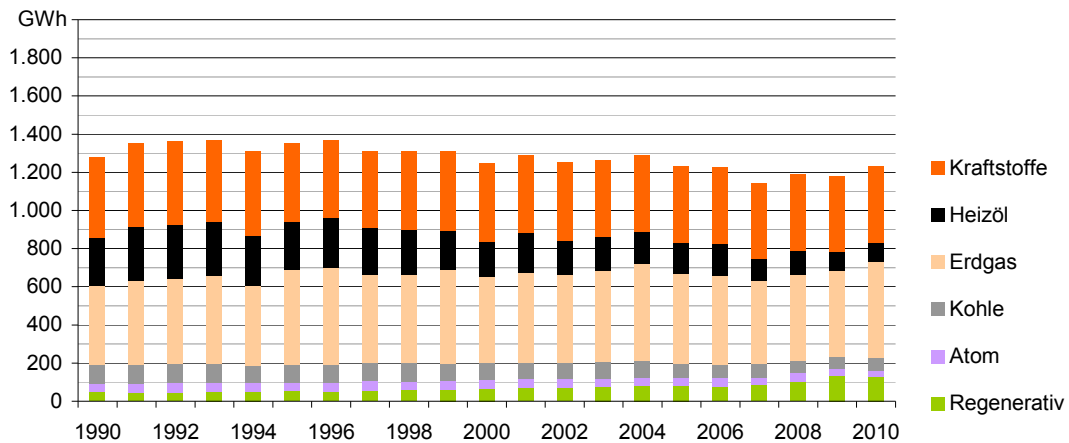


Abbildung 11 a): Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern

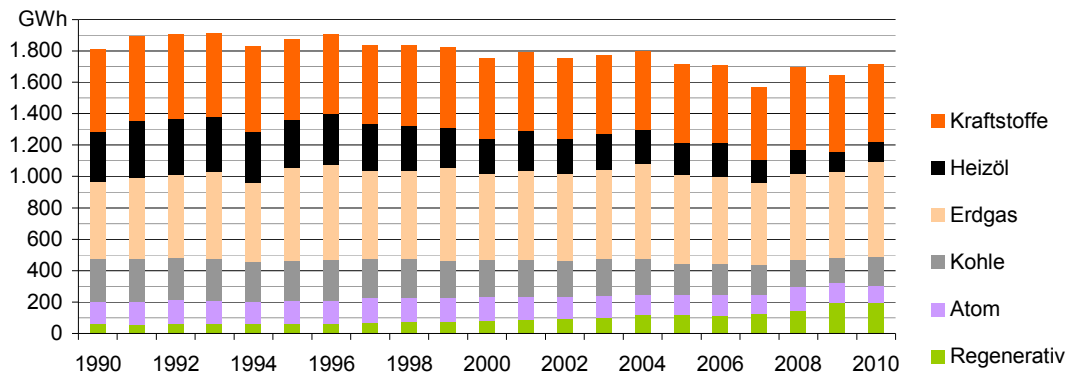


Abbildung 11 b): Entwicklung des LCA-Energieverbrauchs nach Energieträgern

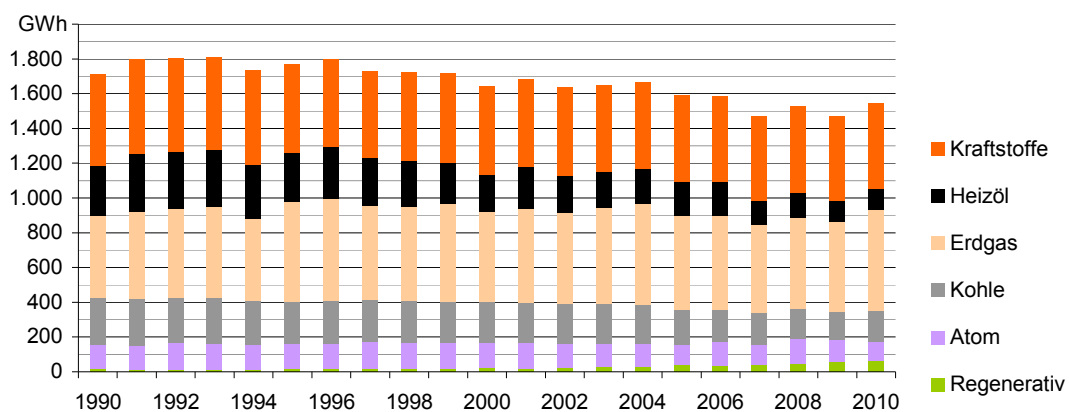


Abbildung 11 c): Entwicklung des nicht-erneuerbaren LCA-Energieverbrauchs

Erneuerbare Energieträger decken im Jahr 2010 10,4 % des Endenergiebedarfs und haben am nicht-erneuerbaren Energieverbrauch einen Anteil von 4,0 %. Ungünstig fällt dieses Verhältnis bei Braun-/Steinkohle und Atomkraft aus, deren Anteil am nicht-erneuerbaren LCA-Verbrauch doppelt so hoch liegt wie am Endenergieverbrauch.

4 CO₂-Ausstoß im Energiemix

Die Treibhausgas-Emissionen spiegeln den fossilen Anteil des LCA-Energieverbrauchs wider, der weitgehend deckungsgleich mit dem in Kapitel 3 beschriebenen nicht-erneuerbaren Anteil ist. Die Berechnung des CO₂-Faktors erfolgt über energieträgerabhängige Treibhausgasfaktoren, die sich pro Einheit Endenergie verstehen.

Eine Sonderrolle nimmt die Atomkraft ein, deren Rohstoffbasis (v.a. Uran) nicht-erneuerbar und nicht-fossil ist. Dadurch liegt der CO₂-Faktor der Stromerzeugung aus Atomkraft trotz des hohen LCA-Faktors deutlich unter dem der fossilen Energieträger.

Die in nebenstehender Tabelle angegebenen Faktorwerte sind deutschlandweite Durchschnittswerte, die in der verwendeten Bilanzierungssoftware hinterlegt sind. Werte für einzelne Anlagentypen und -größen sind in den *Datenbanken* verschiedener Institutionen (z.B. GEMIS und ProBas) zu finden, wobei diese Werte mitunter die (energie)politische Verortung der Institution widerspiegeln (siehe z.B. /7/).

Für einen gegebenen Energiemix (hier bezogen auf den Endenergieverbrauch) lässt sich auf diesem Wege, unabhängig von der absoluten Höhe des Energieverbrauchs, eine typische Treibhausgas-Emission berechnen.

Im Kaufbeurer Gesamt-Energiemix ist der CO₂-Ausstoß in den Jahren 1990 bis 2009 kontinuierlich von 343 g/kWh auf 299 g/kWh gesunken. Für das Jahr 2010 führt der ungünstigere *Strommix* zu einem leichten Anstieg auf 304 g/kWh.

CO ₂ -Faktoren pro Einheit Endenergie	CO ₂ -Äquivalente [g/kWh]
Wärme aus	
Braunkohle	458
Erdgas	254
Heizöl	329
Steinkohle	433
Abfall	250
Biogase	55
Brennholz	6
Holz-Pellets	41
Sonne (Solarthermie)	29
Umweltwärme	172
Strom aus	
Atom	33
Braunkohle	1151
Erdgas	432
Erdöl	997
Steinkohle	1002
Biogas	187
Geothermie	32
Sonne (Photovoltaik)	124
Wasser	40
Wind	19
Verkehrskraftstoffe	
Benzin	317
Diesel	302
Kerosin	288
Biodiesel	209

Tabelle 3: CO₂-Faktoren wichtiger Energieträger
Daten von Ecospeed und IWU/GEMIS /6/

Strommix

Durch die ortsnahen Wasserkraftwerke der VWEW stehen jährlich 15-20 GWh, entsprechend knapp 10 % des Stromverbrauchs, zur Verfügung.

Die Nutzung weiterer erneuerbarer Energien sowohl bei der lokalen Stromerzeugung (35 GWh bzw. 17 %) als auch im Bezug aus dem deutschen Stromnetz (40 GWh) erhöht den Anteil regenerativer Energieträger von 20 % im Jahr 1990 auf 37 % im Jahr 2010. Der Anteil des CO₂-intensiven Stroms aus Stein-/Braunkohle und Erdöl ist seit 1990 von 50 % auf 35 % gesunken.

Allerdings verlagerte sich im Zuge der 1998 begonnenen Deregulierung des Strommarkts fast ein Drittel der Stromnachfrage von VWEW hin zu Fremdanbietern, deren Strommix in der Regel CO₂-intensiver ausfällt als bei VWEW.

Der CO₂-Ausstoß im Kaufbeurer Strommix verringerte sich von 605 g/kWh auf 423 g/kWh im Jahr 2009. Die hinsichtlich des CO₂-Aspekts günstige Atomkraft hat an der Verringerung keinen Anteil, ihr Anteil ist leicht gesunken.

Für das Jahr 2010 ergibt sich ein Anstieg auf 457 g/kWh aufgrund des stark gestiegenen Marktanteils (2009: 22 %, 2010: 27 %) der Fremdanbieter. Der entsprechende deutschlandweite Wert liegt bei etwa 600 g/kWh /8/.

Innerhalb der Gruppe der regenerativen Energieträger zur Stromerzeugung spielt nach wie vor die Wasserkraft mit einem Anteil von 46 % die größte Rolle, gefolgt von Wind (19 %), Biomasse/Holz (14 %) und Sonne (11%).

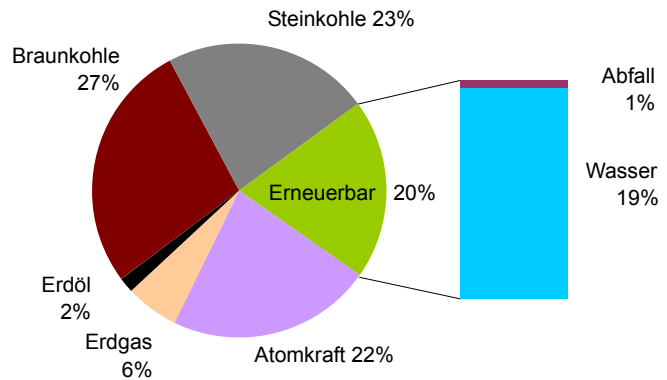


Abbildung 12 a): Strommix (Endenergie) 1990 (gesamt: 202 GWh)

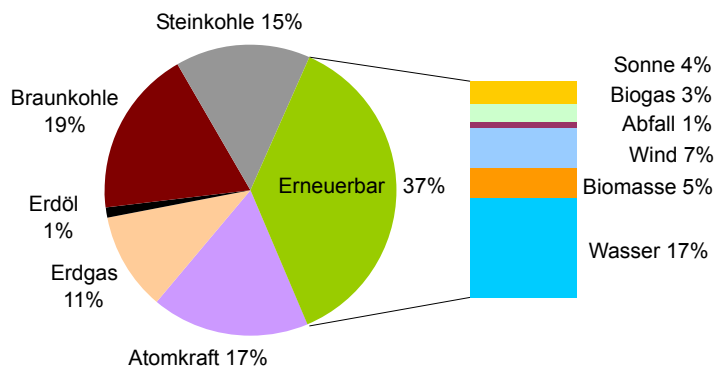


Abbildung 12 b): Strommix (Endenergie) 2010 (gesamt: 203 GWh)

	[GWh]	Anteil [%]
Wasser	20,7	10,2
Sonne	6,7	3,3
Biomasse/Holz	7,2	3,5
Abfall/Deponiegas	0,4	0,2
Biogas	0,1	< 0,1
Wind	-	-
Gesamt	35,1	
CO ₂ -Vermeidung		
lokal	21.200 t	
gesamt	45.300 t	

Tabelle 4: Lokale Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern und CO₂-Vermeidung 2010

Wärmemix

Der Erdgas-Anteil erhöht sich im Bilanzierungszeitraum von 61 % auf 76 %, während der Heizöl-Anteil von 36 % auf 16 % sinkt. Regenerative Energien sind mittlerweile mit einem Anteil von 8 % vertreten. Bei Weitem wichtigster erneuerbarer Energieträger bleibt Biomasse in Form von Holz. Für den CO₂-Ausstoß des Wärmemixes ergibt sich im Bilanzierungszeitraum eine Verringerung von 279 g/kWh auf 248 g/kWh (Richtwert für Deutschland: 300 g/kWh /9/).

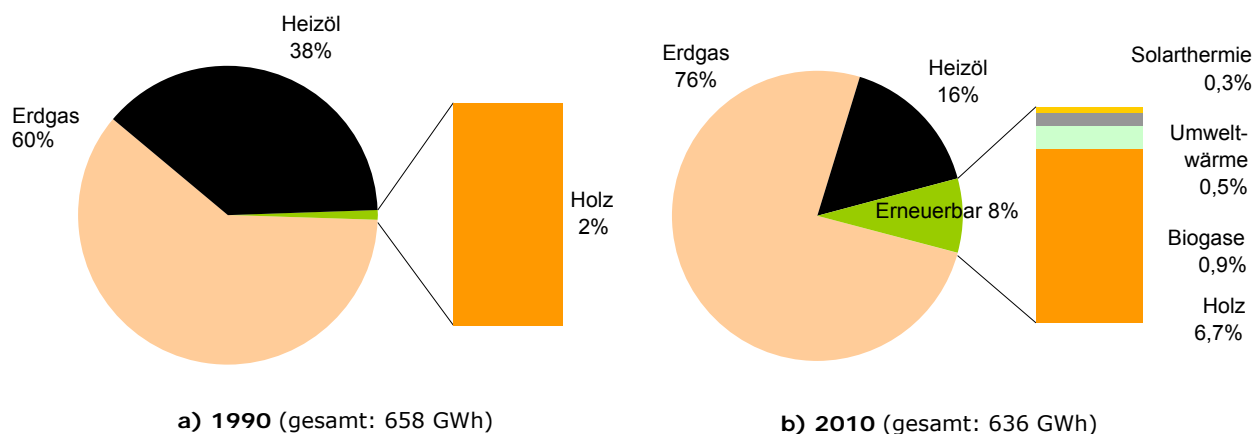


Abbildung 13: Wärmemix (Endenergie)
(Sonstige < 1 %)

	[GWh]
Biogase	5,7
Biomasse/Holz	42,5
Solarthermie	1,7
Umweltwärme	3,0
Gesamt	52,9
CO ₂ -Vermeidung	11.900 t

Tabelle 5: Nutzung erneuerbarer Wärmeenergieträger und CO₂-Vermeidung 2010

Treibstoffmix Verkehr

Der CO₂-Ausstoß ist im Verhältnis zur erbrachten Transportleistung innerhalb einer Reihe von Kategorien, insbesondere in der PKW-Flotte und im Güterverkehr der Bahn, um 20 % gesunken. Zugleich stieg die Fahrleistung im Güterverkehr stärker an als im Personenverkehr, so dass sich der Treibstoffmix auf die Seite des CO₂-intensiveren Güterverkehrs verlagert und trotz sparsamerer Antriebe bei gut 300 g/kWh verbleibt.

5 Daten verschiedener Städte und Landkreise der Region

Vom Energie- und Umweltzentrum Allgäu liegen gegenwärtig für die Städte Kempten, Lindau und Memmingen und den Landkreis Ostallgäu Bilanzen /10, 11, 12, 13/ vor, die hinsichtlich der Datenbasis nach weitgehend gleicher Methodik erstellt wurden. Wegen spezieller lokaler Gegebenheiten und nicht auszuschließender Unterschiede in der Datenauswertung sollten die in diesem Kapitel gezeigten Daten nicht als vergleichbare Absolutwerte, sondern in ihrem Verlauf und als Hilfe zur Einordnung der Kaufbeurer Ergebnisse gesehen werden.

Soweit nicht anders angegeben, beziehen sich die Ergebnisse auf das Jahr 2006, da dieses Jahr noch von allen genannten Bilanzen abgedeckt wird. Ergänzend aufgeführt sind Werte für die Stadt München /14/ sowie für Bayern /15, 16/ und Deutschland /17, 18/, die nach anderer Methodik berechnet werden.

Durch die räumliche Nähe sind in den Bilanzen aus dem Allgäuer Raum ähnliche klimatische Voraussetzungen gegeben. Im Mittel der Jahre 1990 - 2010 liegt der Wert für die Heizgradtage in Kaufbeuren bei etwa 2609 Heizgradtagen, in Kempten bei 2792 Heizgradtagen (Daten des DWD). Deutscher Durchschnittswert 2244 Heizgradtage (DWD-Daten für Würzburg).

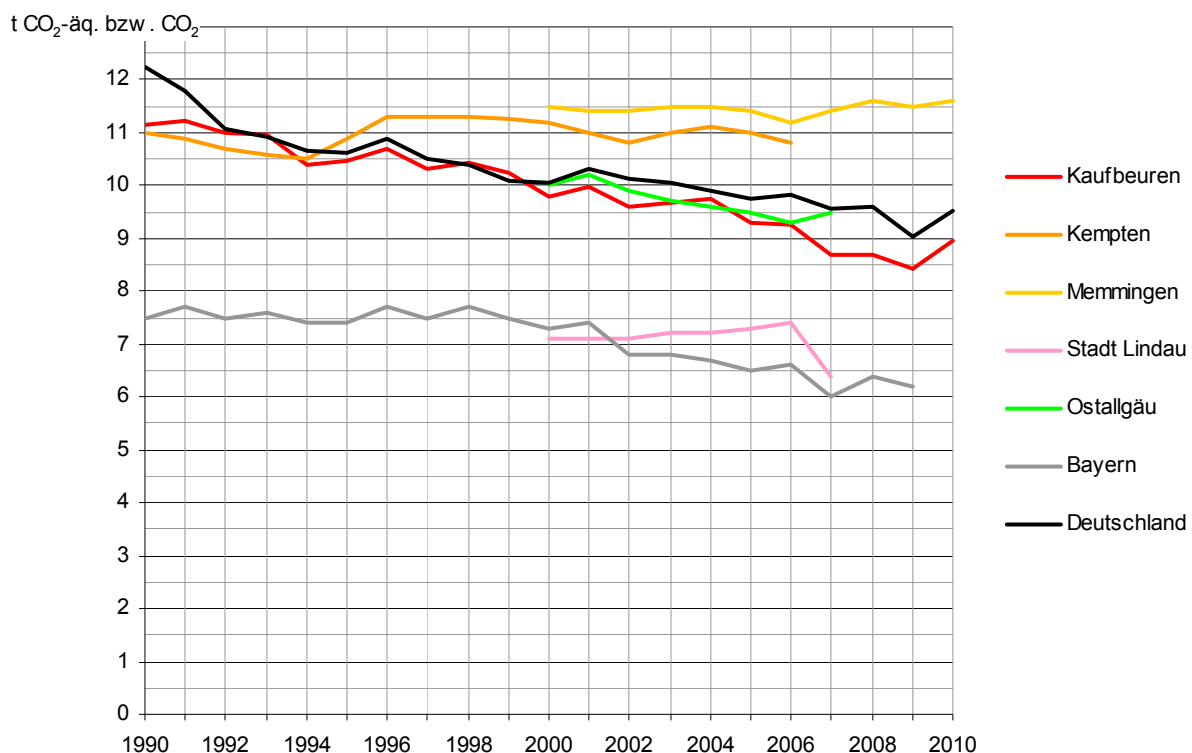


Abbildung 14: Entwicklung der energetischen CO₂-Emissionen pro Einwohner
Werte für München, Bayern, Deutschland: abweichende Methodik, nur CO₂

Der Kaufbeurer Treibhausgasausstoß hat sich vergleichsweise positiv entwickelt und lag im Jahr 2006 mit 9,3 t pro Kopf unterhalb des Kemptner bzw. Memminger Wertes. Der niedrige Wert der Stadt Lindau erklärt sich in erster Linie durch den hohen Anteil an Wasserkraft im Strommix, während der Bayern-Wert vor dem Hintergrund von 57 % Atomkraft im Strommix zu sehen ist.

Die deutschlandweiten Pro-Kopf-Emissionen sind seit 1990 um 2,5 t gesunken. Kaufbeuren konnte in diesem Zeitraum 1,6 t einsparen. Die Ursache für den stärkeren deutschlandweiten Abfall liegt in erster Linie im durch die Wiedervereinigung erhöhten deutschen Durchschnittswert Anfang der 1990er Jahre. Ab 1992 ist dieser Überhang abgebaut und die Einsparung Kaufbeurens fällt etwas höher (1,7 t gegenüber 1,3 t) aus.

Einfacher strukturiert ist der Endenergieverbrauch. Wiederum bezogen auf die Einwohnerzahl liegt Kaufbeuren mit 20 MWh pro Einwohner im regionalen Vergleich recht günstig.

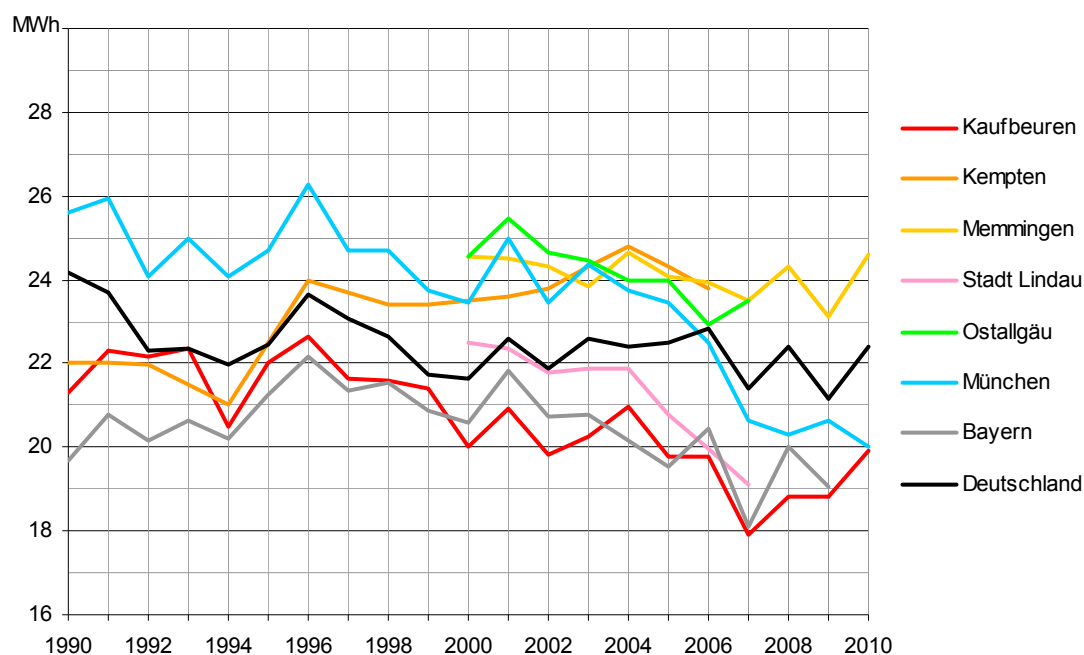


Abbildung 15: Entwicklung des Endenergieverbrauchs (ohne Verkehr) pro Einwohner

Zum guten Kaufbeurer Ergebnis tragen vor allem das maßvolle Wachstum der Wirtschaftsleistung und deren Verlagerung hin zum weniger energieintensiven Dienstleistungssektor bei.

Jahr	Bruttowertschöpfung		Anteil verarbeitendes Gewerbe		Energieintensität**
	2009 [Mio. €]	seit 1995	2009 [%]	seit 1995	2007 [MWh/1000€]
Kaufbeuren	1122	+4,1 %	18,4	-5,2	752
Kempten	2295	+15,9 %	23,8	-2,7	634
Memmingen	1728	+28,4 %	36,6	-2,2	581
Stadt Lindau	1283*	+9,6 %	n.a.	n.a.	425*
Ostallgäu	3143	+29,3 %	35,5	-5,0	983
München	62693	+28,0 %	22,4	-2,7	409
Bayern	378489	+27,1 %	27,7	-5,3	682
Deutschland	2.140.610	+21,9 %	22,2	-3,2	896

Tabelle 6: Entwicklung von Bruttowertschöpfung (nominal) und Energieintensität

* geschätzt auf Basis des steuerbaren Umsatzes; mit Daten des BLfSD /22/

** Endenergieverbrauch Wirtschaft und Haushalte, bezogen auf Bruttowertschöpfung

Eine Erklärung für die vergleichsweise hohe Energieintensität der Kaufbeurer Wertschöpfung (752 MWh/1000€) ist die in Abbildung 16 gezeigte geringere Pro-Kopf-Wertschöpfung. Die Einwohnerzahl Kaufbeurens ist im Verhältnis zur Wirtschaftsleistung relativ groß.

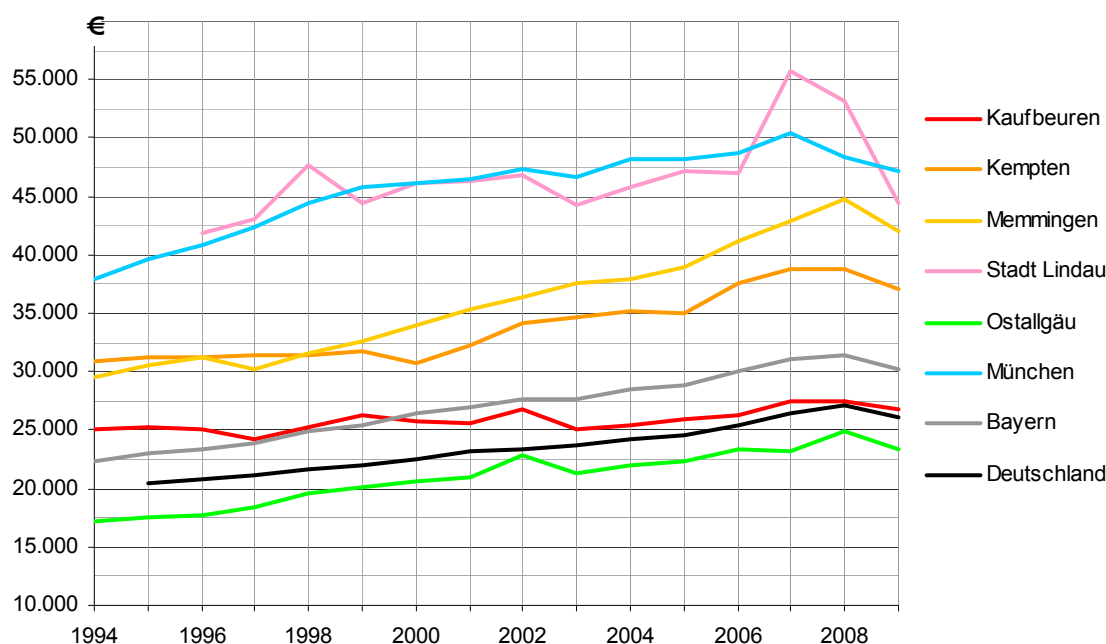


Abbildung 16: Entwicklung der Pro-Kopf-Wertschöpfung
Daten des BLfSD /22/

Die zugrunde liegenden Einwohnerzahlen der Städte Kaufbeuren, Kempten, Memmingen und Lindau sind seit 1995 weitgehend konstant, während sie im Landkreis Ostallgäu um etwa 5 % zugenommen haben.

Jahr	Einwohnerzahl		Wohnfläche pro Kopf		Anteil 1- u. 2-Familienhäuser	
	2010	seit 1995	2010 [qm]	seit 1995	2010 [%]	seit 1995
Kaufbeuren	41843	-2,1 %	41,2	+15,3 %	79,5	+1,5
Kempten	62060	+0,7 %	39,9	+10,2 %	69,8	+2,1
Memmingen	41025	+1,1 %	41,5	+13,4 %	82,7	+0,8
Stadt Lindau	24772	+2,5 %	41,3	+10,9 %	67,6	+1,1
Ostallgäu	133881	+5,4 %	47,0	+19,3 %	90,1	+0,3
München	1.353.186	+9,4 %	37,3	+3,2 %	57,9	-0,8
Bayern	12.538.696	+4,5 %	43,9	+14,7 %	86,9	+0,2
Deutschland	81.751.602	-0,1 %	41,9	+16,5 %	83,0	+1,0

Tabelle 7: Entwicklung der Wohnsituation
Daten des BLfSD /22/

Die Entwicklung der Kaufbeurer Wohnbebauung in Richtung kleinteilige Bebauung und größere Wohnflächen liegt im Rahmen der verglichenen Städte. Naturgemäß besteht in diesem Punkt ein Unterschied zu den Landkreisen, die einen größeren Anteil an Ein- und Zweifamilienhäusern (über 90 % gegenüber 70 bis 80 %) und größere Wohnflächen pro Kopf aufweisen (47 gegenüber 41 qm).

Auch die PKW-Dichte ist auf dem Land höher (über 570 gegenüber 540 PKW/Einwohner), wobei Kaufbeuren mit gut 500 PKW nochmals deutlich unter dem Wert der anderen Städte liegt.

	PKW pro 1000 Einwohner	
	2010	seit 1995
Kaufbeuren	502	+19,6 %
Kempten	540	+22,6 %
Memmingen	546	+18,3 %
Stadt Lindau	543	n.a.
Ostallgäu	568	+24,0 %
München	457	+5,5 %
Bayern	555	+22,6 %
Deutschland	517	+19,5 %

Tabelle 8: Entwicklung der PKW-Dichte
Daten des BLfSD /22/ und eigene Berechnungen

Tabelle 9 zeigt die Endenergieverbräuche (ohne Verkehr) der wichtigsten Energieträger, bezogen auf die Einwohnerzahl, im Jahr 2006. Auffallend niedrig ist der Kaufbeurer Stromverbrauch, während der hohe Erdgas-Anteil den frühzeitigen Anschluss an das Gasverteilnetz widerspiegelt. Kempten spielt mit seinem durch die Müllverbrennungsanlage gespeisten Nahwärmenetz eine Sonderrolle.

Endenergieverbrauch (ohne Verkehr) pro Person (2006)	Gesamt [MWh]	Wärme [MWh]	Strom [MWh]	Erdgas [MWh]	Anteil Erdgas an Wärme [%]
Kaufbeuren	19,8	15,2	4,6	10,6	70,3
Kempten	23,8	16,7	7,1	9,5 + 1,7*	67,1*
Memmingen	23,9	17,2	6,7	12,2	70,8
Stadt Lindau	20,0	14,1	5,9	10,4	73,9
Ostallgäu	22,9	17,8	5,1	8,4	46,9
München	22,5	16,6	5,8	5,9 + 3,1*	54,1
Bayern	20,5	14,4	6,1	6,2	43,6
Deutschland	22,9	16,5	6,4	8,0	48,3

Tabelle 9: Entwicklung der Verbräuche leitungsgebundener Energieträger 2006
* einschließlich Nahwärme

Einen Überblick über die Nutzung erneuerbarer Energieträger im Jahr 2007 gibt Tabelle 10.

Nutzung regenerativer Energieträger (2007)	Wärme		Strom	
	Menge [GWh]	Anteil [%]	Menge [GWh]	Anteil [%]
Kaufbeuren	24	4	65	34
Kempten (2006)	50	5	n.a.	n.a.
Memmingen	38	6	64	22
Stadt Lindau	29	9	n.a.	n.a.
Ostallgäu	389	15	369	57
München (2010)	n.a.	n.a.	110*	1,5*
Bayern (2008)	12475	7	20017	25
Deutschland (2008)	98506	8	88238	17

Tabelle 10: Entwicklung der Nutzung regenerativer Energieträger 2007

* nur EEG-Anlagen

6 Ausblick

Die vorliegende Bestandsaufnahme der CO₂-Emissionen im Kaufbeurer Stadtgebiet ergibt eine Verringerung von etwa 20 % seit Anfang der 1990er Jahre, die zu etwa gleichen Teilen auf den gesunkenen Endenergieverbrauch und die Veränderung des Energiemixes zurückzuführen ist. Diese Werte sollten vor dem Hintergrund der wirtschaftlichen Entwicklung Kaufbeurens gesehen werden. Die Fortschreibung der Energiebilanz empfiehlt sich etwa alle 3 Jahre.

Mit den detailliert dokumentierten aktuellen Daten steht eine zuverlässige Bezugsgröße für Entwicklungen und Maßnahmen im Bereich Energie und Klimaschutz zur Verfügung. Darauf aufbauend können Einsparpotentiale und –ziele in einem lokalen Energiekonzept identifiziert und vereinbart werden.

Einige Anmerkungen zu zukünftigen Entwicklungen:

Energieeinsparungen sind oftmals einfacher und kostengünstiger realisierbar als die Umstellung auf erneuerbare Energieträger.

Im Zuge ihrer technischen Weiterentwicklung sinken die Gestehungskosten erneuerbarer Energien, während die Gewinnung nicht-erneuerbarer Energieträger zunehmend mehr Aufwand erfordert.

Der Ausbau erneuerbarer Energieversorgung vermeidet nicht nur CO₂, sondern fördert auch den Aufbau einer dezentralen Energieversorgung, die den bewussteren Umgang mit Energie unterstützt.

Der kommunale Bereich kann eine Vorreiterrolle spielen, z.B. durch den Bezug von Ökostrom, die Erschließung oberflächennaher Geothermie und durch die Unterstützung privater Initiativen.

Der Endenergieverbrauch profitierte während der vergangenen 20 Jahre von der verhaltenen wirtschaftlichen Entwicklung Kaufbeurens. Ansiedlungen wie das Werk der Hawe Hydraulik und die Schließung oder Umnutzung des bestehenden Bundeswehrstandorts führen zu Veränderungen des Energieverbrauchs.

Die Ausweitung der Siedlungsfläche und der Trend zu kleinteiliger Wohnbebauung wirken sich nachteilig auf Heizwärmebedarf und Verkehrsaufkommen aus.

Bei der Erschließung von Siedlungsfläche sollte der Aufbau von Nahwärmenetzen in Erwägung gezogen werden.

Dezentrale Energieversorgung hält Wertschöpfung in der Region und verringert Zahlungen an externe Energieversorger. Möglich wäre z.B. Bürgerbeteiligung an lokalen Windkraftanlagen.

Eine Windkraftanlage der Leistungsklasse 2 MW, wie z.B. in Bidingen und Wildpoldsried in Betrieb, erzeugt jährlich 3000 - 4000 MWh Strom; das entspricht dem Jahresverbrauch von etwa 1000 Haushalten und der Vermeidung von 1.500 t CO₂.

7 Anhang

Methodik

Die Bilanzierung erfolgte mithilfe der Software *Ecospeed* weitgehend nach dem „bottom-up“-Prinzip: Ausgangspunkt sind die im Bilanzierungsgebiet festgestellten Endenergieverbräuche der verschiedenen Energieträger. Daraus bestimmen sich durch Multiplikation mit spezifischen Faktoren Primär- und LCA-Energieeinsatz und Treibhausgasemissionen.

Im Unterschied dazu werden beim „top-down“-Prinzip die Werte überregionaler Gebiete (z.B. Bayern, Deutschland) anhand der Einwohnerzahl oder anderer Kenngrößen auf das Bilanzierungsgebiet heruntergebrochen. Nach diesem Prinzip berechnet sich die *Ecospeed*-Startbilanz (s.u.).

Definitionsmöglichkeiten des Bilanzierungsgebiets

Territorialprinzip - Bilanziert werden die in einem räumlich definierten Gebiet anfallenden Verbräuche („Prinzip Käseglocke“).

Verursacherprinzip - Bilanziert werden alle Verbräuche, die von Einwohnern und Erwerbstätigen des Bilanzierungsgebiets verursacht werden (unabhängig vom Ort des Energieverbrauchs).

Absatzprinzip - Bilanziert werden die in einem räumlich definierten Gebiet abgesetzten Mengen der Energieträger (unabhängig vom Ort, an dem diese Energieträger letztlich verbraucht werden).

In der Praxis führen Territorial- und Absatzprinzip, mit Ausnahme des Bereichs Verkehr und des Wirtschaftszweigs Energieerzeugung, zu weitgehend übereinstimmenden Ergebnissen. Standard für lokale Energiebilanzen ist das Territorialprinzip. Häufig, so auch in der vorliegenden Bilanz, muss mangels lokaler Daten im Bereich Verkehr auf das Verursacherprinzip ausgewichen werden.

Datenbasis

Als Datenbasis werden in der verwendeten Bilanzierungssoftware *Ecospeed* die verbraucherseitigen Energieverbräuche ab Übergabestelle (z.B. Steckdose, Gashausanschluss, Heizöl-Tankwagen) verwendet (*Endenergieverbrauch*). Neuere Daten zu den leitungsgebundenen Energieträgern Strom und Erdgas stellten die Energieversorger VWEW und erdgas schwaben sowie der Netzbetreiber schwaben netz zur Verfügung, ältere Daten die Stadt Kaufbeuren.

Der Anteil der erneuerbaren Stromerzeugung wurde unter der Annahme berechnet, dass der gesamte lokal erzeugte Strom auch lokal verbraucht wird.

Werte für nicht-leitungsgebundene Brennstoffe wurden auf Basis einer Befragung der Bezirkskaminkehrermeister für das Jahr 2010 berechnet, mit Werten aus der *Ecospeed*-Startbilanz (s.u.) ergänzt und mit Werten Bayerns /15, 16/ und Deutschlands /17, 18/ einwohnerbezogen abgeglichen.

Werte der erneuerbaren Energieträger stammen von solaratlas.de /23/ und energieatlas.bayern.de /24/. Die durch Wärmepumpen geförderte Umweltwärme berechnet sich über den Stromverbrauch zum Wärmepumpentarif unter Annahme einer Jahresarbeitszahl von 3,2.

Weitere Werte lieferten eine Markterkundung im Brennstoffhandel und Einzelanfragen bei Großverbrauchern.

Die Ecospeed-Startbilanz

Ecospeed bietet die Möglichkeit, durch eine statistische Auswertung der deutschlandweiten Energiedaten eine sog. Startbilanz für die Jahre seit 1990 zu erstellen. Als lokale Eingabedaten sind die Einwohnerzahl und die Beschäftigtenzahlen je Branche (Ebene: Wirtschaftsabschnitte) notwendig.

Die Werte aus der Startbilanz werden, soweit vorhanden, mit recherchierten Endenergiedaten überschrieben. Fehlen eigene Werte, kann auf die Werte der Startbilanz bzw. auf deren zeitlichen Verlauf zurückgegriffen werden:

- komplette Übernahme der Zeitreihen, wo keinerlei lokale Verbrauchsdaten vorhanden sind
- Nachbildung des zeitlichen Verlaufs der Startbilanz in den Lücken vorhandener lokaler Daten
- Aufteilung von Verbräuchen auf die Verursachergruppen Haushalte und Wirtschaft
- Bilanzierung im Bereich Verkehr, sofern nach dem Verursacherprinzip bilanziert wird;
- lokale Eingabegröße sind die Kfz-Zulassungszahlen.
- Bilanzierung der nicht-energetischen Emissionen, wobei als lokale Größen neben den Beschäftigtenzahlen die Flächennutzung, Tierbestände, Daten zur Abfallentsorgung u.a. eingehen.

Berechnung der Energie- und Treibhausgasbilanz

Nach Eingabe und Ergänzung der Datenbasis berechnet Ecospeed über implementierte Faktorentabellen die LCA-Energieverbräuche und Treibhausgas-Emissionen, was als Allokation auf den Energieträger erfolgt: die auf dem „Produktlebensweg“ des Energieträgers anfallenden energetischen Aufwendungen werden dem Energieträger zugerechnet. Im Unterschied dazu wird bei der territorialen Allokation dieser Energieaufwand dem jeweiligen „Ort des Wegabschnitts“ zugeordnet.

Auswertung der Ergebnisse

Die Auswertung der von Ecospeed berechneten und angezeigten Ergebnisse erfolgt zweckmäßigerweise mit einer externen Tabellenkalkulation, da Ecospeed weder präsentable Auswertungen erstellen kann noch Werkzeuge für deren Erstellung bietet.

Belastbarkeit der lokalen Daten zum Strom- und Wärmeverbrauch

Für die Endenergieverbräuche von Strom und Erdgas liegen seit 1990 lokale Daten vor. Geringe Fehlmengen sind im Zuge der zeitlichen Abgrenzung benachbarter Jahre im Abrechnungssystem der Energieversorger möglich.

Die Werte für die nicht-leitungsgebundenen Energieträger (v.a. Heizöl und Biomasse/Holz) wurden im letzten Bilanzjahr 2010 aus Verbrauchsschätzungen der Bezirkskaminkehrermeister und dem Abgleich mit dem bekannten Erdgasverbrauch bestimmt. Die Berechnung aller vorangehenden Jahre erfolgte über die Ecospeed-Startbilanz mit Korrekturen anhand einwohnerbezogener bayerischer Durchschnittswerte und den Angaben lokaler Großverbraucher.

Durch den hohen Anteil der leitungsgebundenen Energieträger Strom und Erdgas sind über den gesamten Bilanzierungszeitraum 70 - 80 % des jährlichen Endenergieverbrauchs der Bereiche Wirtschaft und Haushalte durch lokale Daten abgesichert.

Glossar

AGEB

Die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen gibt jährlich die Energiebilanz für Deutschland heraus, die wichtige Grunddaten vor allem zum Energieeinsatz in der Industrie und bei der Stromerzeugung liefert sowie den *Primärenergieverbrauch* ausweist.²⁾

Atomenergie

Siehe *Kernenergie*.

CO₂ (Kohlendioxid)

Ein aus den Elementen Kohlenstoff und Sauerstoff bestehendes Molekül. Unter Normalbedingungen ist CO₂ ein unbrennbares, farb- und geruchloses Gas, das in Wasser löslich ist. Kohlendioxid ist das wichtigste anthropogene Treibhausgas, das u.a. bei der Verbrennung fossiler Energieträger entsteht. Dabei verbindet sich der Kohlenstoff des Brennstoffs mit Sauerstoff der Umgebungsluft, so dass die Masse des entstehenden Kohlendioxids mitunter größer ist als die Masse des Brennstoffs (z.B. bei Diesel und Benzin).

CO₂-Äquivalente

Sie sind das Ergebnis der Aggregation von *Treibhausgasen* nach ihrem Treibhauspotenzial und stellen einen Indikator für das Umweltproblemfeld „Klima“ dar.²⁾ Aufgrund ihrer unterschiedlichen Absorptions- und Emissionseigenschaften und Lebensdauern in der Atmosphäre unterscheiden sich die verschiedenen Treibhausgase hinsichtlich ihres erwärmenden Einflusses (Strahlungsantrieb) auf das globale Klimasystem. Dieser erwärmende Einfluss kann durch eine gemeinsame Maßeinheit auf Basis des Strahlungsantriebs von CO₂ ausgedrückt werden. Eine CO₂-äquivalente Emission ist somit die Menge an CO₂-Emissionen, die über einen bestimmten Zeitraum (20, 100, 500 Jahre) denselben Strahlungsantrieb erzeugen würde wie eine emittierte Menge eines langlebigen Treibhausgases oder einer Mischung von Treibhausgasen. [...] Äquivalente CO₂-Emissionen stellen einen Standard und eine nützliche Maßeinheit für den Vergleich von Emissionen unterschiedlicher Treibhausgase dar, bedeuten jedoch nicht die gleichen Reaktionen bezüglich einer Klimaänderung.¹⁾

Datenbanken zur Ökobilanzierung

Datenbanken mit umfassenden Bilanzierungs- und Analysemöglichkeiten von Energie-, Stoff und Transportprozessen.

Das *Öko-Institut Freiburg* und das *Umweltbundesamt* bieten mit GEMIS (Globales Emissions-Modell integrierter Systeme) bzw. ProBas (Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement-Instrumente) kostenlose Datenbanken an. Daneben gibt es kostenpflichtige Angebote wie Umberto (IFEU-Institut) und ecoinvent.

Ecospeed

Die Ecospeed AG (<http://ecospeed.ch>) über sich: „Als ehemaliges Spin-off-Unternehmen der ETH Zürich hat ECOSPEED nach mehrjähriger forschungsintensiver Entwicklungsarbeit 2008 seine visionäre Online-Plattform für Treibhausgas- und Energiebilanzierung lanciert. Auf deren Basis entwickelt das Unternehmen seine innovativen Bilanzierungsinstrumente wissenschaftlich fundiert und in enger Zusammenarbeit mit seinen Kunden und Partnern, um deren Wünsche und Ansprüche proaktiv realisieren zu können.“ Derzeit arbeiten knapp 1000 Institutionen und Gebietskörperschaften mit Ecospeed.

Dessen ungeachtet besteht in einigen Bereichen auch vier Jahre nach Start der Plattform Verbesserungsbedarf.

Endenergie

Endenergie ist die Energie, die der Verbraucher ab Übergabestelle bezieht. Endenergie resultiert aus *Sekundärenergie*, vermindert um Transport- und Verteilungsverluste (z.B. Umspännverluste, herabfallende Ladung, flüchtige Gase) und Eigenverbrauch der Infrastruktur. Durchschnittlich kommen nur 66 % der eingesetzten Primärenergie als Endenergie beim Verbraucher an.³⁾

Siehe auch *Nutzenergie*.

Energie

Energie ist die Fähigkeit, Arbeit zu verrichten. Die physikalische Einheit für Energie ist Joule (J). Andere gebräuchliche Einheiten sind: Kilowattstunde (kWh), Steinkohleeinheit (SKE), Kalorie (cal), wobei gilt: $1 \text{ J} = 2,228 \cdot 10^{-7} \text{ kWh} = 3,4 \cdot 10^{-8} \text{ SKE} = 0,239 \text{ cal}$. In einem geschlossenen System bleibt die Gesamtenergie konstant. Entgegen dem üblichen Sprachgebrauch kann Energie im physikalischen Sinn weder erzeugt noch verbraucht werden. Es handelt sich um Umwandlungsprozesse (beschrieben durch den 1. und 2. Hauptsatz der Thermodynamik).

Siehe auch *erneuerbare Energie*, *fossile Energie*, *Kernenergie*; *LCA-Energie*, *Primärenergie*, *Sekundärenergie*, *Endenergie*, *Nutzenergie*.

Energiemix

Anteile der verschiedenen Energieträger an der Deckung des Energiebedarfs.

Energieträger

Merkmal eines Energieträgers (Stoffe, Impulse, Strahlung, Felder) ist, dass in ihm nutzbare Energie gespeichert ist oder zur Übertragung gespeichert werden kann. Die einem Energieträger innewohnende Energie ist mengenmäßig bilanzierbar.

Als *Primärenergieträger* bezeichnet man Energieträger, die in der Natur zur Verfügung stehen. Dazu zählen fossile Energieträger (*fossile Energien*), erneuerbare Energieträger (*erneuerbare Energien*) und nukleare Energieträger (*Kernkraft*). Sekundäre Energieträger (*Sekundärenergie*) werden aus ersteren durch Umwandlung erzeugt, um als *End- und Nutzenergie* zur Verfügung zu stehen.

Erneuerbare Energie

Der Begriff „erneuerbare Energie“ (auch regenerative oder alternative Energie) wird für Energie verwendet, die aus den anhaltenden oder sich wiederholenden Energieströmen in der Natur nutzbar gemacht wird. Sie schließt sowohl kohlendioxidarme Technologien (z.B. Solarenergie, Wasserkraft, Wind, Gezeiten und Wellen und Erdwärme) als auch weitgehend kohlendioxidneutrale Technologien (z.B. Nutzung von Biomasse) ein.¹⁾

Streng genommen ist der Begriff „erneuerbare Energien“ irreführend, da nach den Gesetzen der Thermodynamik Energie weder „erzeugt“, „verbraucht“ noch „erneuert“, sondern lediglich umgewandelt werden kann. Im Falle der erneuerbaren Energien stehen die zeitlichen Verhältnisse der relevanten Umwandlungsprozesse in einem Verhältnis, dass die Bezeichnung „erneuerbar“ im anthropogenen Zeitmaßstab zulässt.

Fossile Energie

Energie, die in Brennstoffen zur Verfügung steht, die vor vielen Jahrmillionen aus Abbauprodukten toter Pflanzen und Tiere entstanden sind. Zu ihnen zählen Braunkohle, Steinkohle, Erdgas und Erdöl. Fossile Energie stellt letztlich eine Form gespeicherter Sonnenenergie dar. Bei der Verbrennung dieser Stoffe wird in kurzer Zeit CO₂ freigesetzt, das in einem relativ langen Zeitraum eingelagert wurde.

Gradtagszahl (GTZ)

Eine konservativere Methode der Witterungskorrektur als *Heizgradtage (HGT)*.

Grüner Strom

Strom hat natürlich keine Farbe. „Grüner Strom“ hat sich aber inzwischen allgemein als Ausdruck für Strom aus *Erneuerbaren Energien* eingebürgert.

Heizgradtage (HGT)

Heizgradtage sind ein Maß für die klimatischen Bedingungen, die am Standort eines Gebäudes herrschen und den jährlichen Heizwärmebedarf des Gebäudes maßgeblich beeinflussen. Die Heizgradtage (HGT) werden aus den vor Ort während eines Jahres gemessenen Außentemperaturen ermittelt.

Die Heizgradtage sollten nicht verwechselt werden mit den Heiztagen, also den Tagen, an denen rechnerisch Heizwärmebedarf besteht. Eine verwandte Größe, die alternativ zur Bewertung herangezogen werden kann, ist die *Gradtagszahl (GTZ)*.

IPCC

engl. Abkürzung für International Panel on Climate Change (Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen, „Weltklimarat“)²⁾

Kumulierter Energieaufwand (KEA)

Der kumulierte Energieaufwand ist die Summe des Gesamtaufwands an Energieressourcen zur Bereitstellung, Nutzung und Entsorgung eines Produkts, eines Prozesses oder einer Dienstleistung. Der *Primärenergieverbrauch* als Summe aus Endenergie und Umwandlungs- und Transportverlusten ist ein Teilbetrag des KEA bzw. des *LCA-Energieverbrauchs*.

Siehe auch *LCA*.

Kernenergie

Kernenergie (Kernkraft, Atomkraft) ist Energie, die durch Reaktionen und Umwandlungsprozesse in den Atomkernen durch Verringerung ihrer Masse gemäß der Einsteinschen Formel $E = m \cdot c^2$ frei wird. Es wird unterschieden zwischen Kernfusion (energiefreisetzender Prozess unserer Sonne und der Sterne: Ausgangsmaterial sind leichte Atomkerne, vorzugsweise Wasserstoff; an der technischen Umsetzung wird seit Jahrzehnten ohne durchschlagenden Erfolg geforscht) und Kernspaltung (Ausgangsmaterial: schwere Atomkerne, vorzugsweise bestimmte Isotope der Elemente Uran und Plutonium). Die Energie in Kernkraftwerken wird durch Kernspaltung freigesetzt. Wegen der entstehenden Radioaktivität sowie den radioaktiven Abfällen ist diese Technologie umstritten.

Kyoto-Protokoll

Ein 1997 abgeschlossenes Abkommen, in dem konkrete Begrenzungen für den Ausstoß wesentlicher *Treibhausgas*e in Industrieländern vereinbart sind. Als Bezugsjahr wurde 1990 gewählt, als Beurteilungszeitraum (erste Verpflichtungsperiode) die Jahre 2008 – 2012. Deutschland verpflichtete sich zu einer Reduktion von 21 %, was im Zusammenhang mit dem Niedergang der sozialistischen Volkswirtschaften Osteuropas ab 1990 zu sehen ist. Die Reduktionsverpflichtung der EU-Staaten insgesamt liegt bei 8 %.

Das völkerrechtlich verbindliche Kyoto-Protokoll benötigte explizit die Ratifizierung durch die einzelnen Unterzeichnerstaaten. Die Verwaltung übernahm das UNFCCC. Auf jährlichen internationalen Klimakonferenzen wird seit geraumer Zeit versucht, eine Folgeregelung für das Kyoto-Protokoll zu vereinbaren.⁴⁾

LCA-Methodik

LCA (engl. Abkürzung für life cycle assessment – Ökobilanz) ist allgemein ein Ansatz zur umfassenden Bewertung der Umweltwirkungen von Produkten, Prozessen und Dienstleistungen nach dem Konzept des „Lebenswegs“ („von der Wiege bis zur Bahre“). Die Umwelteffekte werden in einer stofflichen und energetischen Bilanz von der Rohstoff- und Primärenergiegewinnung über alle Verarbeitungsschritte und über die gesamte Nutzungsphase hinweg bis zu Entsorgung/Recycling ermittelt.

Bezogen auf Energie s. auch *Kumulierter Energieaufwand*.

LULUCF

engl. Abkürzung für Land Use, Land Use Change and Forestry. Eine durch die UN (genauer: im UNFCCC) erarbeitete Methode, um bei der Ermittlung der *Treibhausgas*-Emissionen die Bereiche Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft zu berücksichtigen.⁴⁾

Nicht-energetische Emissionen

Emissionen aus chemischen Prozessen in Industrie, Land-, Forst- und Abfallwirtschaft sowie die Freisetzung flüchtiger Gase z.B. bei der Verwendung von Lösungsmitteln und beim Transport flüssiger oder gasförmiger Stoffe.

Nutzenergie

Nutzenergie ist die Energie, die dem Endverbraucher letztlich als Dienstleistung zur Erfüllung einer konkreten Aufgabe zur Verfügung steht. Sie entsteht aus der *Endenergie* durch einen vom Endverbraucher typischerweise gezielt ausgelösten Umwandlungsschritt, nach dem kein

(im engeren Sinne) *Energieträger* verbleibt.

Beispiel elektrische Rührgeräte: Die verwendete Endenergie ist elektrischer Strom, die Nutzenergie mechanische Arbeit der Quirlstäbe.

Die wichtigsten Formen der Nutzenergie sind Wärme, Kälte, Licht, Schall und mechanische Arbeit.

Öko-Institut e.V., Freiburg

Gemeinnütziges privates Umweltforschungsinstitut, von dem die *Datenbank* GEMIS stammt.

Persönlicher CO₂-Rechner

Einfache, meist internetbasierte Software, die auf Basis der Konsumgewohnheiten und Lebensumstände eine Abschätzung des persönlichen CO₂-Ausstoßes liefert. Kostenlose Angebote gibt es auf vielen Internetseiten, z.B. beim Umweltbundesamt, bayerischen Landesamt für Umwelt und Energie- und Umweltzentrum Allgäu, bei Greenpeace, aber auch bei Ölkonzernen. Die Ergebnisse differieren mitunter erheblich (siehe auch /20/).

Primärenergie

Primärenergie ist Energie, die in natürlichen *Energieträgern* enthalten ist und keinerlei Umwandlung durch den Menschen erfahren hat. Primärenergie muss zur Verwertung umgewandelt und transportiert werden.¹⁾

Siehe auch *Sekundärenergie*.

Sekundärenergie

Sekundärenergie entsteht durch Umwandlung unter entsprechendem Energieverlust aus *Primärenergie*. Es handelt sich dabei um leicht speicher- bzw. transportierbare Energieformen wie z. B. Kohlebriketts, Strom oder Heizöl.

Siehe auch *Endenergie*.

Strommix

Siehe *Energiemix*.

Seit 2005 in Form der Stromkennzeichnung eine verpflichtende Angabe in Werbematerial und Jahresabrechnungen der Stromversorger.

Treibhauseffekt

Ohne den natürlichen Treibhauseffekt wäre menschliches Leben auf der Erde kaum denkbar. Man geht davon aus, dass die Durchschnittstemperatur an der Erdoberfläche bei -18 °C läge (statt derzeit 15 °C). Wenn in der öffentlichen Diskussion über den Klimawandel vom Treibhauseffekt die Rede ist, ist meist die zusätzlich durch menschliche Aktivitäten (Freisetzung von *Treibhausgasen*) induzierte Temperaturerhöhung gemeint.

Die Definition des IPCC für den Treibhauseffekt lautet: Treibhausgase absorbieren thermische Infrarotstrahlung, die von der Erdoberfläche, von der Atmosphäre selbst und durch Wolken ausgestrahlt wird. Atmosphärische Strahlung wird auf alle Seiten emittiert, einschließlich nach unten zur Erdoberfläche hin. Auf diese Weise fangen die Treibhausgase Wärme im Oberflächen-Troposphären-System ein. Dies wird Treibhauseffekt genannt. [...] Eine Zunahme der Treibhausgaskonzentrationen führt zu einer zunehmenden Undurchlässigkeit der Atmosphäre für Infrarotstrahlung und somit zu einer Abstrahlung in den Weltraum aus größerer Höhe bei tieferer Temperatur. Dies verursacht einen Strahlungsantrieb, der zu einer Verstärkung des Treibhauseffektes führt, dem sogenannten erhöhten Treibhauseffekt.¹⁾

Treibhausgase (THG)

Gasförmige Bestandteile in der Atmosphäre, sowohl natürlichen wie anthropogenen Ursprungs, die spezifische Wellenlängen im Spektrum der Wärmestrahlung absorbieren und wieder ausstrahlen. Die wichtigsten treibhausgaswirksamen Bestandteile der Atmosphäre sind Wasserdampf (H₂O), Kohlendioxid (CO₂)*, Lachgas (N₂O)*, Methan (CH₄)* und Ozon (O₃). Daneben gibt es eine Vielzahl weiterer, erst durch den Menschen in die Atmosphäre gebrachter Treibhausgase wie chlor- und bromhaltige Substanzen, Schwefelhexafluorid (SF₆)* und halogenierte und perfluorierte Kohlenwasserstoffe (HFC bzw. PFC)*.¹⁾

Die mit * gekennzeichneten Gase unterliegen den Vereinbarungen des *Kyoto-Protokolls*.

Umweltbundesamt (UBA)

Zentrale Umweltbehörde der Bundesrepublik Deutschland im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Hauptsitz der etwa 1500 Mitarbeiter zählenden Behörde ist seit 2005 das sachsen-anhaltinische Dessau-Roßlau. Daten zur Ökobilanzierung sind in der *Datenbank ProBas* zugänglich.

UNFCCC

engl. Abkürzung für United Nations Framework Convention on Climate Change - Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen. Dieser Begriff bezeichnet auch das in Bonn ansässige Sekretariat der UN, das die Umsetzung der Konvention begleitet.⁴⁾

Wärmemix

Siehe *Energiemix*.

Glossar-Texte mit Material aus folgenden Quellen:

- 1) Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) /21/
 - 2) Umweltbundesamt – www.umweltbundesamt.de
 - 3) Naturstrom AG – www.naturstrom.de
 - 4) United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) – www.unfccc.int
-

Datentabelle

CO ₂ -äq. Emissionen 1000 t (Abb. 2)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Erdgas	101	108	111	115	103	124	126	115	114	122	112	116	113	117	125	115	114	107	110	110	121
Strom	122	123	121	119	115	114	115	113	115	108	110	110	109	111	106	98	94	91	88	84	93
Heizöl	82	92	91	91	86	80	85	79	76	65	59	67	59	57	54	52	54	37	40	33	33
Kraftstoffe	133	137	137	135	138	129	128	126	129	131	129	127	128	126	126	126	125	117	126	124	125
Holz	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	1,0	1,3	1,3
Umweltwärme	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	0,5	0,5
Sonnenkollektoren	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Biogase	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,4	0,3
Flüssiggas	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3
Kohlen	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
nicht-energetisch	91	86	90	87	88	80	78	79	71	65	65	59	57	60	65	64	67	68	64	58	58
	530	548	550	549	531	528	533	513	506	493	475	480	467	473	478	457	456	423	429	412	433
Endenergieverbrauch GWh (Abb. 11a)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Atom	45	45	48	47	45	45	47	50	47	48	47	47	44	43	43	38	43	37	46	39	35
Kohle	102	102	100	100	95	94	96	92	95	88	90	89	87	88	84	75	72	70	64	61	68
Erdgas	409	437	445	462	416	500	507	467	465	496	452	471	459	476	508	471	465	438	451	451	498
Heizöl	252	284	280	279	264	245	260	242	233	200	180	206	181	178	169	162	168	116	125	103	103
Kraftstoffe	424	437	435	430	440	411	407	402	411	416	412	406	410	403	404	403	398	399	402	395	400
Holz	11	9,2	7,8	7,4	7,9	9,0	8,9	14	15	15	16	18	24	18	28	30	30	32	39	51	53
Biogase	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	1,4	1,5	1,8	2,0	2,2	2,6	2,5	3,0	2,9	7,4	7,9	13,6	11,6
Umweltwärme	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	1,2	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,1	1,0	1,1	1,2	1,5	3,1	3,1	3,1
Sonne	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1,0	1,7	2,6	3,3	4,2	5,5	7,5	9,9
Abfall	1,4	1,4	1,4	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,6	1,6	1,7	1,6	1,6	1,6	1,6	2,2	1,8	1,8	2,1	2,2	1,9
Wind	0,1	0,1	0,3	0,7	1,0	1,5	2,1	3,0	4,4	5,1	6,8	9,1	13	15	20	20	15	18	19	19	14
Wasser	38	38	41	41	40	41	39	39	39	39	42	40	40	35	37	34	32	34	32	36	35
Flüssiggas	2,0	2,4	2,4	2,3	2,3	2,1	2,2	2,1	2,0	1,7	1,8	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2
	1285	1355	1362	1372	1313	1353	1373	1315	1314	1313	1252	1292	1259	1271	1300	1243	1234	1158	1197	1182	1234
darin enthalten aus Stromerzeugung GWh	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Atomkraft	45	45	48	47	45	45	47	50	47	48	47	47	44	43	43	38	43	37	46	39	35
Erdgas	12	12	11	11	12	13	15	16	16	16	15	17	17	18	17	19	18	18	20	19	22
Heizöl	3,6	5,0	4,5	3,5	3,4	3,1	2,7	2,5	2,3	2,1	1,9	2,0	2,7	3,0	3,0	3,2	2,7	2,4	2,8	2,6	2,3
Braunkohle	56	52	52	50	48	46	46	46	45	43	46	47	47	46	44	40	38	37	35	35	38
Steinkohle	46	49	48	49	47	48	49	46	49	45	44	42	40	42	39	35	34	33	29	26	30
Sonne	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,4	0,6	1,0	1,8	2,3	3,0	4,1	5,9	8,3
Biogas	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	1,4	1,5	1,8	1,9	2,2	2,4	2,3	2,7	2,6	3,7	4,7	6,5	5,9
Abfall	1,4	1,4	1,4	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,6	1,6	1,7	1,6	1,6	1,6	1,8	2,2	1,8	1,8	2,1	2,2	1,9
Wind	0,1	0,1	0,3	0,7	1,0	1,5	2,1	3,0	4,4	5,1	6,8	9,1	13	15	20	20	15	18	19	19	14
Holz	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,8	1,0	1,2	2,5	3,8	5,3	4,6	5,0	6,2	8,3	10,2
Geothermie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Wasser	38	38	41	41	40	41	39	39	39	39	42	40	40	35	37	34	32	34	32	36	35
	202	202	206	205	198	200	203	204	206	201	207	208	209	210	212	200	194	192	202	199	203
davon lokale Stromerzeugung MWh	2005	2006	2007	2008	2009	2010															
Erdgas, Erdöl (BHKW)	824	692	914	631	382	713															
Abfall / Deponiegas	179	0	0	278	455	352															
Biomasse	36	15	81	1004	3946	7280															
Sonne	3314	4386	5310	5803	6451	6697															
Wasser ohne VWEW	2081	2666	1526	2378	2685	2794															
Wasser VWEW	15812	18344	14927	16999	19675	17397															
	22246	26103	22758	27093	33594	35233															
dezentraler Eigenverbrauch						1083															

Quellenverzeichnis

- /1/ Nationaler Inventarbericht zum deutschen Treibhausgasinventar.
Umweltbundesamt, 2012
 - /2/ Energy Use in the New Millenium.
International Energy Agency, 2007
 - /3/ Umweltdaten Deutschland.
Umweltbundesamt, Statistisches Bundesamt, Bundesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe, 2007
 - /4/ Endenergiebilanz Stadt Schwabach.
ENERGIEregion GmbH, 2008
 - /5/ Energie- und Klimaschutzbericht für den Sektor Energie in Erlangen 2004.
Stadt Erlangen, 2006
 - /6/ Kumulierter Energieaufwand und CO₂-Emissionsfaktoren verschiedener Energieträger und -versorgungen. Institut Wohnen und Umwelt, 2012
 - /7/ CO₂-Emissionen der Stromerzeugung.
In: BWK – Das Energie-Fachmagazin, Ausgabe 10-2007
 - /8/ Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix.
Umweltbundesamt, 2012
 - /9/ Technologische und energiepolitische Bewertung der Perspektiven von Kräfte-Wärme-Kopplung in Deutschland.
Fachgebiet Energiesysteme, TU Berlin, 2010
 - /10/ Energie- und CO₂-Bilanz der Stadt Kempten.
Energie- und Umweltzentrum Allgäu, 2009
 - /11/ Die CO₂-Bilanz der Stadt Lindau. In: Integriertes Klimaschutzkonzept Lindau 2020.
Energieteam der Stadt Lindau und Energie- und Umweltzentrum Allgäu, 2012
 - /12/ Klimaschutzkonzept Memmingen – CO₂-Bilanz, Potentiale.
Energie- und Umweltzentrum Allgäu, 2012
 - /13/ Energie- und CO₂-Bilanz des Landkreises Ostallgäu.
Energie- und Umweltzentrum Allgäu, 2010
 - /14/ CO₂-Monitoring 1990 – 2010.
Referat für Umwelt und Gesundheit der Stadt München, 2012
 - /15/ Energiebilanz Bayern – Daten, Fakten, Tabellen.
Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie, 2012
 - /16/ Ermittlung aktueller Zahlen zur Energieversorgung in Bayern.
Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie, 2011
 - /17/ Zahlen und Fakten - Energiedaten.
Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, 2012
 - /18/ Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland.
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2012
 - /19/ Klassifikation der Wirtschaftszweige.
Statistisches Bundesamt, 2003
 - /20/ CO₂-Schleuder Mensch.
In: Spiegel Online (9.3.2007)
 - /21/ Klimaänderung 2007 – Synthesebericht.
IPCC, 2008
-

Internet:

- /22/ www.regionalstatistik.de, www.statistikdaten.bayern.de, Statistik kommunal - Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung
- /23/ www.solaratlas.de - Bundesverband Solarwirtschaft und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
- /24/ www.energieatlas.bayern.de - Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit

Weitere Quellen:

- Anleitung zur Datenbeschaffung für CO₂-Bilanzierung mit ECORegion in Niedersachsen.
Kommunale Umwelt-Aktion U.A.N „Klimawandel und Kommunen“, 2011
 - Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030.
ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, 2010
 - Ermittlung der Heizleistung.
Geschäftsstelle MINERGIE©, 2007
 - Integriertes Klimaschutzkonzept der Stadt Schrobenhausen.
Forschungszentrum für Erneuerbare Energie f¹⁰ Neuburg/Donau, 2011
 - Klimaschutzbericht 2008 – B) CO₂-Bilanz und Indikatoren
Stadt Augsburg – Referat Umwelt und Energie, Forsten, Kommunales, 2008
 - Kommunale Strategien zur Reduktion der CO₂-Emissionen um 50% am Beispiel der Stadt München.
Öko-Institut e.V., 2004
 - Richtlinien für die Erstellung von CO₂-Bilanzen durch die Mitgliedskommunen im Klima-Bündnis.
Klima-Bündnis e.V., 2005
 - Sonnenkollektoren – Wärme von der Sonne.
Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Verkehr und Technologie, 2002
 - Verkehr im Umweltmanagement.
Umweltbundesamt, 1999
 - Veröffentlichungen des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung zur
Energiesparverordnung (EnEV) 2007 und 2009
 - Vorwort zu den Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland.
AG Energiebilanzen e.V., 2010
 - Statistische Jahrbücher der Stadt Kaufbeuren
eigene Umfrage auf der Ausstellung „BauPlus“ 2012
-

Danksagung

Der Dank des Verfassers gilt allen Firmen und Institutionen, deren Auskünfte die vorliegende Bilanz ermöglicht haben:

Allgäuer Wohnungsverwaltung GmbH & Co. KG, Kaufbeuren

Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Kaufbeuren

Atterer Fachhandel GmbH, Marktoberdorf

Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung

BayWa AG, Niederlassungen Augsburg, Buchloe, Sonthofen

den Bezirkskaminkehrermeistern im Stadtgebiet Kaufbeuren

Biomassehof Allgäu eG, Kempten

Bundeswehrstandortverwaltung Kaufbeuren

Dorr GmbH & Co. KG, Kempten

Ein- und Verkaufsgenossenschaft eG, Erkheim

E. Raiss GmbH & Co. KG, Kaufbeuren

erdgas schwaben GmbH, Augsburg

Ernst Höbel GmbH, Immenhofen

Forstbedarfsgenossenschaft Allgäu eG, Marktoberdorf

Forstbetriebsgemeinschaft Kaufbeuren w.V., Westendorf

Futtertrocknung Kaufbeuren eG, Germaringen

Keslar GmbH, Niederlassung Kaufbeuren

schwaben netz GmbH, Augsburg

den Angestellten der Stadt Kaufbeuren und der städtischen Eigenbetriebe

Verkehrsgesellschaft Kirchweihthal GmbH, Kaufbeuren

Vereinigte Wertach-Elektrizitätswerke GmbH, Kaufbeuren

sowie allen Firmen, die Energieverbrauchsdaten mitgeteilt haben,

und den Waldbesitzervereinigungen und weiteren Brennstofflieferanten.
