

Klimaschutz- und  
Energieagentur  
Baden-Württemberg  
GmbH



**KEA**

# Stadt Friedrichshafen

## Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz 1990 – 2025 (Stand 2010)

Dipl.-Ing. Claire Vasseur  
Dipl.-Ing. Thomas Steidle

Karlsruhe, Juni 2012

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	1
2	Ergebnisse für Friedrichshafen insgesamt.....	2
2.1	Endenergieverbrauch insgesamt.....	2
2.2	CO <sub>2</sub> -Emissionen insgesamt .....	4
2.3	Einsatz erneuerbarer Energien.....	7
2.4	Dezentrale Strom- und Wärmeerzeugung .....	9
2.5	Zielsetzungen der Stadt Friedrichshafen bis 2020 und 2030.....	10
3	Ergebnisse für die Liegenschaften der Stadt Friedrichshafen.....	13
3.1	Strukturdaten zum Energieverbrauch der öffentlichen Liegenschaften.....	13
3.2	Endenergieverbrauch der öffentlichen Liegenschaften .....	13
3.3	CO <sub>2</sub> -Emissionen der öffentlichen Liegenschaften.....	15
4	Ergebnisse für private Haushalte.....	16
4.1	Strukturdaten zum Energieverbrauch der Haushalte.....	16
4.2	Endenergieverbrauch der Haushalte .....	17
4.3	CO <sub>2</sub> -Emissionen der Haushalte.....	19
5	Ergebnisse für Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD).....	20
5.1	Strukturdaten zum Energieverbrauch im GHD-Sektor.....	20
5.2	Endenergieverbrauch im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen .....	21
5.3	CO <sub>2</sub> -Emissionen im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen.....	22
6	Ergebnisse für die Industrie .....	23
6.1	Strukturdaten zum Energieverbrauch in der Industrie.....	23
6.2	Endenergieverbrauch in der Industrie .....	23
6.3	CO <sub>2</sub> -Emissionen in der Industrie.....	24
7	Ergebnisse für den Verkehr .....	26
7.1	Strukturdaten zum Energieverbrauch im Verkehr .....	26
7.2	Endenergieverbrauch im Verkehr .....	28
7.3	CO <sub>2</sub> -Emissionen im Verkehr .....	29
8	Methodik zur Berechnung der Energiebilanz.....	31
8.1	Bilanzierungsmethodik.....	31
8.2	Datengrundlage .....	32
8.3	Simulationsmodell .....	32

# 1 Einleitung

Als Mitglied im Klimabündnis der europäischen Städte hat sich die Stadt Friedrichshafen zu einer deutlichen Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Stadtgebiet verpflichtet. Gleichzeitig versteht sie es als ihre Aufgabe, eine wirtschaftliche und umweltverträgliche Energieversorgung zu ermöglichen. In den letzten 20 Jahren sind dazu eine Vielzahl vorbildlicher Einzelinitiativen mit zum Teil gutem Erfolg und Vorbildfunktion verwirklicht worden.

Die Stadt Friedrichshafen beteiligt sich seit dem Jahr 2006 am European Energy Award<sup>®</sup> und strebt für das Jahr 2012 die Auszeichnung mit dem European Energy Award<sup>®</sup>Gold an (über 75 % der möglichen Punkte). Zudem hat sie 2011 den Covenant of Mayors unterschrieben und sich damit verpflichtet, ihre CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahr 2020 um mindestens 20 % gegenüber dem Jahr 1990 zu reduzieren. Im Rahmen des Covenant of Mayors sollen Anfang 2012 ein Aktionsprogramm (SEAP – Sustainable Energy Action Plan) und eine Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz erstellt werden. Die quantitativen Ziele der Stadt Friedrichshafen wurden im Energie- und Klimaschutzkonzept 2020 definiert.

Im Jahr 2004 wurde eine Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz erstellt und Handlungsoptionen für alle Bereiche der Stadt (städtische Liegenschaften, private Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen, Industrie und Verkehr) identifiziert. 2007 erfolgte die erste Aktualisierung der Bilanz.

Die vorliegende Analyse erfasst den Energieverbrauch und die dadurch verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen für das Jahr 2010. In der ersten Version der Bilanz wurden ein Referenzszenario und ein Klimaschutzszenario berechnet. Im vorliegenden Bericht werden ausschließlich Grafiken und Ergebnisse aus dem Klimaschutzszenario dargestellt, die die ambitionierten Ziele der Stadt Friedrichshafen besser widerspiegeln.

Die zukünftigen Entwicklungen werden im Energiemodell bis 2025 berechnet. Um eine Bewertung der Klimaschutzziele der Stadt Friedrichshafen bis 2030 vornehmen zu können, wurden im Kapitel 2 die Ergebnisse bis 2030 extrapoliert. Bei der nächsten Aktualisierung der Bilanz wäre es zu empfehlen, die zukünftigen Entwicklungen bis zum Jahr 2050 zu modellieren.

## 2 Ergebnisse für Friedrichshafen insgesamt

### 2.1 Endenergieverbrauch insgesamt

Der Endenergieverbrauch in Friedrichshafen betrug im Jahr 2010 ca. 1.800 GWh/a. Von 1990 bis 2010 ist der Verbrauch um ca. 225 GWh/a gestiegen (+ 14 %). Während der Endenergieverbrauch zwischen 1990 und 2007 stetig gestiegen ist, ist seit 2007 ein leichter Rückgang zu verzeichnen (-6 %). Da die Bevölkerung zwischen 1990 und 2010 um 9 % zugenommen hat, fällt der Anstieg des Endenergieverbrauchs pro Kopf etwas geringer aus (+5 % zwischen 1990 und 2010).

Hauptverursacher für den Mehrverbrauch seit 1990 ist die Industrie mit 200 GWh/a (+39 %). Allerdings sind die Produktion und die Anzahl der Beschäftigten ebenfalls gestiegen. Die großen Betriebe verbessern die Energieeffizienz ihrer Anlagen ständig. Im Gewerbesektor beträgt der Mehrverbrauch 28 GWh/a (+21 %). In den Sektoren Haushalte und Verkehr ist der Energieverbrauch seit 1990 ungefähr konstant geblieben. Bei den städtischen Liegenschaften ist ein deutlicher Rückgang von 30 % (-19 GWh/a) zu verzeichnen.

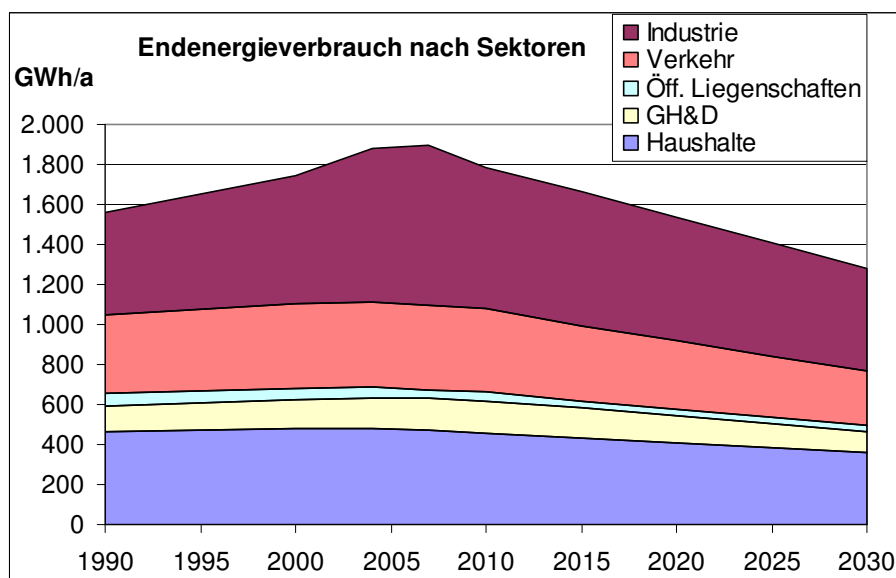


Abbildung 2.1-1 Endenergieverbrauch nach Sektoren

Seit 2007 ist ein Rückgang des Energieverbrauchs in allen Sektoren eingetreten. Die weitere Entwicklung des Energieverbrauchs bis 2030 geht von der Annahme aus, dass die vorhandenen Einsparpotenziale weiter ausgeschöpft werden, sowohl auf Bundes- als auch auf Lokalebene.

Im Jahr 2010 beträgt der Endenergieverbrauch pro Einwohner 30 MWh/a pro Kopf (+5 % seit 1990). In Baden-Württemberg sind das ca. 27 MWh/a pro Kopf. Die große Industriean siedlung in Friedrichshafen (40 % Anteil am Verbrauch gegenüber 21 % für Baden-Württemberg) führt also im Vergleich zum Durchschnitt in Baden-Württemberg zu einem Mehrverbrauch pro Kopf von ca. 3 MWh/a.

Der Endenergieverbrauch pro Einwohner für Haushalte, Gewerbe und Stadt ist seit 1990 um 7 % gesunken und betrug 2010 ca. 11 MWh/a. In Baden-Württemberg beträgt diese Vergleichszahl ca. 13,5 MWh/a. Haushalte, Gewerbe und Stadt haben also einen etwas geringeren Verbrauch als der Durchschnitt in Baden-Württemberg.

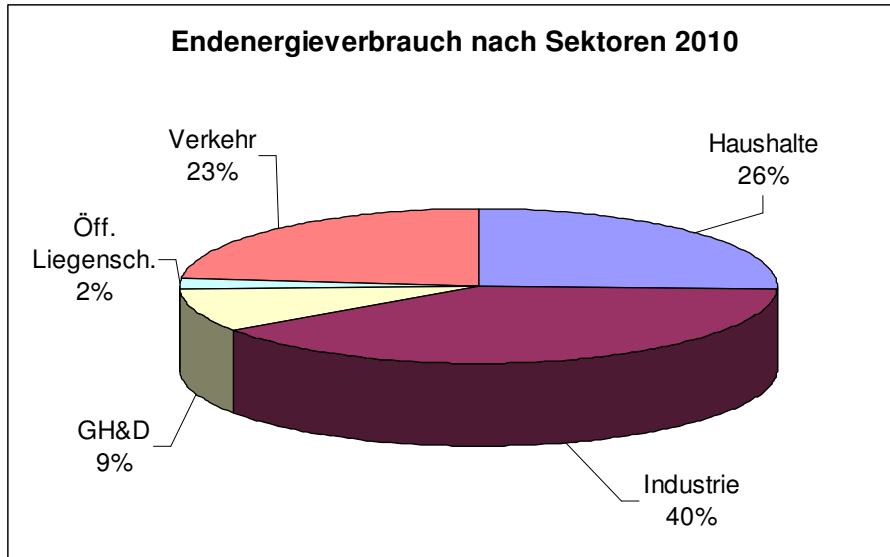


Abbildung 2.1-2 Aufteilung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren 2010

Der Anteil der städtischen Liegenschaften am Endenergieverbrauch beträgt nur etwa 2 %. Haushalte und Verkehr haben einen etwas gleichen Anteil von rund 25 %, während der Gewerbesektor zu 9 % des Endenergieverbrauchs beiträgt. Mit 40 % ist die Industrie der größte Verbraucher.

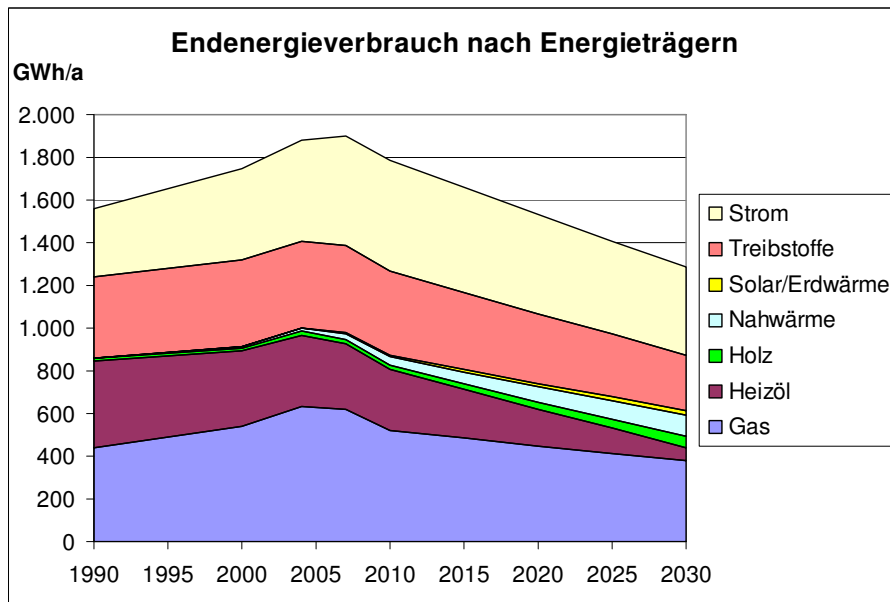


Abbildung 2.1-3 Endenergieverbrauch nach Energieträgern

Erdgas war im Jahr 2010 mit einem Anteil von 30 % der wichtigste Energieträger. Der Erdgasabsatz hat von 1990 bis 2004 um 44 % zugenommen und ist seitdem wieder rückgän-

Fig. Der Anteil des Heizöls ist von 26 % auf 16 % gesunken. Der Stromabsatz ist zwischen 1990 und 2010 um 61 % und der Stromanteil von 20 % auf 29 % gestiegen.

Der Anteil der erneuerbaren Energien (Solar, Erdwärme, Holz) hat sich im Zeitraum von 2004 bis 2010 von 1 % auf 1,5 % erhöht. Bis 2025 könnte er 6 % erreichen (Anteile am Strom-Mix TWF und Strom-Mix Deutschland nicht mitgerechnet). Weitere Anteile Erneuerbare sind in der Nahwärme enthalten.

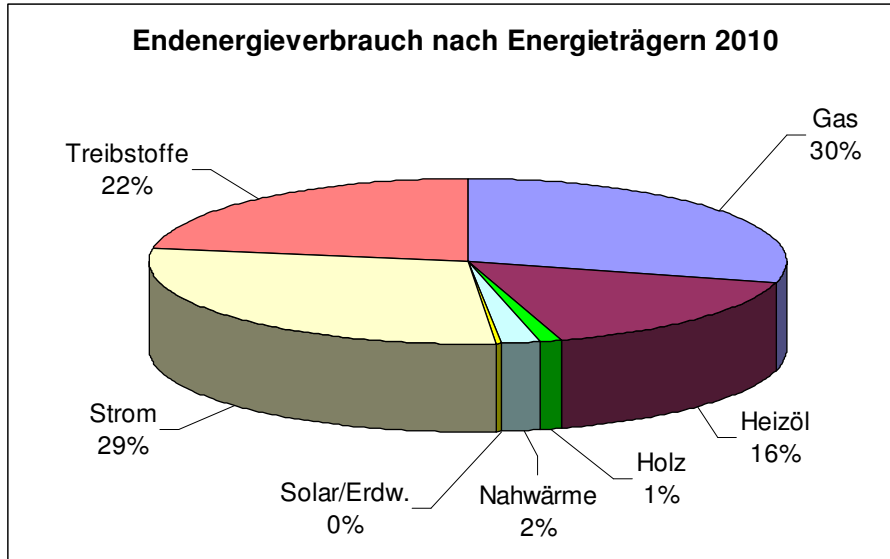


Abbildung 2.1-4 Aufteilung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern 2010

## 2.2 CO<sub>2</sub>-Emissionen insgesamt

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen (CO<sub>2</sub>-Äquivalent) haben in Friedrichshafen von 1990 bis 2007 um 17 % zugenommen und sind seitdem um 7 % gesunken (+8 % gegenüber 1990).

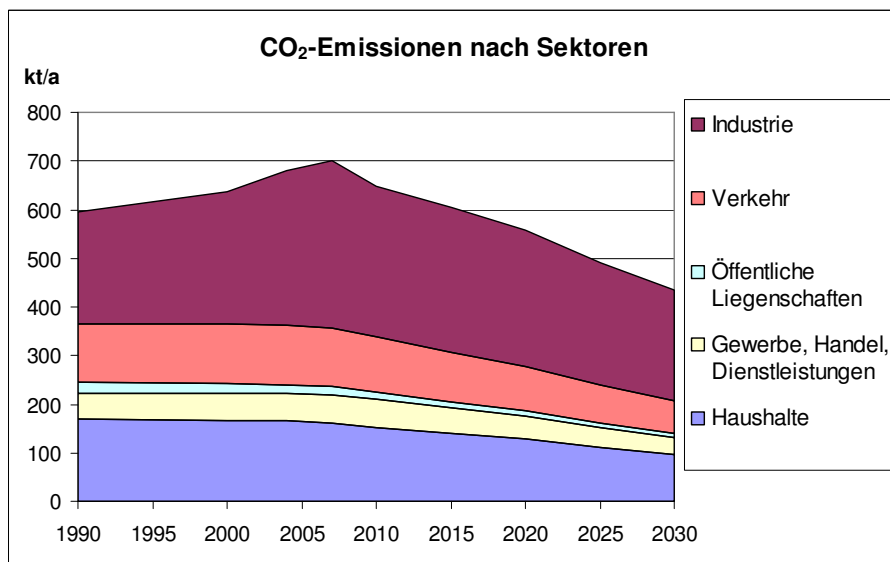


Abbildung 2.2-1 CO<sub>2</sub>-Emissionen insgesamt nach Sektoren

Wie die folgende Tabelle es verdeutlicht, war die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in den einzelnen Sektoren zwischen 1990 und 2010 sehr unterschiedlich. Während die Emissionen in den Sektoren Industrie und GHD (bedingt durch die starke Steigerung von Produktion und Beschäftigtenzahl) gewachsen sind, konnten die Haushalte und vor allem die öffentlichen Liegenschaften ihren Ausstoß deutlich reduzieren. Die Emissionen im Verkehrsbereich sind seit 1990 weitgehend konstant geblieben.

Sektor	CO <sub>2</sub> -Emissionen (kt/a)		Zuwachs
	1990	2010	
Haushalte	169	152	- 10 %
Industrie	232	308	+ 33 %
GHD	54	57	+ 6 %
Öff. Liegenschaften	23	15	- 36 %
Verkehr	119	115	- 3 %
<b>Summe</b>	<b>597</b>	<b>647</b>	<b>+ 8 %</b>
Summe ohne Industrie	365	339	- 7 %
<b>Summe pro Kopf</b>	<b>11,0</b>	<b>11,0</b>	<b>0 %</b>
Summe pro Kopf ohne Industrie	6,7	5,8	- 15 %

Insgesamt betragen die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf 11 t/a und sind zwischen 1990 und 2010 konstant geblieben. Da Friedrichshafen einen sehr hohen Industrieanteil hat, liegt dieser Wert höher als den bundesweiten Durchschnitt von 9,5 t/a<sup>1</sup> und den baden-württembergischen Durchschnitt von 8,5 kt/a<sup>2</sup>. Wenn man den Industriesektor ausklammert, sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf seit 1990 um 15 % gesunken und betragen im Jahr 2010 5,8 t/a. Dieser Wert liegt leicht unter dem baden-württembergischen Durchschnitt von 6,3 t/a im Jahr 2009.

Mit ihren eigenen Liegenschaften kann die Stadt nur 2 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen direkt beeinflussen. Aufgrund des hohen Stromverbrauchs hat die Industrie gegenüber ihrem Anteil am Energieverbrauch von 40 % an den CO<sub>2</sub>-Emissionen einen Anteil von 47 %. Die andere Hälfte der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Stadtgebiet werden durch die Sektoren Haushalte (24 %), Verkehr (18 %) und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (9 %) verursacht. Der Anteil des Stroms insgesamt beträgt ca. 45 % an den CO<sub>2</sub>-Emissionen.

<sup>1</sup> BMWi-Energiedaten

<sup>2</sup> Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (Wert für das Jahr 2009)

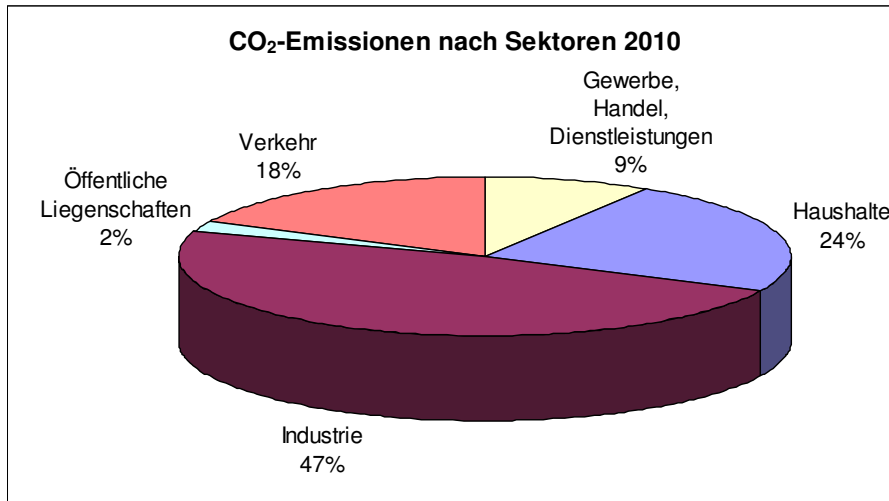


Abbildung 2.2-2 Aufteilung der CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Sektoren 2010

Wenn die Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen in den nächsten Jahren fortgeführt wird, wird das Klimaschutzziel von -20 % gegenüber 1990 bis 2017 ungefähr erreicht (ohne Industrie). Die Entwicklung bei der Industrie lässt sich nur schwer vorhersagen. Mit den getroffenen Annahmen wird das Klimaschutzziel von -20 % gegenüber 1990 ungefähr im Jahr 2025 erreicht.

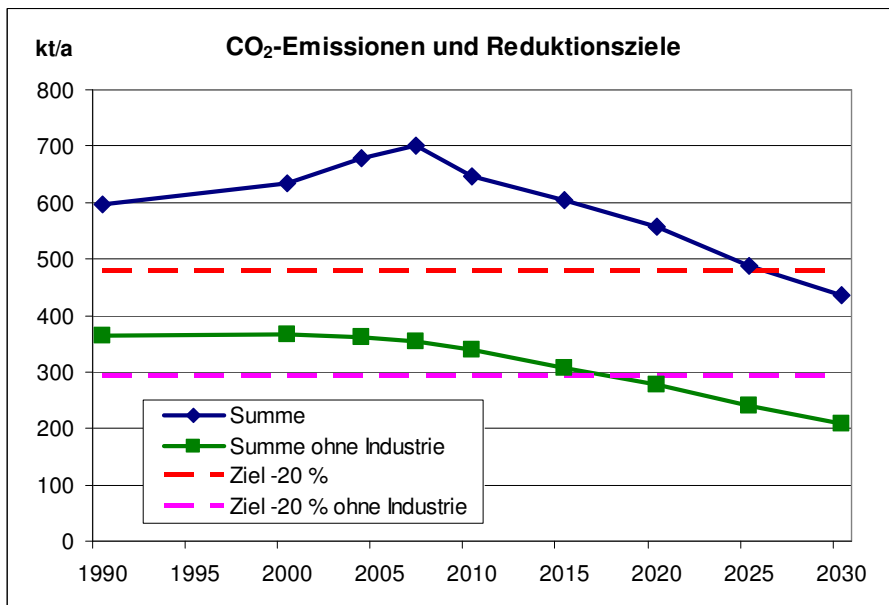


Abbildung 2.2-3 CO<sub>2</sub>-Emissionen und Klimaschutzziele

Seit 2000 beziehen die TWF den Strom für ihre Privat- und Geschäftskunden aus österreichischen Wasserkraftanlagen. Wenn man für die Sektoren Haushalte, Gewerbe und öffentliche Liegenschaften 100 % Wasserkraftstrom ab dem Jahr 2000 und für die anderen Sektoren den Deutschland-Mix berücksichtigt, sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen in Friedrichshafen gegenüber 1990 ungefähr konstant geblieben. Durch die Nutzung von Wasserkraftstrom werden im Jahr 2010 rechnerisch ca. 50 kt/a eingespart, das entspricht etwa 8 % der Emissionen im Jahr 2010.



## 2.3 Einsatz erneuerbarer Energien

Der Einsatz erneuerbarer Energien wird durch den traditionellen Holzeinsatz in Kleinfeuerungsanlagen, den Einsatz von Biokraftstoffen und die Sonnenenergie (Solarthermie- und PV-Anlagen) dominiert und hat sich von 2000 bis 2010 verdreifacht. Im Jahr 2010 haben erneuerbare Energien einen Anteil von ca. 4 % am Endenergieverbrauch (ca. 70 GWh/a). Aus lokalen erneuerbaren Energien wurden im Jahr 2010 ca. 10 GWh Strom (2 % des Gesamtstromverbrauchs) und 33 GWh Wärme (4 % des Gesamtwärmeverbrauchs) erzeugt.

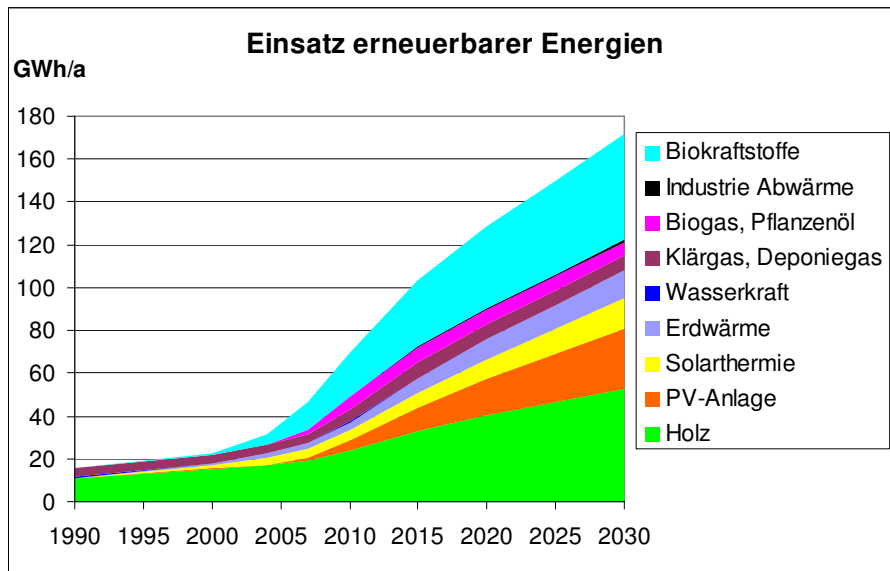


Abbildung 2.3-1 Einsatz erneuerbarer Energien

Energieträger	Einsatz in Friedrichshafen (GWh/a)		Zuwachs
	2010	2030	
Holz	23,9	52,4	x 2,2
Photovoltaik	5,1	28,7	x 5,6
Solarthermie	4,4	14,0	x 3,2
Erdwärme	3,8	13,1	x 3,4
Wasserkraft	0,1	0,1	konstant
Klärgas, Deponiegas	5,7	6,6	x 1,2
Biogas, Pflanzenöl	6,6	6,6	konstant
Industrieabwärme	0	1,0	(-)
Biokraftstoffe	20,4	49,7	x 2,4
<b>Summe</b>	<b>70,0</b>	<b>172,1</b>	<b>x 2,5</b>

In Deutschland hatten erneuerbare Energien im Jahr 2010 einen Anteil von 11,3 % am gesamten Endenergieverbrauch (17,1 % am Bruttostromverbrauch und 10,2 % am Wärmeverbrauch)<sup>3</sup>. Der direkte Einsatz erneuerbarer Energien in Friedrichshafen ist also sehr gering. Für die hauptsächlichen Energieträger Windkraft, Wasserkraft und Biogas gibt es in Friedrichshafen kein bzw. nur ein geringes Potenzial. Der Einsatz von lokalem Holz, Sonnenenergie und Erdwärme könnte allerdings gesteigert werden.

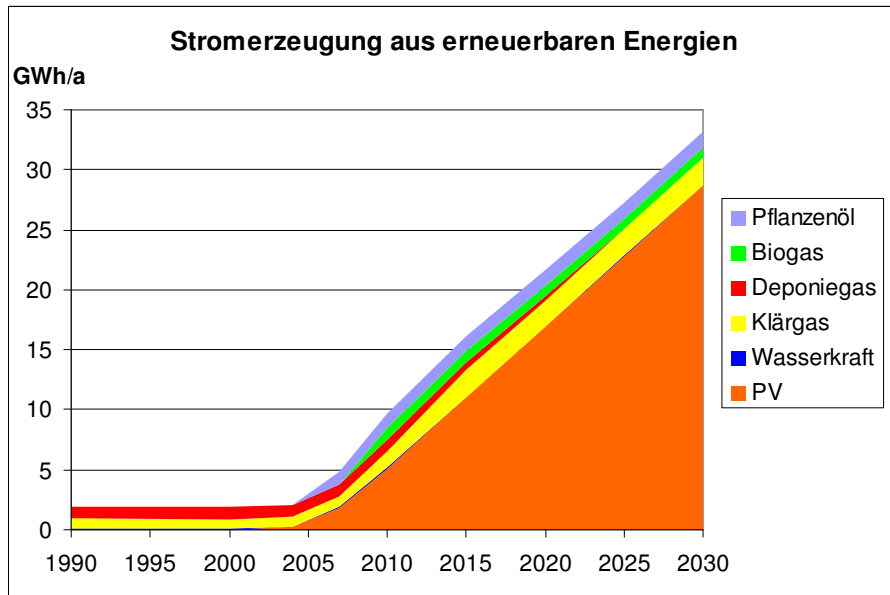


Abbildung 2.3-2 Lokale Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien

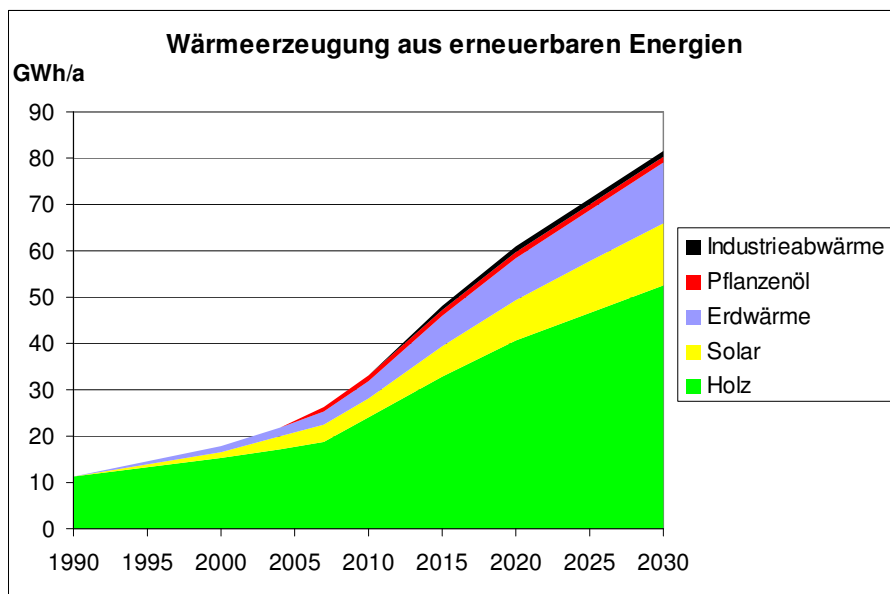


Abbildung 2.3-3 Lokale Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien

<sup>3</sup> <http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/2720/>

2010 wurden in Friedrichshafen über den Strom-Mix Deutschland indirekt ca. 88 GWh/a erneuerbare Energie eingesetzt. Zusammen mit den anderen Erneuerbaren für Wärmeerzeugung und Treibstoffe ergibt das ca. 140 GWh/a. Das entspricht einem Anteil von 8 % am Endenergieverbrauch.

Bis 2030 könnte der Einsatz erneuerbarer Energien auf ca. 170 GWh/a steigen (13 % des erwarteten Endenergieverbrauchs). Insgesamt könnten im Jahr 2030 etwa 33 GWh Strom (8 % des Gesamtstromverbrauchs) und 81 GWh Wärme (13 % des Gesamtwärmeverbrauchs) aus erneuerbaren Energien gewonnen werden. Deutschland hat sich zum Ziel gesetzt, im Jahr 2020 einen Anteil Erneuerbarer am Endenergieverbrauch von 18 % zu erreichen (Anteil an Stromerzeugung: 35 %, Anteil an Wärmeerzeugung: 14 %).

## 2.4 Dezentrale Strom- und Wärmeerzeugung

Dezentrale Strom- und Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien und Kraft-Wärme-Kopplung können einen großen Beitrag zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen liefern. Die BHKW wurden zwischen 2004 und 2010 wesentlich ausgebaut (2010 waren 30 BHKW mit einer elektrischen Leistung von insgesamt ca. 5 MW in Betrieb). Insbesondere wurden große Anlagen bei MTU und im Landratsamt errichtet.

Im Jahr 2010 wurden ca. 26 GWh Strom aus KWK-Anlagen erzeugt. Das entspricht einem Anteil von 5 % am Gesamtstromverbrauch. Gegenüber 2000 hat sich die Stromproduktion aus BHKW verdreifacht. Insgesamt beträgt die dezentrale Stromerzeugung im Jahr 2010 ca. 31 GWh. Bis 2030 könnte sie auf ca. 67 GWh/a verdoppelt werden und somit ca. 16 % des Strombedarfs decken.

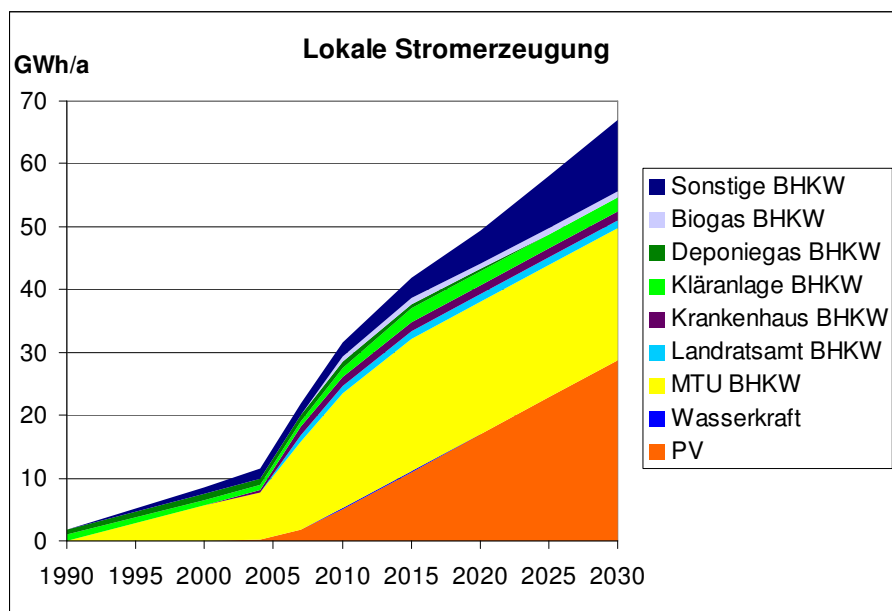


Abbildung 2.4-1 Lokale Stromerzeugung

Im Jahr 2010 wurden ca. 40 GWh Nahwärme lokal erzeugt. Das entspricht einem Anteil von ca. 4,5 % am Gesamtwärmeverbrauch. Der Aufbau von Nahwärmenetzen mit der Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung, erneuerbaren Energien und industriellen Wärme soll in Zukunft vorangetrieben werden. Im Auftrag der Stadt wird zurzeit von den TWF und der Energieagentur Ravensburg eine Nahwärmestudie erstellt, um die Ausbaupotenziale iden-

tifizieren zu können. Mit den Ergebnissen dieser Studie könnte die lokale Wärmeerzeugung bis 2030 besser modelliert werden.

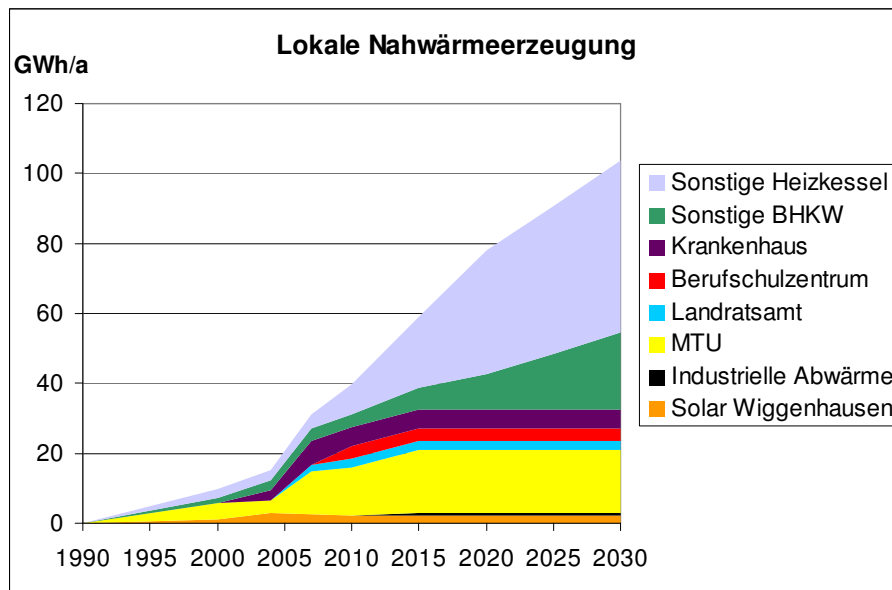


Abbildung 2.4-2 Lokale Nahwärmeerzeugung

## 2.5 Zielsetzungen der Stadt Friedrichshafen bis 2020 und 2030

Im Energie- und Klimaschutzkonzept 2020 der Stadt Friedrichshafen<sup>4</sup> sind Klimaschutzziele bis 2020 und 2030 definiert. Die genannten Zielvorgaben gelten für die Gesamtstadt, allerdings ohne Industrie.

Die Erreichung der Klimaschutzziele hängt einerseits von den lokalen Aktivitäten im Stadtgebiet Friedrichshafen ab, andererseits aber auch von den landesweiten und bundesweiten Rahmenbedingungen, die die Stadt Friedrichshafen nur bedingt beeinflussen kann. Ein gutes Beispiel ist die Entwicklung des bundesweiten Strom-Mix, der in der CO<sub>2</sub>-Bilanz zugrunde gelegt wird. Die unten stehenden Bewertungen gelten für die im Jahr 2012 getroffenen Annahmen und können sich u. U. bei der nächsten Aktualisierung der Bilanz ändern.

### 2.5.1 Verringerung des Energiebedarfs

*„Durch Steigerung der Energieeffizienz soll der Energiebedarf bis 2020 um mindestens 20 % und bis 2030 um mindestens 30 % gegenüber 1990 reduziert werden.“*

Im berechneten Klimaschutzzensario (siehe Kap. 2.1) wird eine Verringerung des Energiebedarfs (ohne Industrie) um 12,5 % bis 2020 und um 27 % bis 2030 gegenüber 1990 erreicht. Das für 2030 gesetzte Ziel ist also erreichbar, setzt allerdings die konsequente und breite Umsetzung von Effizienzmaßnahmen voraus (sowohl auf Europa-, Bundes- und Landesebene als auch auf kommunaler Ebene).

<sup>4</sup> Siehe Sitzungsvorlage 2010 / V 00224

### 2.5.2 Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen

*„Bis 2020 sollen im Vergleich zu 1990 die CO<sub>2</sub>-Emissionen entsprechend der Bundesregierung um mindestens 40 % reduziert werden. Bis 2030 ist eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 55 % angestrebt.“*

Im berechneten Klimaschutzszenario (siehe Kap. 2.2) wird eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen (ohne Industrie) um 24 % bis 2020 und um 43 % bis 2030 gegenüber 1990 erreicht. Unter den getroffenen Annahmen werden die gesetzten Klimaschutzziele in Friedrichshafen verfehlt.

In ihrem Aktionsplan für den Covenant of Mayors hat die Stadt Friedrichshafen bereits ihr Klimaschutzziel bis 2020 angepasst (-20 % gegenüber 1990). Bis 2030 erscheint ein Klimaschutzziel von ca. -40 % gegenüber 1990 durchaus ambitioniert, aber realistisch.

Die Zielsetzung der Bundesregierung enthält die großen CO<sub>2</sub>-Einsparungen im Zuge der Wiedervereinigung. Bei den kurz- und mittelfristigen Zielen für 2020 und 2030 kann Friedrichshafen also etwas geringere Werte als Deutschland anstreben. Das Langfristziel von mindestens 80 % CO<sub>2</sub>-Einsparungen bzw. etwa 2 t CO<sub>2</sub> pro Kopf bis 2050 ist allerdings auch in Friedrichshafen zu erfüllen.

### 2.5.3 Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und Kraft-Wärme-Kopplung

*„Bis 2020 sollen im Stadtgebiet 35 % des Strombedarfs des Jahres 1990 regenerativ oder aus Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt werden. Bis 2030 sollen es 50 % sein. Der darüber hinaus benötigte Strombedarf wird – vorerst von der Industrie abgesehen – zu 100 % durch Zukauf von Ökostrom gedeckt.“*

Im berechneten Klimaschutzszenario (siehe Kap. 2.4) beträgt die lokale Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und Kraft-Wärme-Kopplung ca. 49 GWh im Jahr 2020. Das entspricht 15 % des Gesamtstromverbrauchs (inkl. Industrie) aus dem Jahr 1990. Ohne den Industriesektor (BHKWs der MTU) wird eine lokale Stromerzeugung von ca. 28 GWh erreicht. Das entspricht 22 % des Stromverbrauchs (ohne Industrie) aus dem Jahr 1990. Im Jahr 2030 beträgt die lokale Stromerzeugung 67 GWh (mit Industrie) bzw. 46 GWh (ohne Industrie). Somit werden 21 % des Gesamtstromverbrauchs bzw. 36 % des Stromverbrauchs ohne Industrie aus dem Jahr 1990 abgedeckt.

Mit den zurzeit getroffenen Annahmen werden die gesetzten Ziele verfehlt. Ein realistisches Ziel aus heutiger Sicht wäre, den Anteil der lokalen Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und Kraft-Wärme-Kopplung am Stromverbrauch (ohne Industrie) des Jahres 1990 auf 20 % bis 2020 bzw. auf 35 % bis 2030 zu steigern. Sollten zusätzliche Potenziale erschlossen werden können, die zurzeit nicht modelliert sind (z.B. Windkraft, Holzverstromung oder Einsatz von Bio-Erdgas in den BHKW), könnte dieses Ziel nach oben korrigiert werden.

Um einen festen Bezugspunkt zu haben, wurde das Klimaschutzziel bezüglich des Stromverbrauchs im Jahr 1990 gesetzt. Allerdings ist der Stromverbrauch (inkl. Industrie) seit 1990 um 61 % gestiegen. Ambitionierte Ziele in diesem Bereich sind also schwierig auf lokaler Ebene zu erfüllen. Im Rahmen der Energiewende werden allerdings große Mengen Off-Shore Windkraft ins Stromnetz eingespeist. Die Technischen Werke Friedrichshafen und die großen Betriebe könnten sich vermehrt an solchen Projekten beteiligen.

#### 2.5.4 Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien

*„Bis 2020 sollen mindestens 16 % des Wärmebedarfs von 1990 durch erneuerbare Energien abgedeckt werden. Im Jahr 2030 soll der Anteil auf mindestens 25 % steigen.“*

Im berechneten Klimaschutzszenario (siehe Kap. 2.3) beträgt die lokale Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien ca. 61 GWh im Jahr 2020 und ca. 81 GWh/a im Jahr 2030. Das entspricht im Jahr 2020 ca. 11 % und im Jahr 2030 ca. 15 % des Wärmebedarfs von 1990 (ohne Industrie).

Um die gesetzten Ziele zu erreichen, sollten also zusätzliche Potenziale in der Größenordnung von 50 GWh/a erschlossen werden. Im berechneten Szenario wurden schon große Steigerungsraten für die dezentrale Nutzung von erneuerbaren Energien (Holz, Erdwärme, Solarthermie) vorgegeben. Zusätzliche Potenziale können also überwiegend durch den Ausbau der Fernwärmeversorgung mit erneuerbaren Energien, saisonalen Solarspeichern, der Nutzung von Bio-Erdgas in BHKW und der Einkopplung von industrieller Abwärme erschlossen werden. Hierfür ist allerdings eine langfristige Strategie basierend auf einer umfassenden Potenzialanalyse notwendig.

### 3 Ergebnisse für die Liegenschaften der Stadt Friedrichshafen

#### 3.1 Strukturdaten zum Energieverbrauch der öffentlichen Liegenschaften

Die Stadt Friedrichshafen betreut ca. 70 Objekte im kommunalen Energiemanagement, u. a. 16 Schulen, 15 Kindergärten, 18 Hallen, 5 Bäder, 12 Kultureinrichtungen, 9 Verwaltungsgebäude, 7 Feuerwehrgebäude, 8 Wohnheime und Kasernen, 1 Krankenhaus und eine größere Anzahl von Wohnungen und sonstigen Einrichtungen. Insgesamt sind es 150-180 Gebäude. Im Jahr 2000 war pro Einwohner eine Fläche von 4,2 m<sup>2</sup> verfügbar. Der Zuwachs von 1990 bis 2000 beträgt ca. 5 %.

Basierend auf dem Energiegutachten von 1993 wurden Energieeinsparmaßnahmen geplant und durchgeführt und ab 1997 mit dem systematischen Kommunalen Energiemanagement (KEM) begonnen. Im Jahr 2010 wurde ein Energiebericht für die bis dahin ins KEM aufgenommenen Liegenschaften erstellt. Im Bericht wurde der Energie- und Wasserverbrauch für jedes Objekt dokumentiert und bewertet. Für jedes Objekt wurden außerdem ein Zielwert für den langfristig angestrebten Verbrauch definiert und besondere durchgeführte und geplante Maßnahmen erläutert.

Die städtischen Liegenschaften hatten 2010 einen Anteil von ca. 2,5 % am gesamten Endenergieverbrauch in Friedrichshafen.

#### 3.2 Endenergieverbrauch der öffentlichen Liegenschaften

Durch die eingeleiteten Sparmaßnahmen und die Einführung des KEM konnte der Energieverbrauch (inkl. Krankenhaus und Straßenbeleuchtung) zwischen 1990 und 2010 um ca. 30 % gesenkt werden. Die Einsparungen im Wärmesektor betragen ca. 40 %, während beim Strom (inkl. Straßenbeleuchtung) eine Reduktion von ca. 2 % zu verzeichnen ist. Der Strom hat einen hohen Anteil von 32 % am Endenergieverbrauch. Bis 2025 könnte der Anteil auf 35 % ansteigen.

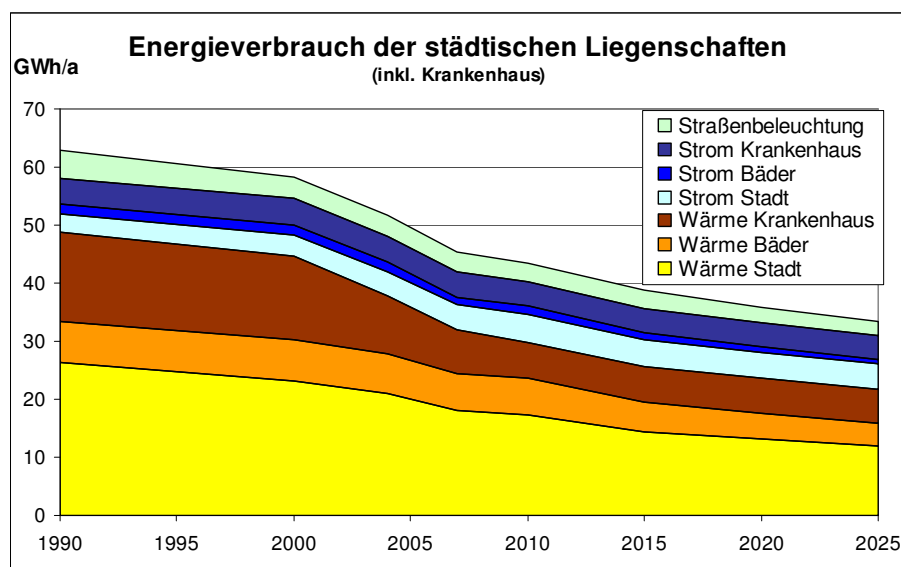


Abbildung 3.2-1 Strom- und Wärmeverbrauch der städtischen Liegenschaften

Der zukünftige Verbrauch wird wesentlich durch die weitere Effizienz des Energiemanagements bestimmt. Üblicherweise kann in der Anfangsphase beim KEM durch einfache organisatorische und gering-investive Maßnahmen eine Einsparung von 20 % und mehr erzielt werden. Für weitere Einsparungen sind bauliche Maßnahmen an der Wärmeerzeugung, der Beleuchtung oder dem Wärmeschutz erforderlich.

Für die zukünftige Entwicklung des Wärmeverbrauchs wurde angenommen, dass durch bauliche Sanierung, die altersbedingte Erneuerung von Heizungsanlagen und weitere wei- che Maßnahmen zusätzliche Einsparungen von 25 % bis 2025 erreicht werden (-55 % seit 1990). Der Stromverbrauch wird bis 2025 um ca. 15 % sinken, vor allem durch die Effi- zienzsteigerung der Straßenbeleuchtung und die Renovierung der Bäder (Neubau des Hal- lenbads und Ersatz des See- und Freibads Fischbach durch ein Thermalbad). Beim Kran- kenhaus sowie bei den anderen städtischen Liegenschaften wird der Stromverbrauch ungefähr konstant bleiben, da Einsparungen durch den Verbrauch zusätzlicher Geräte ausgeglichen werden. Bis 2025 werden damit ca. 47 % Einsparungen beim gesamten Energieverbrauch gegenüber 1990 erreicht.

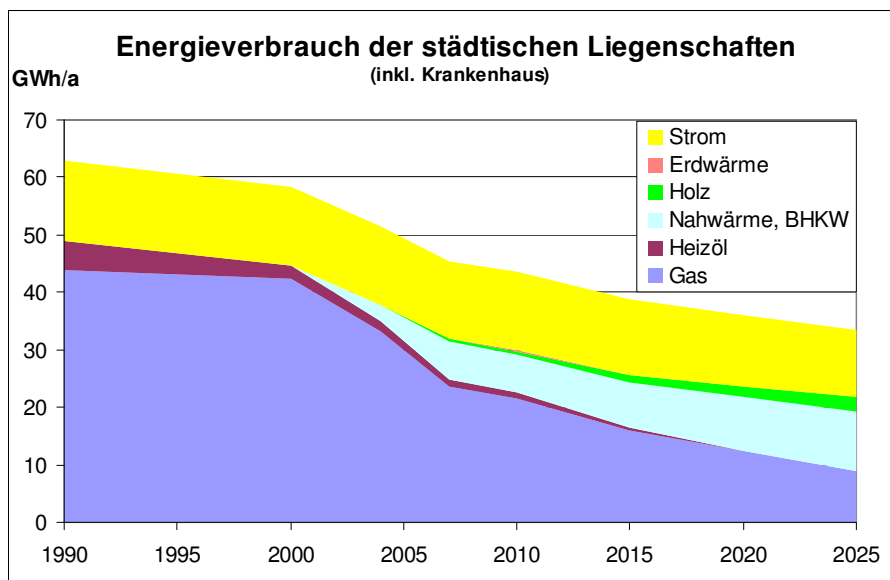


Abbildung 3.2-2 Endenergieverbrauch der städtischen Liegenschaften nach Energieträgern

Im Jahr 2004 wurde im Städtischen Krankenhaus (SKF) von den TWF als erstes Contracting-Projekt eine neue Energieversorgungsanlage installiert. Die Anlage lieferte im Jahr 2010 ca. 5,5 GWh/a Wärme und Dampf und 1,4 GWh/a Strom. In Abbildung 3.2-2 ist das an der Einführung der Kategorie Nahwärme und BHKW zu erkennen.

Der Anteil der Nahwärme soll bis 2025 wesentlich erhöht werden (Anschluss der Schreienesch-Schule an das Nahwärmenetz des Berufsschulenzentrums, Untersuchung weiterer Möglichkeiten im Rahmen einer Nahwärmepotenzialanalyse durch die TWF und die Energieagentur Ravensburg). Die durch die Energiepfähle (Erdwärme 170 kW) im Karl-Maybach-Gymnasium erzeugte Wärme ist beachtlich (ca. 100 MWh/a), aber in der Abbildung 3.2-2 nicht erkenntlich. Die Ludwig-Dürr-Schule wird seit 2006 mit einer Pelletanlage beheizt (ca. 600 MWh/a).



### 3.3 CO<sub>2</sub>-Emissionen der öffentlichen Liegenschaften

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen (CO<sub>2</sub>-Äquivalent) der Stadt (inkl. Krankenhaus und Straßenbeleuchtung) sind seit 1990 um ca. 35 % gesunken. Das Klimaschutzziel -20 % gegenüber 1990 wurde bereits im Jahr 2004 übertroffen. Wenn die Anstrengungen im Bereich der städtischen Liegenschaften fortgeführt werden, kann im Jahr 2025 eine CO<sub>2</sub>-Minderung von über 50 % gegenüber 1990 erreicht werden.

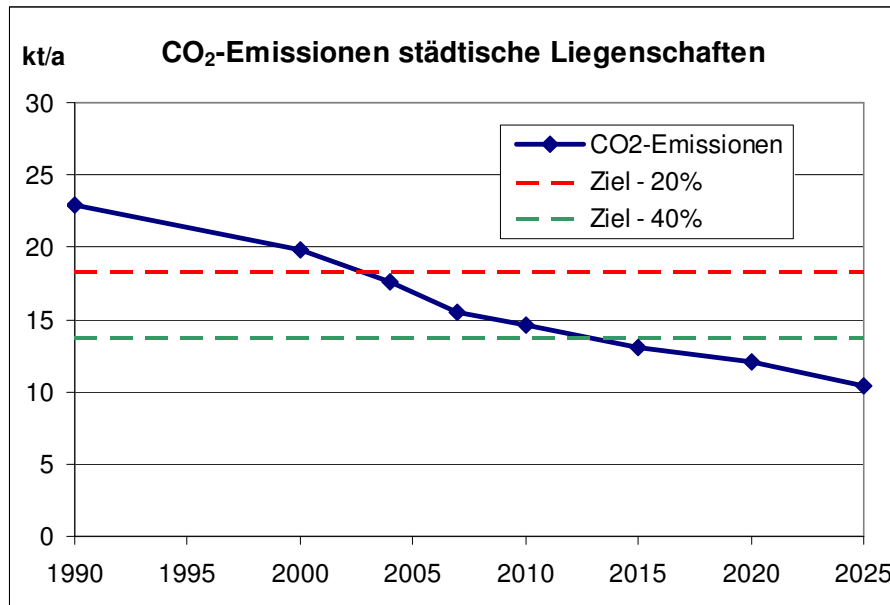


Abbildung 3.3-1 CO<sub>2</sub>-Emissionen der städtischen Liegenschaften

Der Anteil des Stroms an den CO<sub>2</sub>-Emissionen beträgt im Jahr 2010 ca. 55 %, obwohl der Stromverbrauch nur einen Anteil von 32 % am Energieverbrauch hat. Für die CO<sub>2</sub>-Bilanz der Stadt haben also Einsparungen beim Stromverbrauch einen hohen Stellenwert.

Wenn man die Stromlieferungen aus Österreich mit 100 % Wasserkraft mit einem wesentlich geringeren CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor berücksichtigt (39 statt 587 kg/MWh), sind die CO<sub>2</sub>-Minderungen noch höher (- 5 kt/a im Jahr 2010). Der Anteil des Stroms an den CO<sub>2</sub>-Emissionen beträgt dann im Jahr 2010 nur noch ca. 33 %.

## 4 Ergebnisse für private Haushalte

### 4.1 Strukturdaten zum Energieverbrauch der Haushalte

Bei der Berechnung der Energiebilanz wurde auf Daten des Statistischen Landesamtes (StaLA) über Bevölkerung, Wohnflächen, Beheizungsstruktur, Betriebe und Beschäftigte zurückgegriffen. Die Daten wurden zum größten Teil über das Internet in der Regionaldatenbank recherchiert. Einzelne Daten wurden direkt beim StaLA angefragt.

Die in Abbildung 4.1-1 dargestellte Entwicklung der Bevölkerungszahlen basiert auf den Angaben des StaLA (Bevölkerungsfortschreibung und Bevölkerungsvorausrechnung bis 2030). Es wird bis 2030 eine Senkung der Bevölkerung auf 57.300 Einwohner erwartet (2010: 59.000 Einwohner).

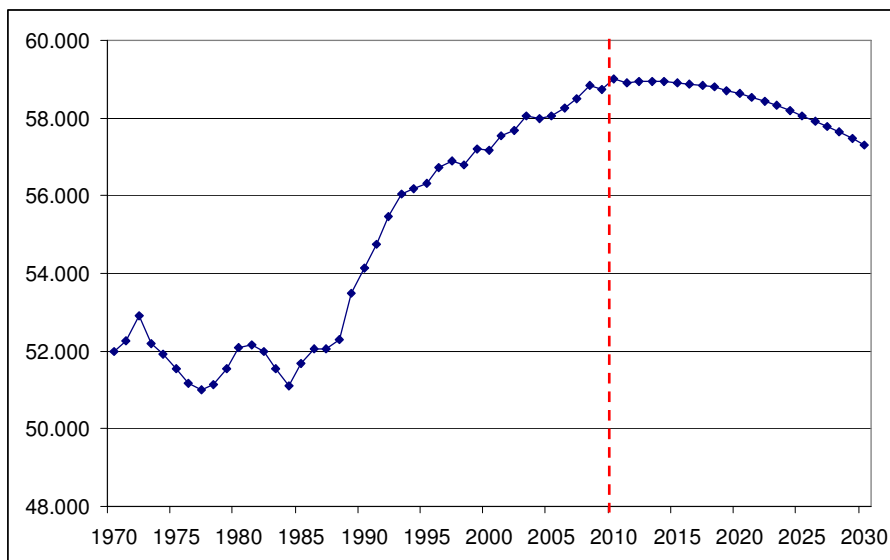


Abbildung 4.1-1 Bevölkerungsentwicklung

Wesentlich für den Energieverbrauch der Haushalte ist der Bestand an Wohnungen bzw. die Wohnflächen. Seit 1990 ist die gesamt verfügbare Wohnfläche um 25 % gestiegen (Mehrfamilienhäuser: +32 %, Einfamilienhäuser: +17 %). Dies liegt zum einen daran, dass die Bevölkerung zwischen 1990 und 2010 um 9 % gewachsen ist und zum anderen, dass die Wohnfläche pro Einwohner von 35 auf 40 m<sup>2</sup> gestiegen ist.

Der Wohnungsneubedarf und -ersatzbedarf wurde mit Hilfe der Wohnungsprognose des Statistischen Landesamtes abgeschätzt. Der zukünftige Bedarf setzt sich aus dem Ersatzbedarf wegen Abriss und dem Wohnungsneubedarf wegen Neugründung von Haushalten (aus Wanderungsgewinn und Tendenz zu kleineren Haushalten) zusammen.

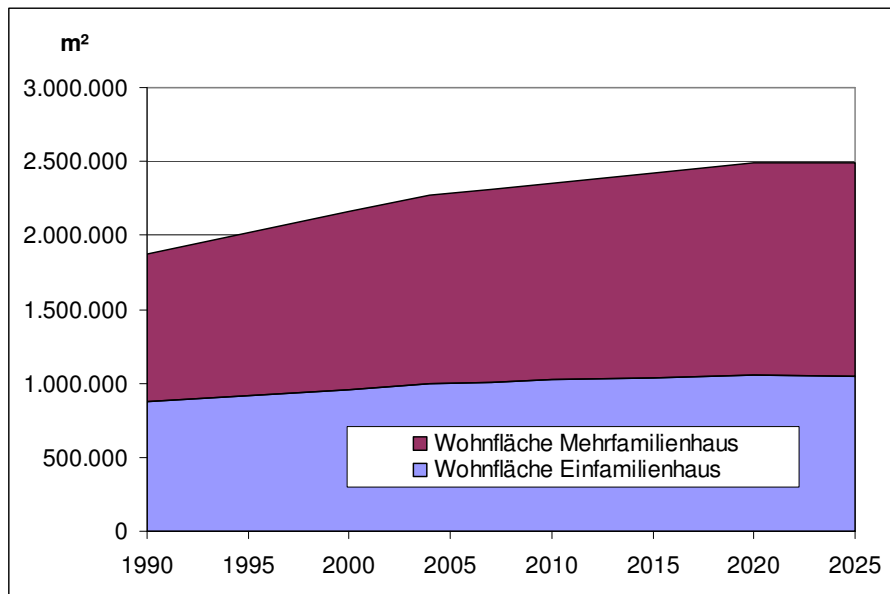


Abbildung 4.1-2 Bestand an Wohnflächen

## 4.2 Endenergieverbrauch der Haushalte

Der Endenergieverbrauch der Haushalte ist von 1990 bis 2004 um ca. 5 % (22 GWh/a) gestiegen. Der Anstieg wurde durch den Mehrverbrauch von Strom verursacht (17 GWh/a), während der Brennstoffverbrauch für Raumwärme und Warmwasser nur um ca. 5 GWh/a gestiegen ist. Zwischen 2004 und 2010 ist der Energieverbrauch um ca. 23 GWh/a zurückgegangen (Strom -2 GWh/a, Wärme -21 GWh/a). Zwischen 1990 und 2010 ist der Energieverbrauch nahezu konstant geblieben, obwohl im gleichen Zeitraum die Bevölkerung um 9 % gewachsen ist.

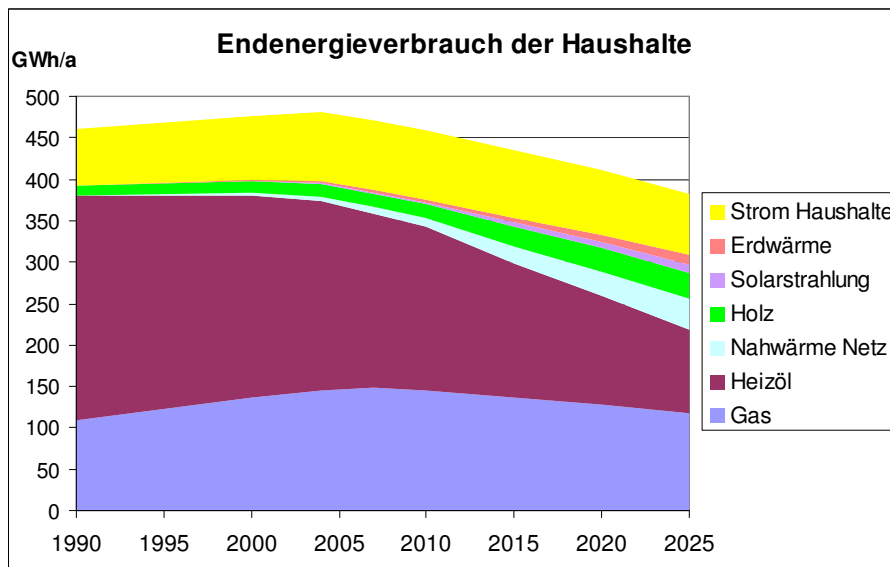


Abbildung 4.2-1 Endenergieverbrauch der Haushalte nach Energieträgern

Seit 1990 wird Heizöl als wichtigster Energieträger sukzessive durch Erdgas abgelöst. Der Zuwachs bei Erdgas seit 1990 beträgt ca. 33 %. Im Jahr 2010 hat Erdgas einen Anteil am

Endenergieverbrauch von 31 % (Heizöl 43 %). Im Jahr 2025 wird erwartet, dass Heizöl nur noch einen Anteil von ca. 26 % am Endenergieverbrauch hat. Strom hat einen Anteil von ca. 18 %. Andere fossile Brennstoffe (Kohle, Flüssiggas) spielen keine große Rolle, ihr Anteil wurde beim Heizöl dazugeschlagen.

Der Holz- und der Nahwärmeanteil sind im Jahr 2010 mit 4 % bzw. 2 % sehr gering (der Holzverbrauch ist nur als Anhaltspunkt zu verstehen, da genaue Angaben zum tatsächlichen Verbrauch nicht verfügbar sind). Die Nutzung der Sonnenenergie mit Solarkollektoren beträgt im Jahr 2010 ca. 4.400 MWh bzw. knapp 1 % (Solarkollektoren 2.750 MWh, Wiggenshausen 1.685 MWh). Der Einsatz von Erdwärme in Wärmepumpen beträgt ca. 3.600 MWh. Holz, Sonne und Erdwärme haben zusammen einen Anteil von 5 %.

Im Jahr 2010 beträgt der Endenergieverbrauch der Haushalte pro Kopf 7,8 MWh/a (-8 % seit 1990). Der Stromverbrauch pro Kopf (inkl. Heizstrom und elektrische Warmwasserbereitung) beträgt ca. 1,4 MWh/a und ist seit 1990 um 12 % gestiegen.

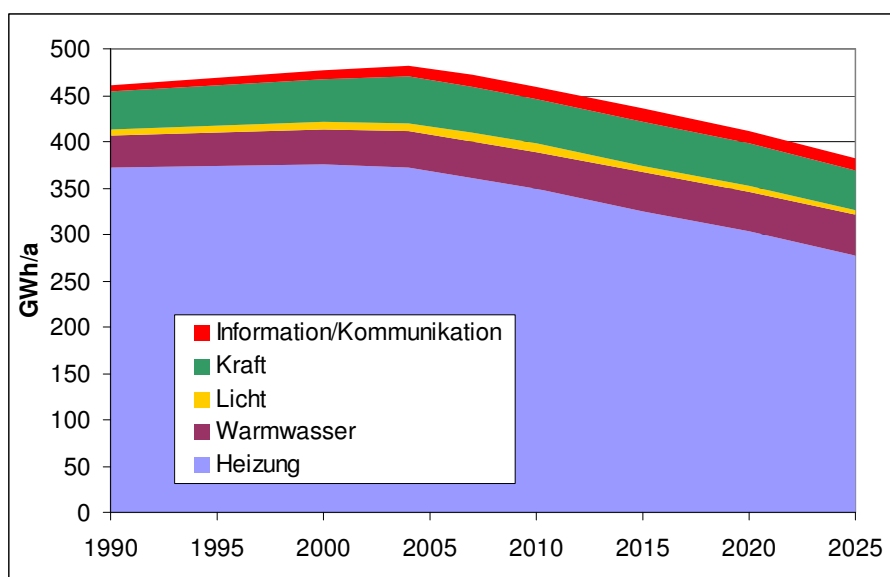


Abbildung 4.2-2 Endenergieverbrauch der Haushalte nach Anwendungszweck

Bei den Haushalten hat Raumwärme die weitaus größte Bedeutung (76 %). Der Verbrauch für Raumwärme ist bis 2004 gegenüber 1990 etwa konstant geblieben und hat dann bis 2010 um ca. 6 % abgenommen. Gleichzeitig hat die Wohnfläche um 25 % zugenommen.

Der spezifische Endenergieverbrauch (Raumwärme + Warmwasser) beträgt im Jahr 2010 ca. 163 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr, das bedeutet einen Rückgang von ca. 23 % gegenüber 1990. Bei alten Gebäuden können problemlos 50 % Energieeinsparung durch Wärmeschutzmaßnahmen realisiert werden. Bei einer Sanierungsrate von 2 % pro Jahr könnte sich der spezifische Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser bis 2025 um weitere 22 % verringern.

Der Heizwärmebedarf wird durch unterschiedliche Heizsysteme befriedigt. Erdgasheizungen haben einen besseren Wirkungsgrad als Ölheizungen. Durch den Wechsel von Heizöl auf Erdgas und die ständige Erneuerung von Heizungen hat sich der Wirkungsgrad von 1990 bis 2010 um ca. 12 % verbessert.

Die Prognose des Endenergieverbrauchs von 2010 bis 2025 basiert auf den Annahmen für Wohnflächen und Heizwärmebedarf, einer weiteren Substitution von Heizöl durch Erdgas, einer weiteren kontinuierlichen Verbesserung der Wirkungsgrade der Heizungssysteme und einer Reduzierung des Stromverbrauchs pro Haushalt. Ab 2004 ist eine Trendwende beim Verbrauch absehbar. Bis 2025 wird eine Endenergieeinsparung von ca. 17 % gegenüber 1990 erwartet.

### 4.3 CO<sub>2</sub>-Emissionen der Haushalte

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen sind trotz steigendem Energieverbrauch zwischen 1990 und 2004 leicht gesunken. Seit 2004 ist eine deutliche Reduktion eingetreten. Insgesamt sind die Emissionen zwischen 1990 und 2010 um 10 % zurückgegangen. Bis 2025 gehen die CO<sub>2</sub>-Emissionen um 34 % gegenüber 1990 zurück.

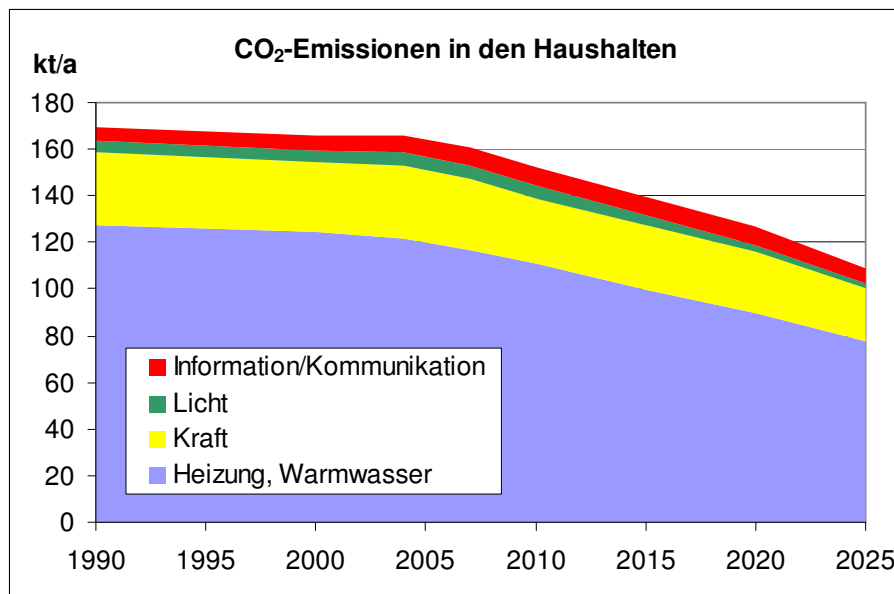


Abbildung 4.3-1 Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Haushalte

Bei Wärme sind zwischen 1990 und 2010 CO<sub>2</sub>-Minderungen um 13 % (ca. 16 kt/a) erreicht worden. Die Ursache dafür liegt wesentlich in der Umstellung von Heizöl auf Erdgas mit einem ca. 25 % geringeren CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor, in der Verbesserung der Heizungswirkungsgrade sowie im verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien.

Die Emissionen aus dem Stromverbrauch sind von 1990 bis 2010 ungefähr konstant geblieben. Der Anteil des Stroms an den CO<sub>2</sub>-Emissionen beträgt im Jahr 2010 aufgrund des höheren CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktors ca. 27 %, obwohl der Stromverbrauch nur einen Anteil von 18 % am Energieverbrauch hat. Für die CO<sub>2</sub>-Bilanz der privaten Haushalte haben also Einsparungen beim Stromverbrauch einen hohen Stellenwert.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Haushalte pro Kopf sind zwischen 1990 und 2010 um 16 % von 3,1 t/a auf 2,6 t/a gesunken. Im Jahr 2025 werden CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf von 1,9 t/a erwartet.

Wenn man die Stromlieferungen aus Österreich mit 100 % Wasserkraft mit einem wesentlich geringeren CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor berücksichtigt (39 statt 587 kg/MWh), sind die CO<sub>2</sub>-Minderungen noch höher (- 45 kt/a im Jahr 2010). Der Anteil des Stroms an den CO<sub>2</sub>-Emissionen beträgt dann im Jahr 2010 nur noch ca. 3 %.

## 5 Ergebnisse für Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD)

### 5.1 Strukturdaten zum Energieverbrauch im GHD-Sektor

Genauere Verbrauchszahlen für den Bereich GHD sind nicht verfügbar, da die Tarifstruktur zu den Haushalten und zur Industrie nicht exakt abgegrenzt ist und der Heizölverbrauch nicht bekannt ist. Eine Erhebung der Verbrauchszahlen wäre wegen der großen Anzahl an Betrieben (ca. 1000) sehr aufwändig. Der Energieverbrauch muss also aus Literaturkennwerten hergeleitet werden. Es werden die Kennzahlen aus / Schlomann et al /<sup>5</sup> zum Energieverbrauch pro Beschäftigter verwendet. Der Sektor GHD wurde in die Bereiche „Handel, Gastgewerbe und Verkehr“, „Baugewerbe“, „Handwerk“ und „sonstige Dienstleistungen“ untergliedert. Die Beschäftigtenzahlen dazu stammen aus der Statistik „Sozialversicherungspflichtig beschäftigte Arbeitnehmer am Arbeitsort“ für die Stadt Friedrichshafen des StaLA.

Die Beschäftigtenzahl im GHD-Sektor ist zwischen 1990 und 2010 um 54 % gestiegen. Für den Zeitraum 2010-2025 wird eine leichte Steigerung von 5 % angenommen. Die Verteilung des Wachstums im tertiären Sektor auf die einzelnen Bereiche erfolgte durch einfache Extrapolation der historischen Entwicklung. Die einzelnen Branchen haben sehr unterschiedliche Energiekennwerte. Durch die Aufteilung des Sektors auf die Untersektoren kann die Verbrauchssituation angemessen beschrieben werden.

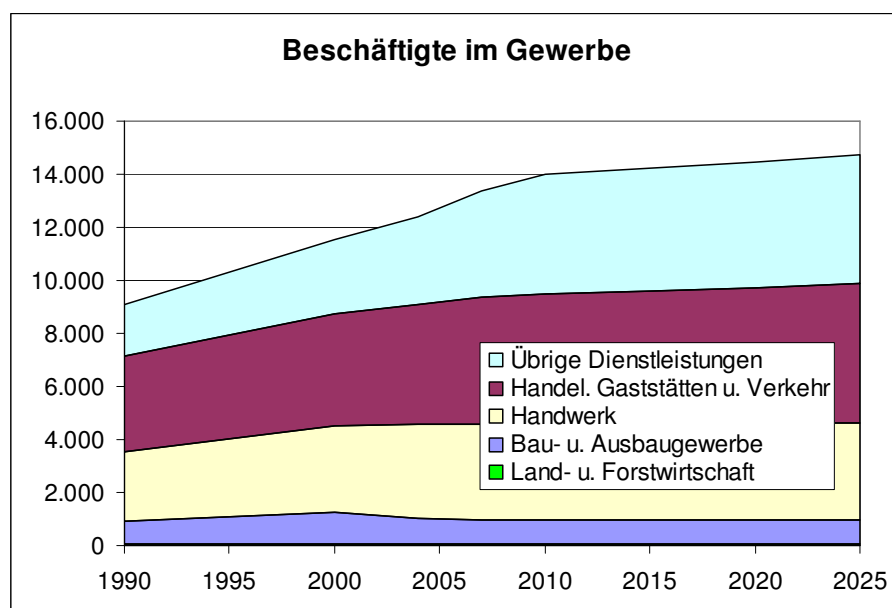


Abbildung 5.1-1 Sozialversicherungspflichtige am Arbeitsort Friedrichshafen

Die Entwicklung der Energiekennwerte (Endenergie) wird in der folgenden Abbildung dargestellt. Während der Stromkennwert zwischen 1990 und 2010 konstant geblieben ist, ist

<sup>5</sup> Barbara Schlomann et al: Energieverbrauch der privaten Haushalte und des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD), Fraunhofer ISI, Karlsruhe, Berlin, Nürnberg, Leipzig, München, April 2004 (<http://isi.fraunhofer.de/isi-de/e/projekte/122s.php>)

der Wärmekennwert um 20 % gesunken. Die Ursache hierfür liegt in der kontinuierlichen Verbesserung der Umwandlungswirkungsgrade zur Bereitstellung von Raum- und Prozesswärme sowie in der Umstellung von Heizöl auf Erdgas. Bis 2025 werden eine weitere Senkung des Wärmekennwerts und eine leichte Steigerung der Stromeffizienz erwartet.

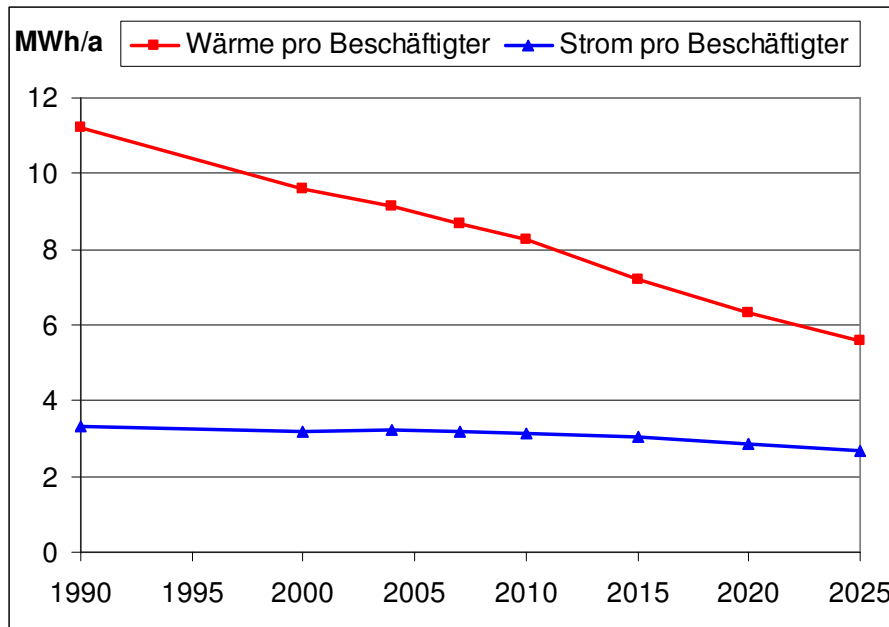


Abbildung 5.1-2 Entwicklung der Energiekennwerte GHD

## 5.2 Endenergieverbrauch im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen

Der Endenergieverbrauch im Sektor GHD ist zwischen 1990 und 2010 um 21 % gestiegen und beträgt im Jahr 2010 ca. 160 GWh/a. Im gleichen Zeitraum hat die Beschäftigtenzahl um 54 % zugenommen.

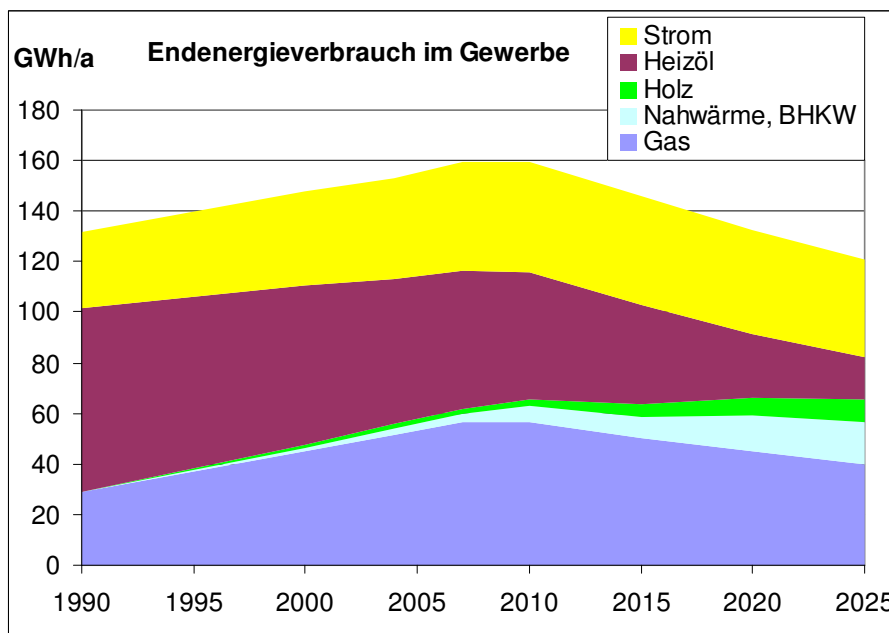


Abbildung 5.2-1 Entwicklung des Endenergieverbrauchs im GHD-Sektor

Für die Beschäftigung wurde ab 2010 ein geringeres Wachstum als in der Vergangenheit angenommen. Während die Beschäftigtenzahl zwischen 1990 und 2025 insgesamt um 62 % zunimmt, sinkt der Endenergieverbrauch im gleichen Zeitraum um 8 %. Dieses Szenario setzt konsequente Effizienzsteigerungsmaßnahmen voraus.

Der Erdgasanteil am Wärmeverbrauch ist seit 1990 von 29 % auf 49 % angestiegen. Es wird erwartet, dass der Erdgasanteil bis 2025 konstant bleibt. Absolut entspricht es einer Reduzierung des Gasverbrauchs um 30 % gegenüber 2010. 2025 erreichen Holz, Nahwärme und BHKW einen Anteil von 31 % am Wärmeverbrauch, während der Heizölanteil auf 20 % sinkt. Der Anteil des Stromverbrauchs am Gesamtenergieverbrauch steigt von ca. 28 % im Jahr 2010 auf ca. 32 % im Jahr 2025.

### 5.3 CO<sub>2</sub>-Emissionen im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen

Während die Beschäftigtenzahl zwischen 1990 und 2010 um 54 % gestiegen ist, haben die CO<sub>2</sub>-Emissionen um lediglich 6 % zugenommen. Ab 2010 wird mit einem kontinuierlichen Rückgang der CO<sub>2</sub>-Emissionen gerechnet. Trotz der steigenden Beschäftigtenzahl wird im Jahr 2025 das Reduktionsziel von -20 % überschritten.

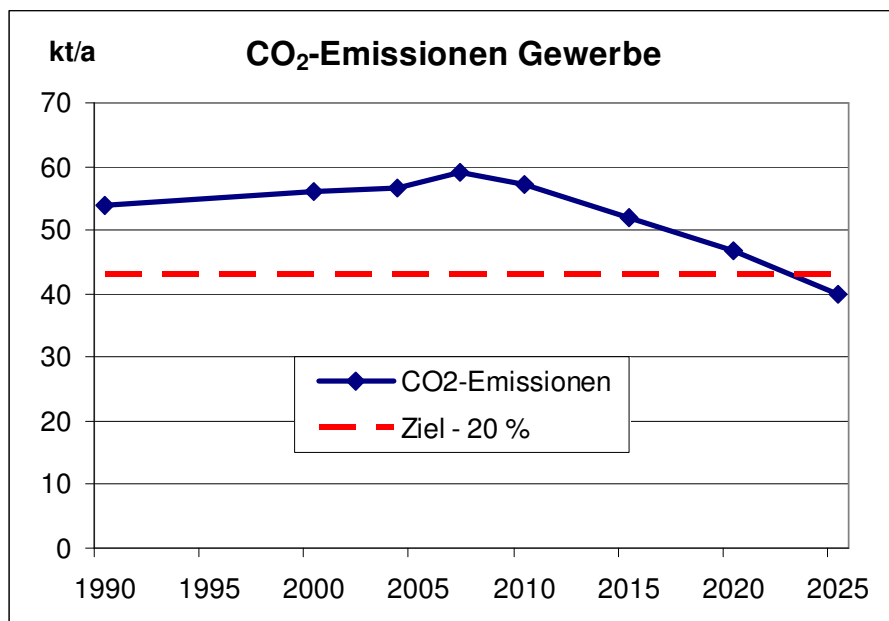


Abbildung 5.3-1 Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im GHD-Sektor



## 6 Ergebnisse für die Industrie

### 6.1 Strukturdaten zum Energieverbrauch in der Industrie

Der Sektor Verarbeitendes Gewerbe (Industrie) wird geprägt durch die großen Standorte von MTU, ZF und GF. Diese Großbetriebe haben zusammen ca. 13.000 Mitarbeiter und stellen damit 85 % im Bereich Verarbeitendes Gewerbe. Von 1990 bis 2000 war die Beschäftigung rückläufig. Von 2000 bis 2010 ist die Beschäftigung wieder gestiegen. Für die weitere Entwicklung wurde angenommen, dass die Beschäftigung in der Großindustrie konstant bleibt und in den anderen Unternehmen leicht rückläufig ist.

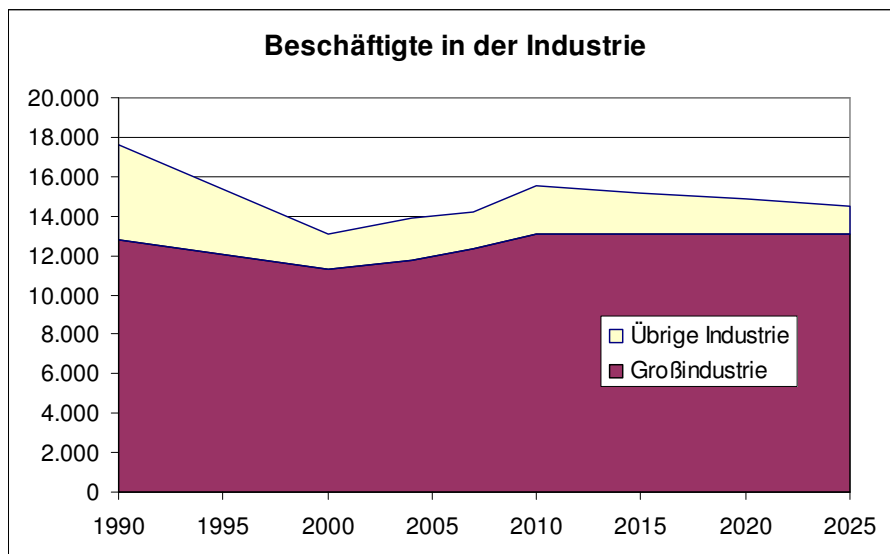


Abbildung 6.1-1 Entwicklung der Beschäftigung im Industriesektor

### 6.2 Endenergieverbrauch in der Industrie

Der Energieverbrauch der Großindustrie wurde direkt bei den Firmen MTU, ZF und GF abgefragt. Für die übrigen Industriebetriebe wurde der Energieverbrauch anhand der Verbrauchszahlen der TWF berechnet.

Der Endenergieverbrauch in der Industrie hat von 1990 bis 2007 um 57 % stark zugenommen. Dabei ist der Stromverbrauch überproportional um 87 % gestiegen, während der Brennstoffverbrauch nur um 39 % zugenommen hat. Bedingt durch die Wirtschaftskrise und/oder durch die Steigerung der Energieeffizienz in den Betrieben ist der Endenergieverbrauch seit 2007 um 11 % gesunken. Dabei ist der Stromverbrauch konstant geblieben, während der Wärmeverbrauch um 20 % gesunken ist.

Der Anteil des Stroms am Gesamtenergieverbrauch ist sehr hoch. Er ist von 1990 bis 2010 von 38 % auf 51 % angestiegen. Der Anteil von Heizöl und sonstigen Brennstoffen ist gegenüber Erdgas zurückgegangen. Der Anteil von Erdgas am Brennstoffverbrauch ist von 80 % auf 86 % gestiegen.

Bei ZF wird ein neues Gebäude über Energiepfähle (Erdwärme) beheizt. Die Menge ist allerdings so gering, dass sie in der Grafik nicht erkennbar ist.

Bei MTU wurde die im Jahr 2008 in Betrieb genommene Brennstoffzelle wieder stillgelegt. Seit 2000 werden Strom und Wärme über Kraft-Wärme-Kopplung produziert. Im Jahr 2010 wurden ca. 18 GWh Strom und 14 GWh Wärme erzeugt, das entspricht einem Anteil von 4,5 % am Gesamtenergieverbrauch der Industrie.

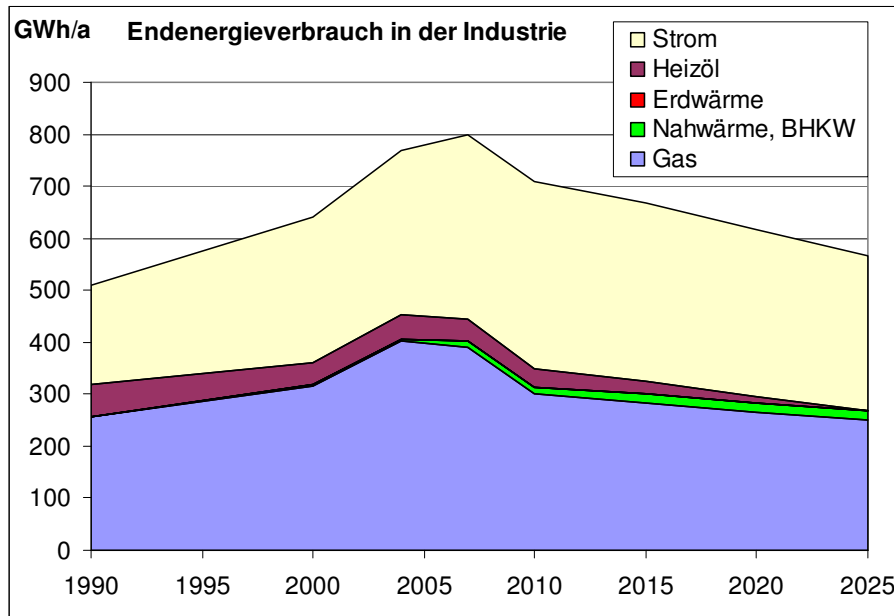


Abbildung 6.2-1 Endenergieverbrauch in der Industrie

Die Entwicklung des Energieverbrauchs und der Energieeffizienz in der Industrie ist nur sehr schwer vorhersehbar. Für die weitere Entwicklung bis 2025 wurde ein leichter Rückgang des Strom- und des Wärmeverbrauchs angenommen. Bis 2025 sinkt der Endenergieverbrauch um 20 % gegenüber 2010.

### 6.3 CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Industrie

Entsprechend dem Verlauf des Endenergieverbrauchs sind auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Industrie stark gestiegen. Der Anstieg zwischen 1990 und 2007 betrug insgesamt knapp 50 %. Zwischen 2007 und 2010 sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen um 11 % gesunken.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen sind etwas weniger stark angestiegen als der Endenergieverbrauch. Das liegt daran, dass der CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor der Stromproduktion in Deutschland gesunken ist (effizientere Kraftwerke, höherer Anteil Erneuerbare). Entsprechend den Annahmen für die weitere Entwicklung des Energieverbrauchs werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen zukünftig abnehmen und 2025 ungefähr das Niveau vom Jahr 1990 wieder erreichen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Beschäftigtem betragen 2010 durchschnittlich ca. 20 t/a. Der Wert ist damit von 13 t/a seit 1990 um 50 % gestiegen.

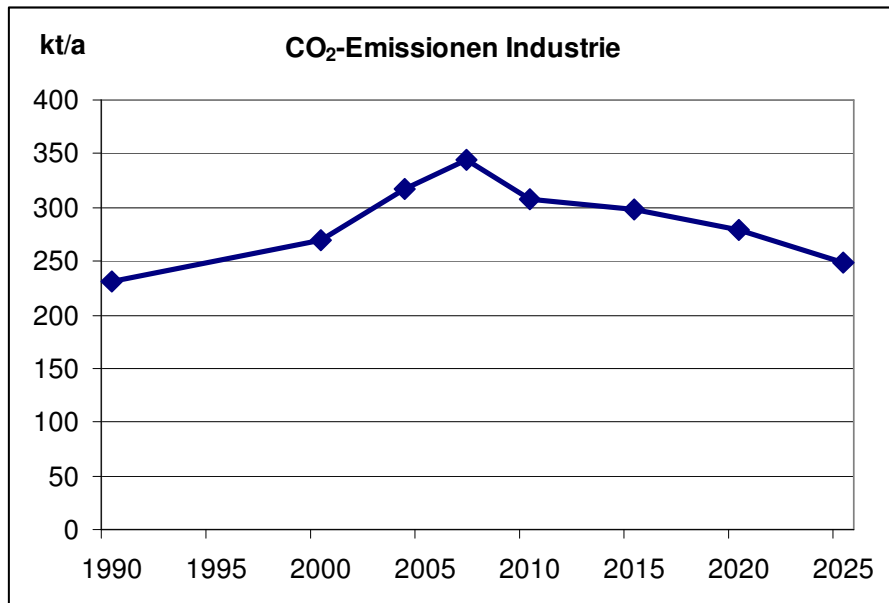


Abbildung 6.3-1 Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Industrie

Da Friedrichshafen eine überproportional große Industrieproduktion hat, sollten die Emissionen der Industrie teilweise den Nutzern außerhalb von Friedrichshafen zugeordnet werden. In Friedrichshafen beträgt der Anteil ca. 40 %. In Deutschland (ca. 28 %)<sup>6</sup> und in Baden-Württemberg (ca. 21 %)<sup>7</sup> sind die Anteile wesentlich geringer.

<sup>6</sup> <http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Energie/Statistik-und-Prognosen/Energiedaten/gesamtausgabe.html>

<sup>7</sup> <http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/UmweltVerkehr/Landesdaten/#EB>

## 7 Ergebnisse für den Verkehr

### 7.1 Strukturdaten zum Energieverbrauch im Verkehr

Die Abschätzung des Energieverbrauchs im Straßenverkehr beruht auf statistischen Angaben zum Fahrzeugbestand in Friedrichshafen und zu den Jahresfahrleistungen der einzelnen Verkehrsträger im Stadtgebiet Friedrichshafen. Für den Busverkehr liegen Passagieraufkommen und gefahrene Kilometer vor. Der Energieverbrauch im Straßenverkehr wird aus den Jahresfahrleistungen je Kraftfahrzeug und dem durchschnittlichen Treibstoffverbrauch berechnet.

Im Jahr 2010 betrug der Kraftfahrzeugbestand 36.551 (+18 % seit 1990) und davon 30.462 PKW (+12 % seit 1990). Die Senkung des PKW- und Kraftradbestandes im Jahr 2008 ist auf methodischen Gründen zurückzuführen (es werden nur noch angemeldete Fahrzeuge ohne vorübergehende Stilllegungen / Außerbetriebssetzungen gezählt). In der Kategorie LKW werden auch Zugmaschinen und übrige Kraftfahrzeuge gezählt. Die Senkung im Jahr 2006 liegt daran, dass Fahrzeuge mit besonderer Zweckbestimmung (Wohnmobile, Krankenwagen, Bestattungswagen und Beschussgeschützte Fahrzeuge) zu den Personenkraftwagen gezählt werden.

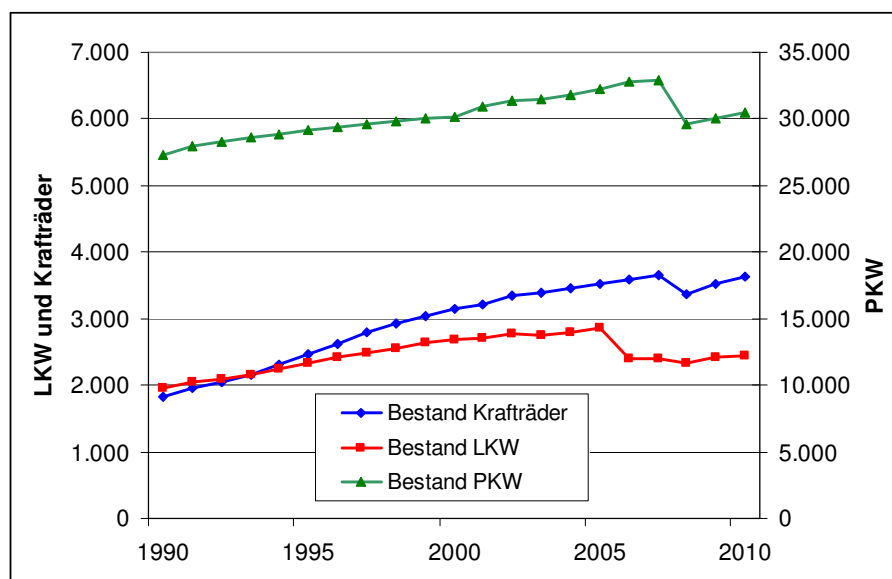


Abbildung 7.1-1 Kraftfahrzeugbestand (ab 2008: Nur noch angemeldete Fahrzeuge ohne vorübergehende Stilllegungen/Außerbetriebssetzungen), Quelle, StaLA Baden-Württemberg

Die Jahresfahrleistung der verschiedenen Verkehrsträger im Stadtgebiet Friedrichshafen ist seit 1990 kontinuierlich gestiegen. PKWs haben im Jahr 2010 einen Anteil von 92 % am Straßenverkehr. Für die Weiterentwicklung wurde angenommen, dass die Jahresfahrleistung der Krafträder und der LKWs konstant bleibt, während die Fahrleistung der PKWs sich bis 2025 um 15 % gegenüber 2010 verringert. Dies setzt eine konsequente Änderung des Mobilitätsverhaltens der Einwohner voraus.

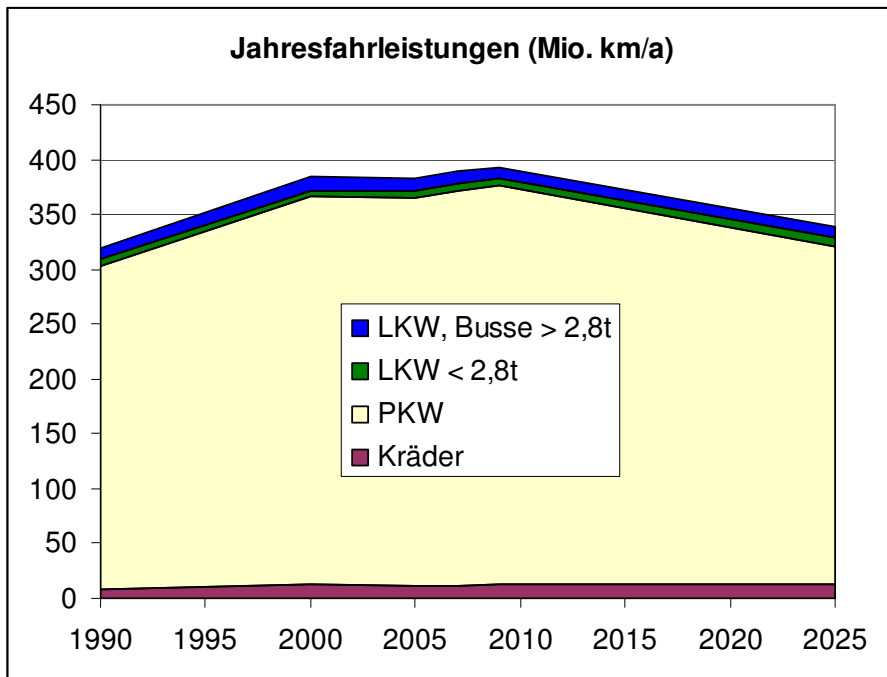


Abbildung 7.1-2 Jahresfahrleistungen im Stadtgebiet Friedrichshafen

Der spezifische Kraftstoffverbrauch sinkt seit 1990 kontinuierlich. Im Jahr 2025 wird ein Verbrauch von 16 l/100 km für LKWs, 6 l/100 km für benzinbetriebene PKWs, 5,5 l/100 km für Diesel-PKWs und 4,5 l/100 km für Krafträder erwartet.

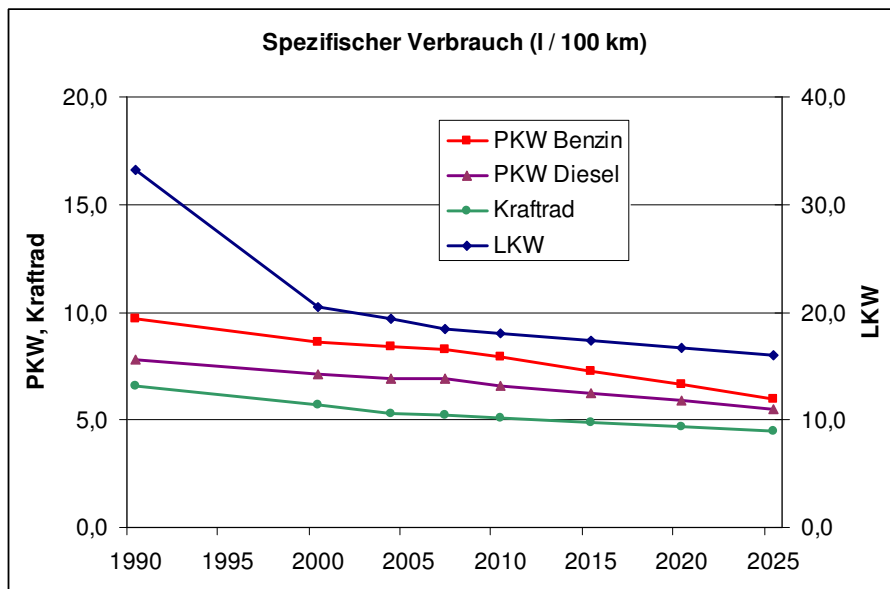


Abbildung 7.1-3 Spezifischer Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr

Die vom Flugverkehr am Flughafen Friedrichshafen verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen werden nicht gesondert berücksichtigt, sondern nur der über die Einwohnerzahl umgerechnete Anteil von Friedrichshafen am gesamten Flugverkehr in Deutschland. Der Energieverbrauch im Bahn und Binnenschiffsverkehr wird ebenfalls aus dem Verbrauch für Deutschland über die Einwohnerzahl auf Friedrichshafen umgerechnet.

Der Busverkehr hat sich seit 1990 positiv entwickelt (Quelle: Nachhaltigkeitsindikator A10, Nutzung des öffentlichen Personennahverkehrs).

		1990	2000	2004	2007	2010
Fahrleistung	1.000 km	390	1.195	1.518	1.449	1.508
Passagiere	1.000	550	2.577	3.369	3.488	3.594

2000 wurden im Vergleich zum Jahr 1990 3-mal so viele km gefahren (1,2 Mio. km) und ca. 5-mal so viele Passagiere befördert (2,6 Millionen). Bis 2004 wurde die Beförderungsleistung nochmals gesteigert. Seither ist die Situation ungefähr konstant.

## 7.2 Endenergieverbrauch im Verkehr

Der Endenergieverbrauch im Verkehr ist zwischen 1990 und 2000 um ca. 6 % gewachsen, zwischen 2000 und 2007 ungefähr konstant geblieben und seitdem leicht gesunken (-1,3 % zwischen 2007 und 2010). In Deutschland ist der Verbrauch bis 2000 um 16 % gestiegen, und seither um ca. 7 % zurückgegangen.

Aus Abbildung 7.2-1 wird ersichtlich, dass der Zuwachs durch den Luftverkehr verursacht wird (Verdopplung zwischen 1990 und 2010). Der Straßenverkehr ist von 1990 bis 2010 um 4 % zurückgegangen.

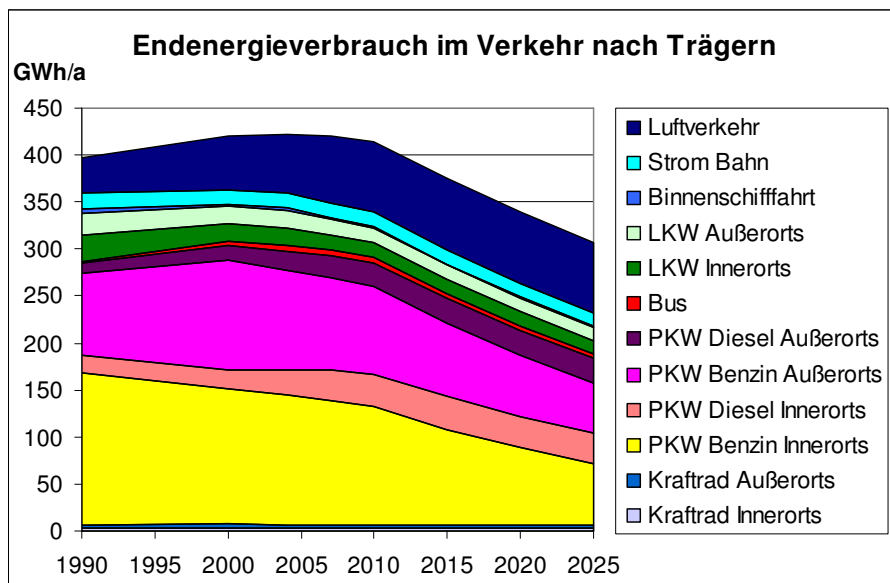


Abbildung 7.2-1 Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Verkehrsträgern

Der motorisierte Individualverkehr (MIV) hatte im Jahr 2010 einen Anteil von ca. 69 % am Gesamtenergieverbrauch im Bereich Verkehr. Der spezifische Verbrauch der PKW ist von 1990 bis 2010 stetig gesunken (-18 %). Der Gesamtverbrauch der PKW ist allerdings konstant geblieben. Die Anteile zwischen Benzin und Diesel haben sich dabei zugunsten von Diesel verschoben. LKW haben einen Anteil von 8 % am Gesamtenergieverbrauch. Die übrigen Verkehrsträger haben also insgesamt einen Anteil von etwa 25 %. Der Innerortsverkehr hat einen Anteil von 45 % am Energieverbrauch. Der Busverkehr hat nur einen Anteil von ca. 3 % am Treibstoffverbrauch innerorts.

Der Endenergieverbrauch des Verkehrs insgesamt pro Haushalt ist zwischen 1990 und 2010 von 7,3 MWh/a auf 7 MWh/a gesunken. Der Verbrauch für den MIV pro Haushalt ist von 5,2 MWh/a auf 4,8 MWh/a gesunken. Der Endenergieverbrauch der Haushalte pro Einwohner (ohne Verkehr) beträgt 7,8 MWh/a. Der Verkehr trägt also zusätzlich wesentlich zum Energieverbrauch jedes Haushalts bei.

Insgesamt wird der Energieverbrauch im Verkehr durch die Verringerung des spezifischen Verbrauchs und der Fahrleistungen weiter sinken. Es wird unterstellt, dass der Verbrauch im Luftverkehr dabei nicht nochmals wesentlich zunimmt.

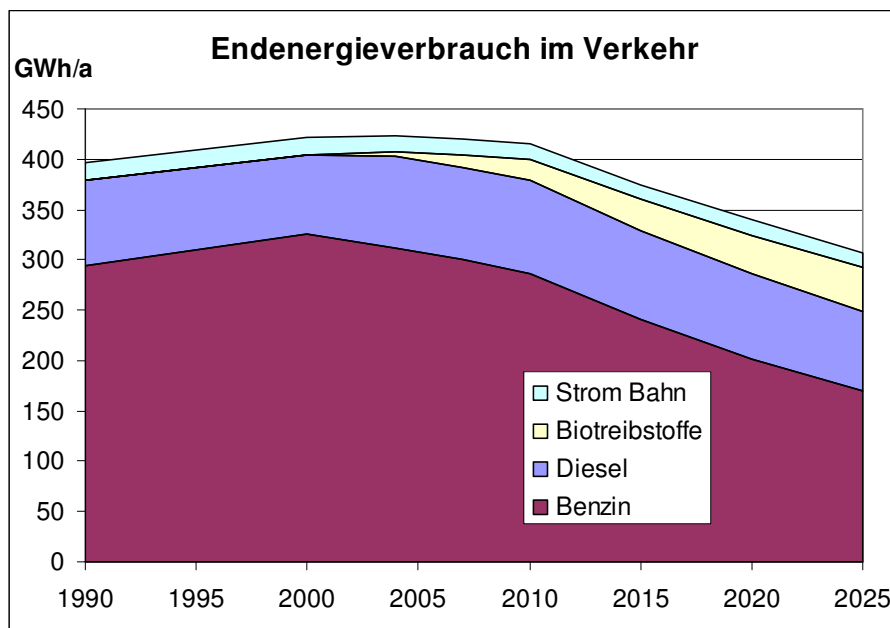


Abbildung 7.2-2 Endenergieverbrauch des Verkehrs nach Energieträgern

### 7.3 CO<sub>2</sub>-Emissionen im Verkehr

Trotz leicht steigenden Endenergieverbrauchs sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Verkehr durch den Einsatz von Biotreibstoffen von 1990 bis 2010 um 3 % gesunken. Den größten Anteil mit ca. 67 % hat der MIV. Der Anteil des Luftverkehrs ist von 8 % im Jahr 1990 auf 17 % im Jahr 2010 gestiegen.

Durch die Senkung des Endenergieverbrauchs und den verstärkten Einsatz von Biotreibstoffen wird bis 2025 eine Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 31 % gegenüber 2010 erwartet. Der Anteil der Biotreibstoffe wird im Jahr 2025 bei 12 % liegen. 2025 wird der Anteil des Luftverkehrs bei 22 % liegen, während der Anteil des MIV auf 57 % sinken wird.

Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß der Haushalte pro Einwohner (ohne Verkehr) betrug im Jahr 2010 ca. 2,6 t/a. Durch den MIV werden zusätzlich ca. 1,3 kt/a pro Einwohner erzeugt.

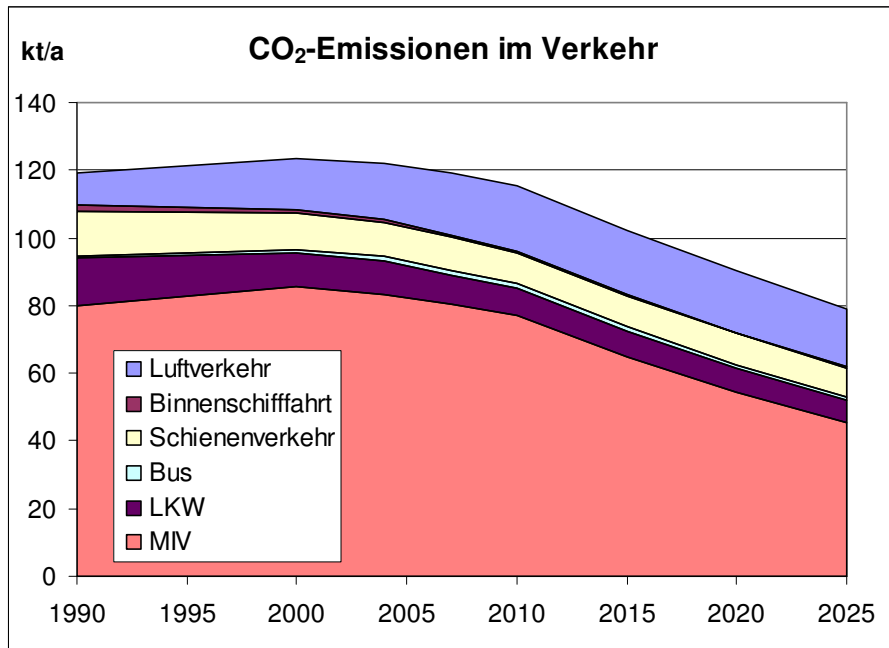


Abbildung 7.3-1 CO<sub>2</sub>-Emissionen im Verkehr



## 8 Methodik zur Berechnung der Energiebilanz

### 8.1 Bilanzierungsmethodik

Eine Energiebilanz erfasst und bilanziert alle Energieströme in einem abgeschlossenen System. Für die Stadt Friedrichshafen wurden die Systemgrenzen so festgelegt, dass alle im Stadtgebiet angesiedelten Verbraucher betrachtet werden. Die verwendete Methodik entspricht im Wesentlichen dem Territorialprinzip BUND, das vom IFEU im Praxisleitfaden „Klimaschutz in Kommunen“<sup>8</sup> definiert ist. Einzige Ausnahme ist der Bereich Verkehr, bei dem neben dem lokalen Straßenverkehr auch die durch Luft-, Bahn- und Schiffsverkehr verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen berücksichtigt werden.

Die Energiebilanz wird nach Energieträgern und Verbrauchsbereichen gegliedert. Jeder Verbrauchssektor ist durch spezielle Schwerpunkte bei Energienutzung und möglichen Verbesserungsmaßnahmen gekennzeichnet. Damit die Bilanz als Vergleichsbasis für die geplanten Verbesserungsmaßnahmen dienen kann, ist somit eine Aufteilung in die Verbrauchssektoren Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD), Stadt (öffentliche Liegenschaften), Industrie und Verkehr notwendig.

In der Energiebilanz werden alle Energieströme in Friedrichshafen verbucht. Für die Stromerzeugung müssen jedoch in den Kraftwerken außerhalb von Friedrichshafen wegen der Umwandlungsverluste wesentlich höhere Mengen an Brennstoffen eingesetzt werden. Diese Brennstoffmengen werden nicht berücksichtigt, gehen aber über den Emissionsfaktor für Strom in die CO<sub>2</sub>-Bilanz ein. Die Energieaufwendungen für die Bereitstellungen der Energieträger und den Bau und Abriss der Kraftwerke (Graue Energie) werden in der Energiebilanz nicht berücksichtigt. In der CO<sub>2</sub>-Bilanz sind diese Aufwendungen jedoch in den indirekten Emissionen enthalten.

Bei der Territorialbilanz BUND werden die Emissionen im Strombereich mit dem Bundesstrommix berechnet. Der lokale Emissionsfaktor für Strom aus erneuerbaren Energien oder KWK-Anlagen wird nicht verwendet, da diese Stromerzeugung in der Regel schon im Bundesstrommix erhalten ist. Ergänzend kann allerdings eine Bilanz mit dem lokalen Strommix berechnet werden, anhand dessen man einen Vergleich ziehen kann, ob und wie sich die Stromerzeugungsanlagen im Kommunengebiet im Vergleich zum Bundesstrommix positiver oder negativer auf den Klimaschutz auswirken.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen, die durch die lokale Wärmeerzeugung verursacht werden, werden den jeweiligen Endverbrauchern zugeordnet. Bei KWK-Anlagen wird der Emissionsfaktor der ausgekoppelten Wärme anhand der Exergie-Methode berechnet.

Der gesamte Energieverbrauch und die damit zusammenhängenden energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen werden der Stadt Friedrichshafen zugerechnet. Allerdings arbeiten in Friedrichshafen ca. 28.000 Beschäftigte, von denen ein großer Teil aus dem Umland einpendelt. Es findet also in gewissem Sinne ein Import von CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Friedrichshafen aus den umliegenden Gemeinden statt, in denen weniger Arbeitsplätze pro Einwohner verfügbar sind. Bei der Beurteilung der Kennzahlen zum Vergleich von

---

<sup>8</sup> <http://www.leitfaden.kommunaler-klimaschutz.de>

Friedrichshafen mit dem Standard in Baden-Württemberg oder Deutschland muss dies berücksichtigt werden.

## 8.2 Datengrundlage

Die Datengrundlage für die einzelnen Energieträger und Bereiche ist äußerst unterschiedlich. Prinzipiell liegen Verbrauchsangaben zu gelieferten und abgerechneten Energiemengen zumindest im jährlichen Zyklus bei jedem Verbraucher vor. Eine Abfrage dieser Daten bei den einzelnen Verbrauchern ist nicht möglich. Zusammengefasste Verbrauchszahlen liegen bei den Lieferanten leitungsgebundener Energien (Erdgas, Strom, Wärme) und nicht leitungsgebundener Energien (Heizöl, feste Brennstoffe Holz und Kohle, Flüssiggas) vor.

Bei den leitungsgebundenen Energien (Strom, Erdgas, Wärme) stellen die Technischen Werke Friedrichshafen die benötigten Daten bereit. Einen Anhaltspunkt über die Aufteilung des Verbrauchs auf die einzelnen Sektoren erhält man über die Tarifstruktur. Genaue Angaben sind allerdings nicht möglich, da die Tarife an Verbrauchsmengen orientiert sind. Betriebe aus dem Bereiche Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) beziehen oft Tarifstrom. Die Abgrenzung in den Sonderverträgen zwischen verarbeitendem Gewerbe (Industrie) und GHD ist nicht unbedingt gegeben.

Im liberalisierten Energiemarkt können zukünftig auch bei leitungsgebundenen Energien weitere Lieferanten auftreten, so dass ggf. auch hier eine aufwändigere Datenerhebung notwendig sein wird. Für die Energiebilanz 2010 konnten die TWF nicht alle Daten über die Strom-Durchleitungen nachweisen.

Bei den nicht leitungsgebundenen Energien gibt es eine größere Anzahl von Lieferanten, bzw. beim Holz wird in vielen Fällen selbst geschlagenes Holz eingesetzt. Eine Abfrage der Daten wurde nicht durchgeführt, da zum Einen die einzelnen Lieferanten nicht bekannt sind, und zum Anderen die Lieferanten nicht nur Friedrichshafen beliefern und somit eine Eingrenzung auf Friedrichshafen bei jedem Lieferanten einen hohen Aufwand bedeutet hätte.

Bei der Erstellung der Bilanz treten also erhebliche Lücken im Datenmaterial auf. Der Gesamtverbrauch ist nicht bekannt, da insbesondere der Heizöl- und Holzverbrauch nur sehr aufwändig erfasst werden können. Die Verbrauchsstruktur ist für die Zwecke der Energiebilanz nicht ausreichend bekannt, da die Zuordnung der Tarife zu Sektoren nur sehr ungenau vorgenommen wird. Die Lücken im Datenmaterial können also nur über die Verwendung von allgemeinen Statistiken und Kennzahlen geschlossen werden.

## 8.3 Simulationsmodell

Bei der Erstellung der Bilanz wurde prinzipiell nach folgendem Schema gearbeitet: Berechnung des Endenergieverbrauchs eines Sektors anhand von verfügbaren statistischen Angaben (z. B. Einwohner, Wohnfläche, Beschäftigte oder Beheizungsstruktur der Haushalte) und Literatur-Kennwerten (z. B. spezifischer Heizwärmebedarf pro Wohnfläche, Nutzungsgrad von Ölheizungen oder Stromverbrauch pro Beschäftigter). Dieser berechnete Endenergieverbrauch wird mit den vom Energieversorger TWF angegebenen Verbrauchsdaten abgeglichen. Die Datengrundlage an statistischen Daten und Kennzahlen wird so lange überprüft und verfeinert, bis berechneter Verbrauch und tatsächlicher Verbrauch möglichst gut übereinstimmen. Zusätzlich werden die Ergebnisse mit globalen Kennzahlen, z. B. dem Endenergieverbrauch pro Kopf, dem Stromverbrauch pro Kopf oder

dem Endenergieverbrauch der Haushalte pro Haushalt in Baden-Württemberg und Deutschland verglichen.

Für die Berechnung wurde ein Simulationsmodell aufgebaut. Das Modell für Friedrichshafen umfasst ca. 150 Umwandlungsprozesse (z. B. Gebäudetypen, Heizungsanlagen, BHKW) und ca. 60 Energieträger und interne Bilanzierungspunkte. Das Modell berechnet die Energiebilanz für die Sektoren und Energieträger in guter Übereinstimmung mit den Verbrauchsdaten für 1990 und 2000 bis 2010. Eine absolute Genauigkeit ist weder möglich noch ist sie nötig für den Zweck als Vergleichsbasis für die Verfolgung der Projektfortschritte, da hier ein differenzieller Unterschied zum Vorjahr im Rahmen des Gesamtverbrauchs ausreichend ist.

Mit dem Simulationsmodell kann für jedes Jahr der Energieverbrauch berechnet werden, indem die benötigten Basisdaten fortgeschrieben werden. Im Bereich Haushalte müssen dafür z. B. die Bevölkerungsanzahl und die Wohnfläche nach Gebäudetypen eingegeben werden. Dabei können auch Strukturänderungen wie die Sanierung von Gebäuden, der Bau von Niedrigenergiehäusern und die Ausrüstung mit Solaranlagen berücksichtigt werden.

Das Modell liefert folgende Ergebnisse:

- Endenergieverbrauch nach Sektoren und Energieträgern
- Umwandlungseinsatz und Umwandlungsausstoß der lokalen Energieerzeugungsanlagen
- Endenergieverbrauch nach Nutzenergiearten und Sektoren (die Aufteilung der Energieanwendung auf die Nutzenergiearten Raumwärme, Warmwasser, Prozesswärme, Mechanische Energie, Beleuchtung, Information/Kommunikation erfolgt entsprechend von Literatur-Kennwerten)
- CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen nach Sektoren, Energieträgern und Nutzenergiearten für direkte und indirekte CO<sub>2</sub>-Emissionen (im CO<sub>2</sub>-Äquivalent werden begleitende Emissionen von Methan und Stickstoffoxid im Bezug auf die Treibhausgaswirkung berücksichtigt; indirekte Emissionen betreffen Emissionen aus Vorleistungen wie Förderung, Aufbereitung und Transport von Energieträgern und den Bau der Energieerzeugungsanlagen)