



ifeu -  
Institut für Energie-  
und Umweltforschung  
Heidelberg GmbH



# Bilanzierung der Endenergie und CO<sub>2</sub>-Emissionen der Stadt Heidelberg bis 2006

**Kurzbericht**

im Auftrag der Stadt Heidelberg

ifeu-Institut für Energie- und  
Umweltforschung Heidelberg GmbH  
Lothar Eisenmann  
[ifeu@ifeu.de](mailto:ifeu@ifeu.de)

Heidelberg, April 2008

mit finanzieller Unterstützung von:



## Inhalt

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Einleitung .....</b>   | <b>3</b>  |
| <b>2</b> | <b>Leistungsgebundene Energieversorgung.....</b>                      | <b>4</b>  |
| 2.1      | Entwicklung der Endenergie .....                                      | 5         |
| <b>3</b> | <b>Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen .....</b>                | <b>5</b>  |
| <b>4</b> | <b>Betrachtung einzelner Sektoren.....</b>                            | <b>8</b>  |
| 4.1      | Private Haushalte .....   | 8         |
| 4.2      | Universität, Universitätsklinikum und Öffentliche Einrichtungen ..... | 9         |
| 4.2.1    | Universität und Universitätsklinikum .....                            | 10        |
| 4.2.2    | Städtische Gebäude .....  | 11        |
| 4.3      | Gewerbe und Industrie .....   | 12        |
| <b>5</b> | <b>Erneuerbare Energie .....</b>                                      | <b>12</b> |
| 5.1      | Einführung .....  | 12        |
| 5.2      | Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien .....                        | 12        |
| 5.3      | Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien .....                        | 13        |
| 5.4      | Ausblick .....  | 14        |

## 1 Einleitung

Das ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH wurde von der Stadt Heidelberg damit beauftragt, eine CO<sub>2</sub>-Bilanzierung für den Energiebereich der Stadt Heidelberg bis zum Jahre 2006 zu erstellen.

Aufbauend auf der Bilanzierung für die Jahre 1987, 1993, sowie 1999 bis 2002 wurde die Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanzierung für die Stadt Heidelberg im Energiebereich für die Jahre 2003, 2004, 2005 und 2006 erstellt. Die Bilanzierung wurde auf Grundlage folgender Daten bearbeitet:

- Energieverbrauchsdaten der Stadtwerke Heidelberg nach den Sektoren Private Haushalte, Industrie, Öffentliche Gebäude (plus städtische Gebäude, Universität), Gewerbe und Sonstiges
- Daten des Energie-Controllings vom Umweltamt
- Allgemeine Daten für Heidelberg (Bevölkerungsentwicklung, Beschäftigtenentwicklung, Wohnfläche) vom Amt für Statistik
- Witterungsdaten der Stadtwerke Heidelberg bzw. des Deutschen Wetterdienstes
- Daten des statistischen Landesamtes zum Energieverbrauch der Industrie.

Die Daten wurden auf einheitliche Energiewerte (Kilowattstunden) umgerechnet sowie witterungskorrigiert. Es wurden in Abstimmung mit der Stadt Heidelberg die bereits für frühere Bilanzen verwendeten CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren zu Grunde gelegt, um eine Vergleichbarkeit mit den Vorjahren zu gewährleisten. Für den Strom wurde zum Vergleich der Bundesmix für die Jahre 2004, 2005 und 2006 nach Berechnungen des IFEU-Instituts herangezogen.

Für Heizöl stehen außer bei den städtischen Gebäuden und beim Uni-Kraftwerk keine direkten Verbrauchsdaten zur Verfügung. Weder werden Statistiken zu Heizölverbräuchen für das Stadtgebiet Heidelberg geführt, noch können die einzelnen Heizöllieferanten Daten zu verkauften Mengen auf Heidelberger Stadtgebiet liefern. Deshalb beruhen die Ergebnisse für die CO<sub>2</sub>-Emissionen, die durch den Einsatz von Heizöl entstehen, auf Modellrechnungen mit umfangreichen Berechnungen im Gebäudebestand und Umfragen in Industrie und Gewerbe, die durch Daten zur Substitution von Heizanlagen der Stadtwerke Heidelberg fortgeführt werden.

Im Folgenden wird die Entwicklung des Endenergieverbrauchs sowie der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Heidelberg wiedergegeben. In den einzelnen Kapiteln werden die einzelnen Sektoren „Private Haushalte“, „Gewerbe, Industrie“ und „Öffentliche Einrichtungen“ gesondert betrachtet. Im Sektor „Öffentliche Einrichtungen“ wurden die städtischen Gebäude sowie die Universität noch einmal speziell untersucht.

Erstmals wurde auch die auf Heidelberger Stadtgebiet produzierte Energie (Strom und Wärme) aus erneuerbaren Energiequellen bilanziert. Die Untersuchung zur Situation der erneuerbaren Energien in Heidelberg basiert auf einer umfangreichen Datenrecherche. Grundlage bilden Erzeugungs- und Verbrauchsdaten der Stadtwerke Heidel-

berg (SWH) sowie Leistungs- und Ertragsdaten von unterschiedlichen Anlagen zur regenerativen Energiegewinnung vom Umweltamt der Stadt. Weitere Quellen waren das städtische Forstamt und das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA). Neben der Auswertung statistischer Quellen wurden Gespräche mit einer Reihe von Experten und Akteuren im Bereich erneuerbare Energien in der Region (z.B. KliBA, Neckar AG) geführt, und so die Datenlage abgerundet. Die erneuerbaren Energien werden in Kapitel 5 behandelt.

## 2 Leitungsgebundene Energieversorgung

Das folgende Diagramm zeigt die Entwicklung der leitungsgebundenen Energieträger Erdgas, Fernwärme und Strom in Heidelberg.

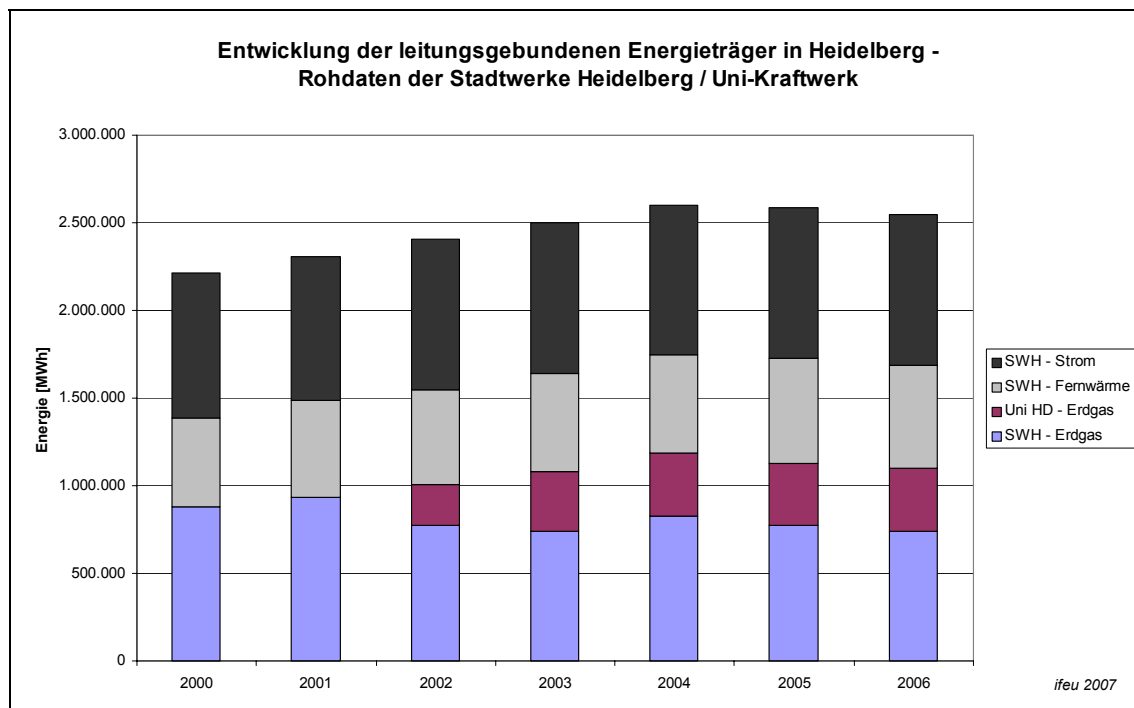


Abb. 1: Entwicklung der leitungsgebundenen Energieträger Erdgas, Fernwärme und Strom in Heidelberg (nicht witterungskorrigiert). Ab 2002 beginnen die Lieferungen von Erdgas für das Uni-Kraftwerk im Neuenheimer Feld. Quelle: Daten der Stadtwerke Heidelberg und der Firma HEC GmbH

Im Jahr 2002 wurde ein Kraft-Wärme-Kälte-gekoppeltes Kraftwerk der Universität in Betrieb genommen. Es wird nicht mehr über die Stadtwerke Heidelberg mit Erdgas versorgt, sondern über einen anderen Anbieter. Man erkennt eine deutliche Steigerung des Energiebezugs der Gesamtstadt um 15 Prozent von 2000 bis 2006. Dabei ist zu berücksichtigen, dass mit der Gasversorgung des Universitäts-Kraftwerkes die Produktion von Fernwärme und -kälte für die Gebäude der Universität sowie Strom verbunden ist, der ins Stromnetz eingespeist wird. Hierdurch werden wesentlich höhere Energieverbräuche in Kraftwerken außerhalb Heidelbergs vermieden. Dies wurde in der CO<sub>2</sub>-Bilanz berücksichtigt. In Kap. 4.2.1 wird dies detaillierter erläutert.

## 2.1 Entwicklung der Endenergie

Aus Abb. 2 geht die Entwicklung der Endenergie in Heidelberg hervor. Der Verbrauch an Endenergie steigt von 1987 bis 2006 um insgesamt 15 Prozent. Der Scheitelpunkt wird im Jahr 2004 mit über 18 Prozent Steigerung im Vergleich zu 1987 erreicht. Seitdem ist der Endenergieverbrauch wieder um 3 Prozent zurückgegangen. Dieser Peak zeigt sich auch in den Absatzdaten der Stadtwerke Heidelberg in Abb. 1.

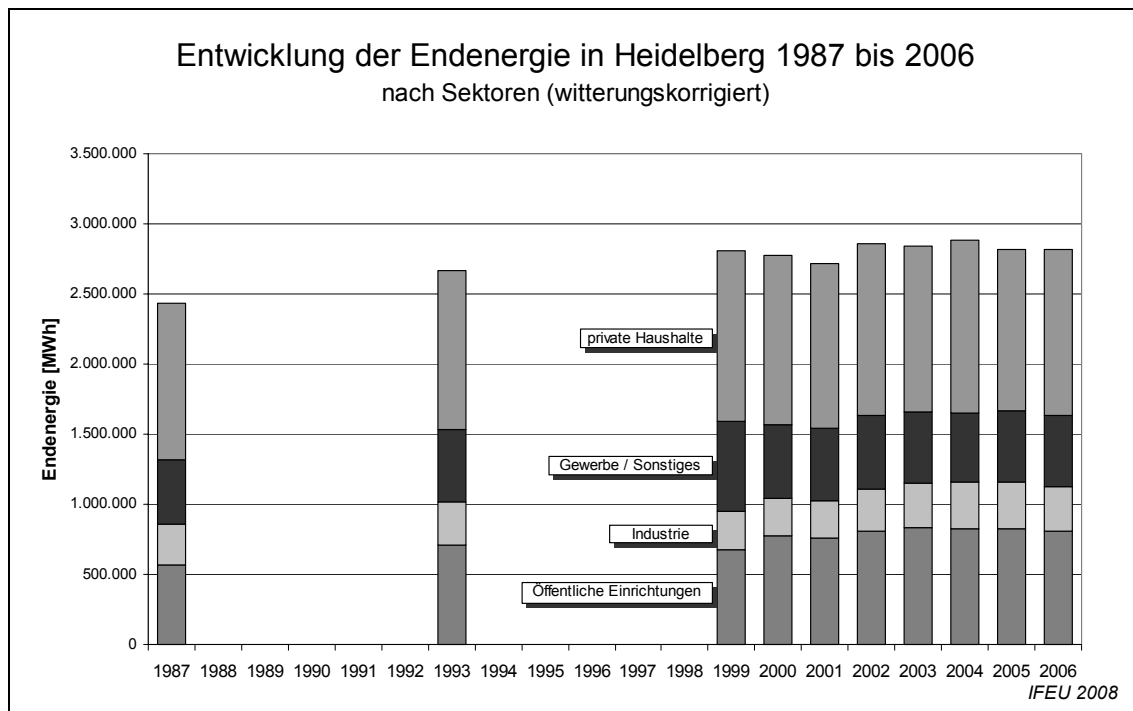


Abb. 2: Entwicklung der Endenergie in Heidelberg von 1987 bis 2006 nach Sektoren

## 3 Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen

In der Abb. 3 wird die Entwicklung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Stadt Heidelberg von 1987 bis 2006 gezeigt. Die Emissionen steigen im Vergleich zu 1987 bis zum Jahr 2002 um ca. 7% und gehen bis zum Jahr 2006 wiederum um 3 Prozent zurück, sodass sich eine Steigerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von 1987 bis 2006 um 4 Prozent ergibt. Der Anstieg der CO<sub>2</sub>-Emissionen ist deshalb deutlich geringer als der Anstieg der Endenergie, weil zum einen CO<sub>2</sub>-Emissionen vermieden werden durch Energieträgersubstitutionen zugunsten der Fernwärme mit geringeren spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen. Andererseits wurde durch die Inbetriebnahme des Uni-Kraftwerkes mit Kraft-Wärme-Kälte-Auskopplung im Jahr 2002 der Brennstoff Gas deutlich besser ausgenutzt als in den Jahren zuvor.

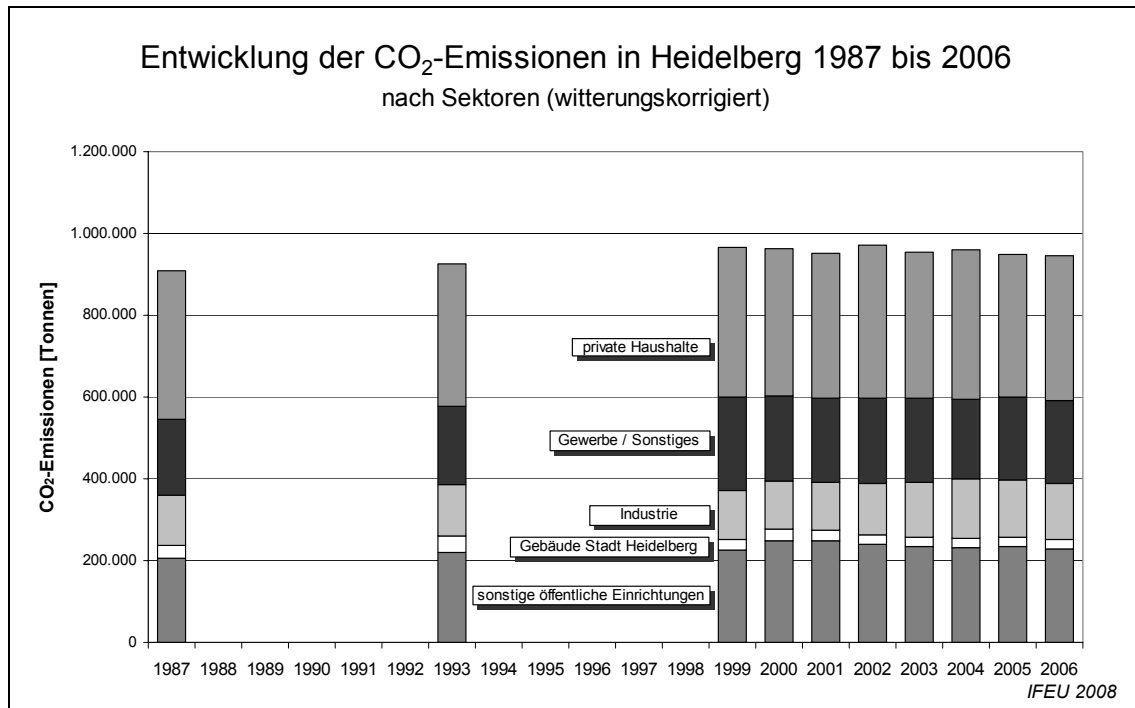


Abb. 3: Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Heidelberg von 1987 bis 2006 nach Sektoren

Im Rahmen der Bilanzierung für die Stadt Heidelberg wurde in der Vergangenheit in Übereinkunft mit Stadtwerken Heidelberg und Stadt Heidelberg ein fester Emissionsfaktor für Strom angesetzt. Hintergrund war die Überlegung, vor allem die Veränderungen in der Stadt stärker im Blick zu haben und Änderungen im gesamtdeutschen Stromnetz weitgehend auszublenden. Durch den bundesweiten massiven Zubau erneuerbarer Energien wie Windkraft, Wasserkraft, Biomasse und Solarenergie hat sich der Emissionsfaktor für den bundesweiten Strommix in den letzten Jahren nach unten entwickelt. So wurde im Jahr 2007 bereits ein Anteil von 14 Prozent des Strom regenerativ erzeugt. Um den Einfluss dieser Entwicklung auch für die Stadt Heidelberg deutlich zu machen, wurde aus verfügbaren Daten die CO<sub>2</sub>-Emissionen, die mit der Stromproduktion verbunden sind, in den Jahren 2004 bis 2006 berechnet. Rechnet man mit diesen Daten, so verändern sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Stadt Heidelberg gegenüber dem festen CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor. Insgesamt gehen die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Jahre 2004 bis 2006 im Vergleich mit der Abb. 3 auf Seite 6 mit festem Emissionsfaktor für Strom um etwa 2 Prozent zurück.

Abb. 4 zeigt diese alternative Entwicklung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Stadt Heidelberg von 1987 bis 2006. Die Emissionen steigen im Vergleich zu 1987 bis zum Jahr 2002 um ca. 7% und gehen bis zum Jahr 2006 wiederum um ca. 5% zurück, sodass sich eine Steigerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von 1987 bis 2006 um 2 Prozent ergibt.

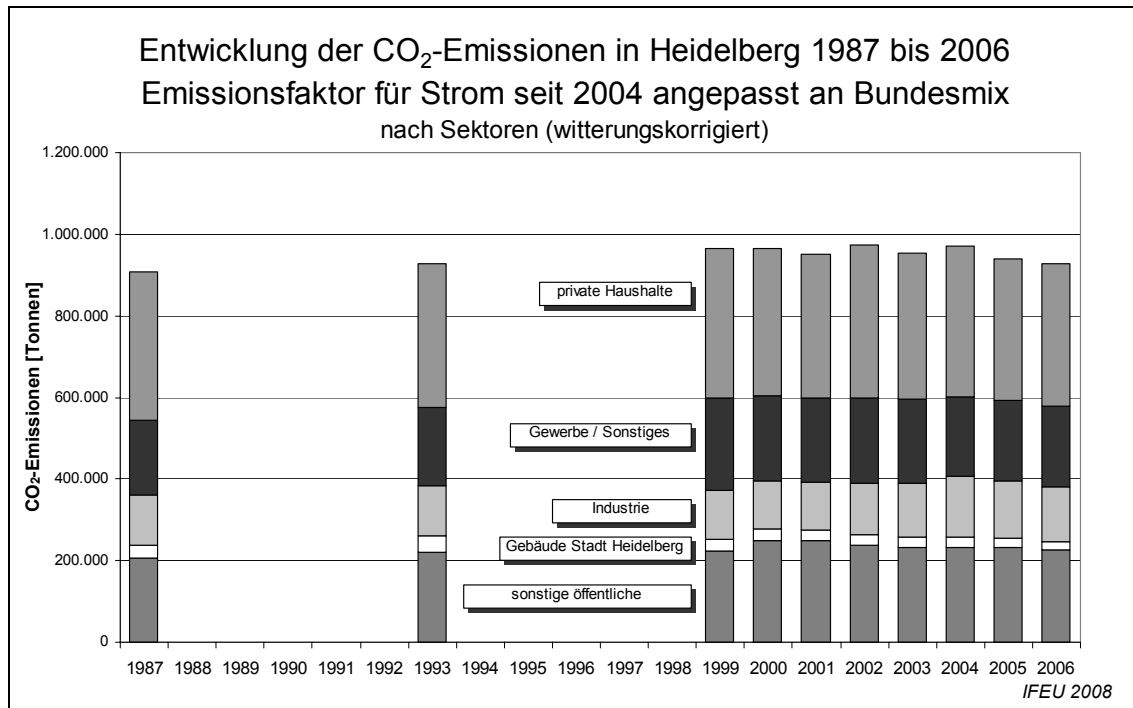


Abb. 4: Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Heidelberg von 1987 bis 2006 nach Sektoren, seit 2004 berechnet mit aktuellen Stromemissionsfaktoren für den Bundesmix. Quelle: Eigene Berechnungen

Diese stärkere Verminderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen resultiert aus der Berechnung mit aktuellen Emissionsfaktoren für die Stromerzeugung in Deutschland ab dem Jahre 2004. Durch den Ausbau erneuerbarer Energien und die vermehrte Einspeisung des Stroms aus erneuerbaren Energiequellen verbessert sich der Strommix Deutschlands und führt so zu einer Verminderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Für das Jahr 2006 ergibt sich die in Abb. 5 gezeigte Aufteilung in Sektoren und Energieträger.

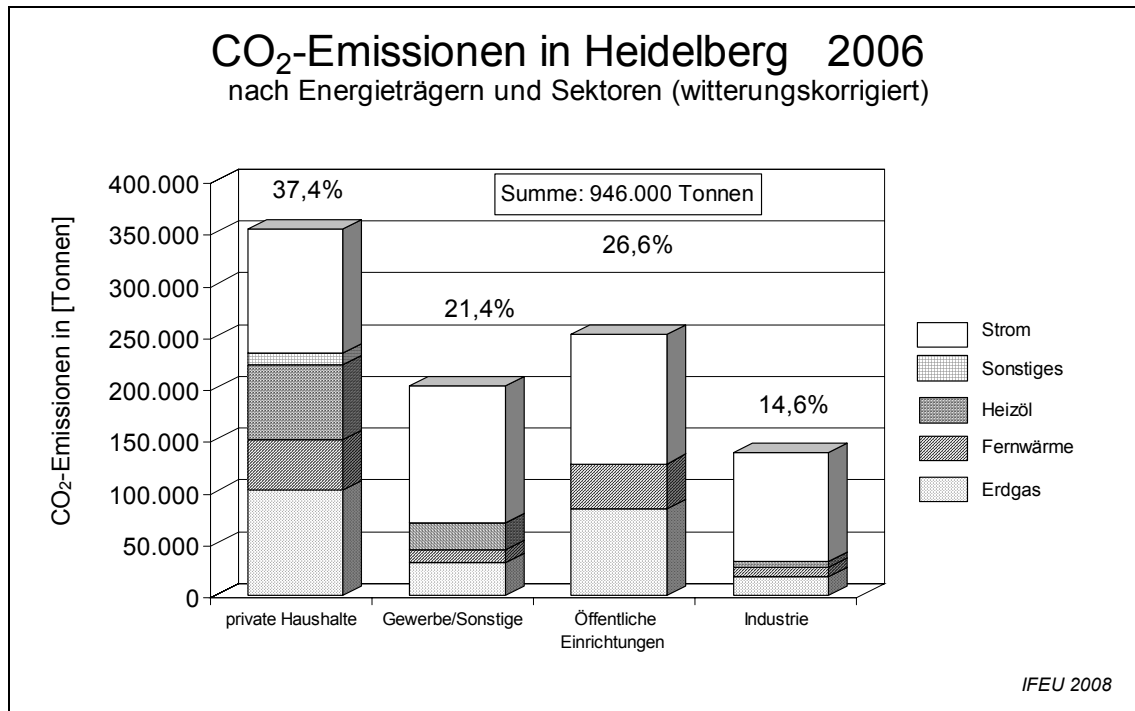


Abb. 5: CO<sub>2</sub>-Emissionen in Heidelberg 2006 nach Sektoren und Energieträgern

## 4 Betrachtung einzelner Sektoren

### 4.1 Private Haushalte

Der Endenergieverbrauch der privaten Haushalte umfasst im Jahr 2006 mit 1.179 MWh 41% des Endenergieverbrauchs in Heidelberg, bildet also den größten Sektor noch vor den öffentlichen Einrichtungen mit einem Anteil von 29%.

Insgesamt sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen der privaten Haushalte von 1987 bis 2006 annähernd gleichgeblieben. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Wohnfläche in Heidelberg im gleichen Zeitraum um fast 18 Prozent gewachsen ist. Differenziert man weiter in strombedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen und CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Heizwärme, stellt man fest, dass es einerseits eine Zunahme der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Strombereich von fast 22 Prozent gibt. Dies korreliert mit dem tatsächlichen Stromverbrauch, da der Emissionsfaktor von 1987 bis 2006 gleich gehalten wurde. Demgegenüber sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Heizwärme um fast 7 Prozent gefallen. Bezieht man sich auf die Wohnfläche von 1987, zeigt sich eine spezifische Minderung der wärmebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen bei den privaten Haushalten um 20 Prozent.

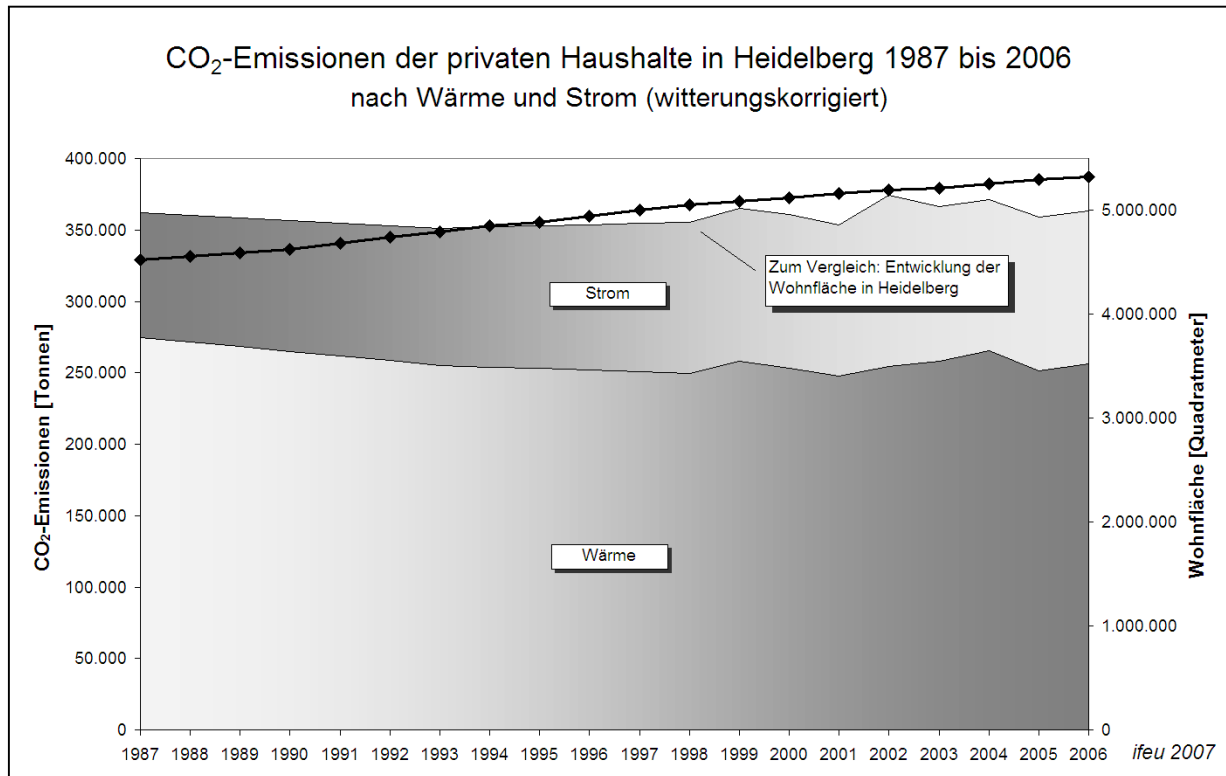


Abb. 6: CO<sub>2</sub>-Emissionen der privaten Haushalte in Heidelberg 1987 bis 2006 nach Wärme und Strom

## 4.2 Universität, Universitätsklinikum und Öffentliche Einrichtungen

Zu den öffentlichen Einrichtungen zählen alle öffentlichen Gebäude auf dem Stadtgebiet Heidelberg. Dazu gehören die Universität, die Landesgebäude sowie die städtischen Gebäude. Auch die Einrichtungen der US-Army zählen zu den öffentlichen Einrichtungen. Die Abb. 7 zeigt die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen dieses Sektors.

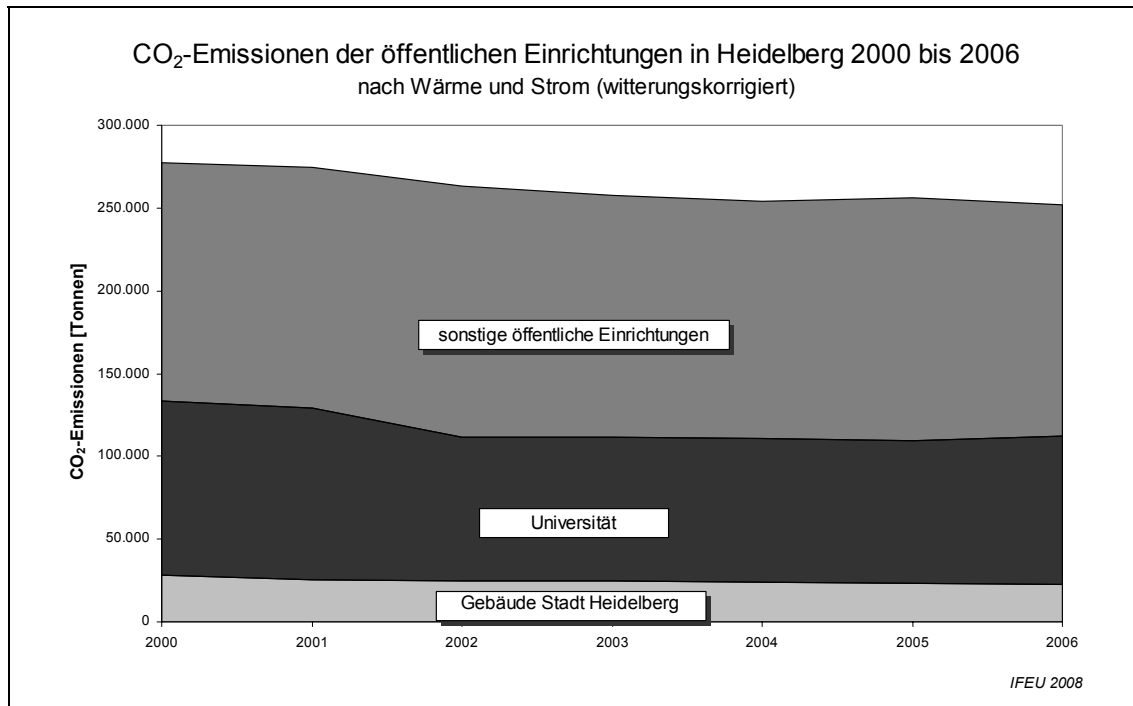


Abb. 7: CO<sub>2</sub>-Emissionen des Sektors öffentliche Einrichtungen 2000 bis 2006

#### 4.2.1 Universität und Universitätsklinikum

Trotz zahlreicher Neubauten im Bereich der Universität und des Uni-Klinikums ist es gelungen, die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Universität zu senken. Dies liegt zum einen an der Inbetriebnahme eines Kraftwerkes im Jahr 2002, das kraft-wärme-kälte-gekoppelt arbeitet, und die Gebäude im Bereich des Neuenheimer Feldes versorgt. Bei dieser Betriebsweise wird der Brennstoff Erdgas und eine geringe Menge Heizöl besonders gut ausgenutzt. Das Kraftwerk liefert Wärme, Kälte und Strom. Dies muss bei der Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen berücksichtigt werden, da die Universität einerseits Strom verbraucht, das Kraftwerk andererseits Strom erzeugt und ins Netz einspeist. Im vorliegenden Fall wurde eine Input/Output-Rechnung des Kraftwerkes durchgeführt, was im Ergebnis dazu führt, dass die produzierte Strommenge gutgeschrieben wurde. So werden im wesentlichen die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Gaseinsatzes wirksam, was sich insgesamt in einer Emissionsminderung bemerkbar macht.

Gleichzeitig wurden auch verschiedene Projekte zur Energieeinsparung an der Universität umgesetzt, was insgesamt dazu führt, dass die bauliche Erweiterung überkompensiert wird, und zu einer Emissionsminderung der Universität von etwa 15 Prozent im Zeitraum 2000 bis 2006 führt.

## 4.2.2 Städtische Gebäude

Die größten Einsparungen bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen haben sich in der Vergangenheit bei den städtischen Gebäuden ergeben. Dieser Trend setzt sich auch in den letzten Jahren fort. So sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen von 1987 bis 2006 um fast 30 Prozent zurückgegangen. Bezogen auf die Emissionsspitze im Jahr 1993 beträgt der Rückgang bis zum Jahr 2006 sogar 42 Prozent. Der Rückgang lässt sich auf das Zusammenwirken verschiedener Maßnahmen zurückführen:

- Das über viele Jahre konsequent durchgeführte Energiemanagement.
- Sanierungsmaßnahmen, die sowohl den Wärme- als auch den Strombereich betreffen. In den letzten Jahren sind dies besonders Beleuchtungssanierungen, die mit modernen Standards den Strombedarf stark verringern.
- Das Nutzerverhalten trägt zu einem sparsamen Betrieb der Gebäude, vor allem der Schulen bei.
- Neubauten wurden mit hohen Anforderungen an den Wärmeschutz realisiert, die der Energiekonzeption 2004 entsprechen.

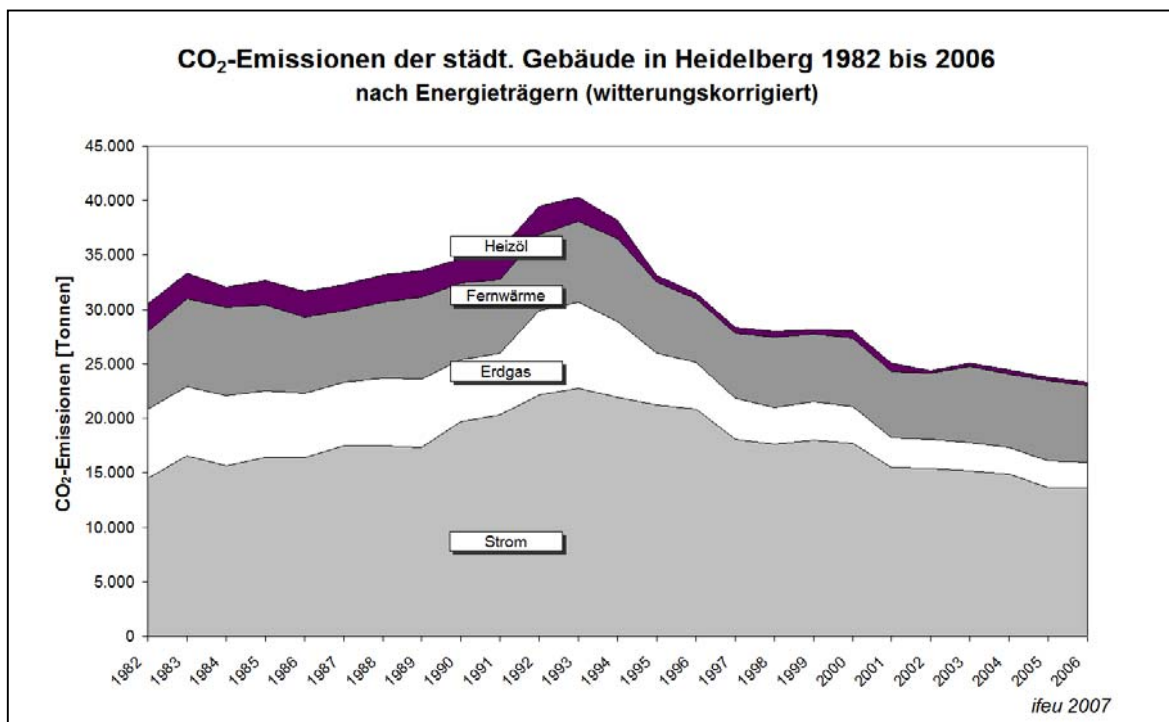


Abb. 8: Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Gebäude der Stadt Heidelberg

### 4.3 Gewerbe und Industrie

Für die Sektoren Gewerbe und Industrie hat sich im Laufe der Jahre herausgestellt, dass die genaue Abgrenzung problematisch ist, welche Verbräuche den jeweiligen Sektoren zuzuordnen ist. So besteht eine gewisse Durchlässigkeit, wenn zum Beispiel Betriebe mit der Zeit wachsen oder schrumpfen. Außerdem haben sich entsprechenden Statistiken und Zuordnungen im Zeitraum 1987 bis 2006 mehrfach geändert. Betrachtet man die beiden Sektoren zusammen, ergibt sich eine Steigerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen um ca. 10 Prozent im Zeitraum 1987 bis 2006. Auf diese Entwicklung ist der Einfluss der Stadt Heidelberg relativ begrenzt. So profitieren die Bürger der Stadt Heidelberg durch wachsende Wirtschaftleistung in Form von Arbeitsplätzen. Mit verschiedenen Projekten wie zum Beispiel dem „Nachhaltigen Wirtschaften“ oder der „Stromeinsparung im Gewerbe“ konnten spezifische CO<sub>2</sub>-Minderungen erreicht werden, die den Gesamtanstieg der CO<sub>2</sub>-Emissionen gedämpft haben.

## 5 Erneuerbare Energie

### 5.1 Einführung

Die erneuerbaren Energien spielen bei der Strom- und Wärmeerzeugung eine zunehmend bedeutende Rolle. Bundesweit lag ihr Anteil im Jahr 2006 im Wärmebereich bei 6 Prozent und im Strombereich bei 12 Prozent. Naturgemäß liegen die Anteile in Städten niedriger als der Durchschnitt, denn hier ist der Energieverbrauch hoch, ohne dass in der Regel die Erzeugungskapazitäten vorhanden sind. Diese liegen schwerpunktmäßig in Norddeutschland (Wind), an großen Flüssen (Wasser) und in ländlich geprägten Gebieten (Biomasse).

In Heidelberg wurden 2006 insgesamt etwa 776 GWh Strom und 2.037 GWh Wärme aus erneuerbaren Energien erzeugt. Umgerechnet bedeutet das einen Anteil von 6,5 Prozent am gesamten Stromverbrauch und 2,3 Prozent am Wärmeverbrauch.

Die Wärmeerzeugung gestaltet sich facettenreich mit Biomasse als wichtigstem Energieträger. Damit wird in Heidelberg der Verteilung im Bundesschnitt entsprochen, wenn auch auf niedrigerem Niveau. Bei der Stromerzeugung gibt es in Heidelberg als Stadt am Fluss einen deutlichen Schwerpunkt auf der Wasserkraft. Die Anteile von Biogas und Fotovoltaik entsprechen in etwa dem Bundesmix. Der Biogasanteil ist allerdings für einen städtischen Raum sehr hoch. Windkraft, die 2006 in Deutschland einen Anteil von etwa 5 Prozent ausmacht, fehlt in Heidelberg komplett.

### 5.2 Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien

Eine nähere Betrachtung der Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien zeigt in Heidelberg den starken Anteil der Biomasse, insbesondere der Holzhackschnitzel. Dies

liegt vor allem am Heizwerk der Eternit AG in Heidelberg-Rohrbach mit einer Leistung von 2,5 MW<sub>th</sub>. Allerdings stammen die Holzhackschnitzel nicht aus dem Heidelberger Stadtwald, aus dem immerhin fast 4000 Festmeter Brennholz entnommen wurden, das einen Anteil von etwa 20 Prozent der regenerativen Wärmeerzeugung ausmacht. Das entspricht in etwa der Wärmemenge, welche die vier mit Biogas betriebenen Blockheizkraftwerke auf Heidelberger Gemarkung liefern. Dagegen spielen Erdwärmepumpen, Solarthermieanlagen und private Biomasseanlagen nur eine untergeordnete Rolle.

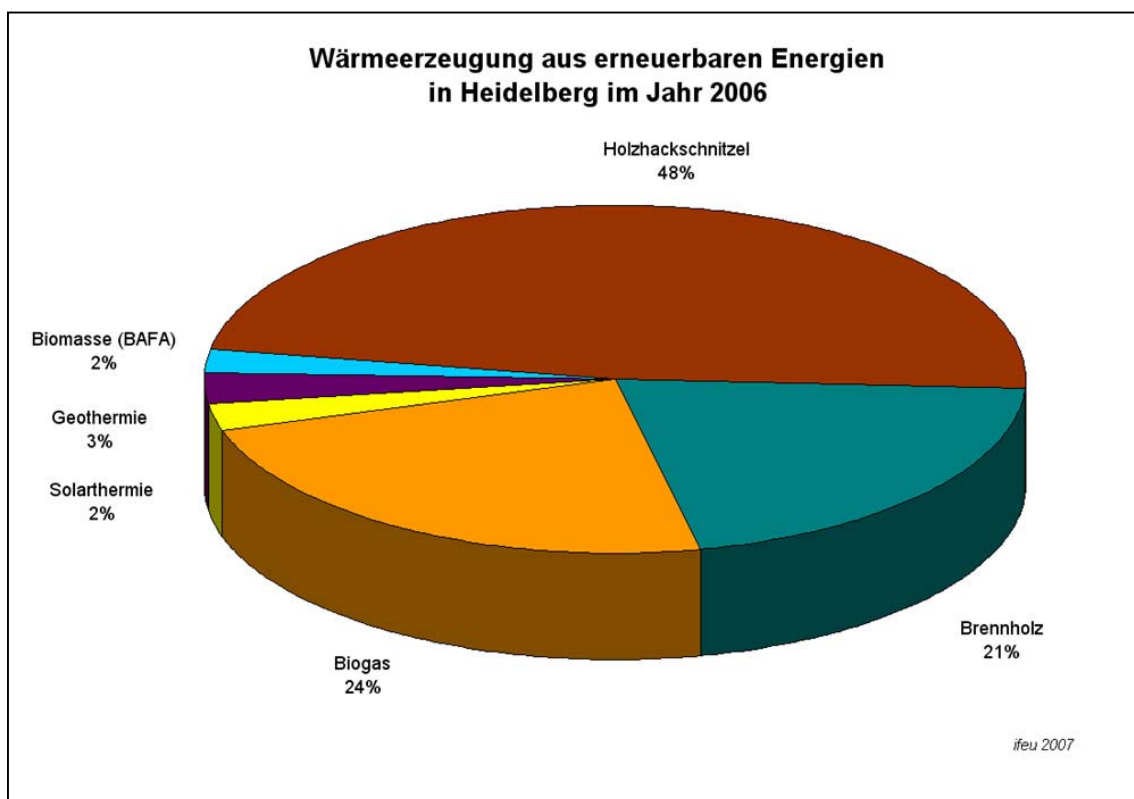


Abb. 9: Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien in Heidelberg im Jahr 2006

### 5.3 Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien

Die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Heidelberg beschränkt sich auf die drei Segmente Wasserkraft, Biogas und Fotovoltaik. Dabei nimmt die Wasserkraft mit den drei Kraftwerken der Neckar AG sowie dem privaten Kraftwerk in Wieblingen eine herausragende Stellung ein. Der Anteil von über 5 Prozent am gesamten Stromverbrauch liegt sogar über dem Bundesmix. Aber auch Biogas und Fotovoltaik kommen im Vergleich auf gute Anteile am gesamten Stromverbrauch. Dass der gesamte Anteil der erneuerbaren Energien bei der Stromerzeugung dennoch „nur“ etwa bei der Hälfte des Bundesdurchschnitts liegt, ergibt sich aus dem Fehlen der Windkraft.

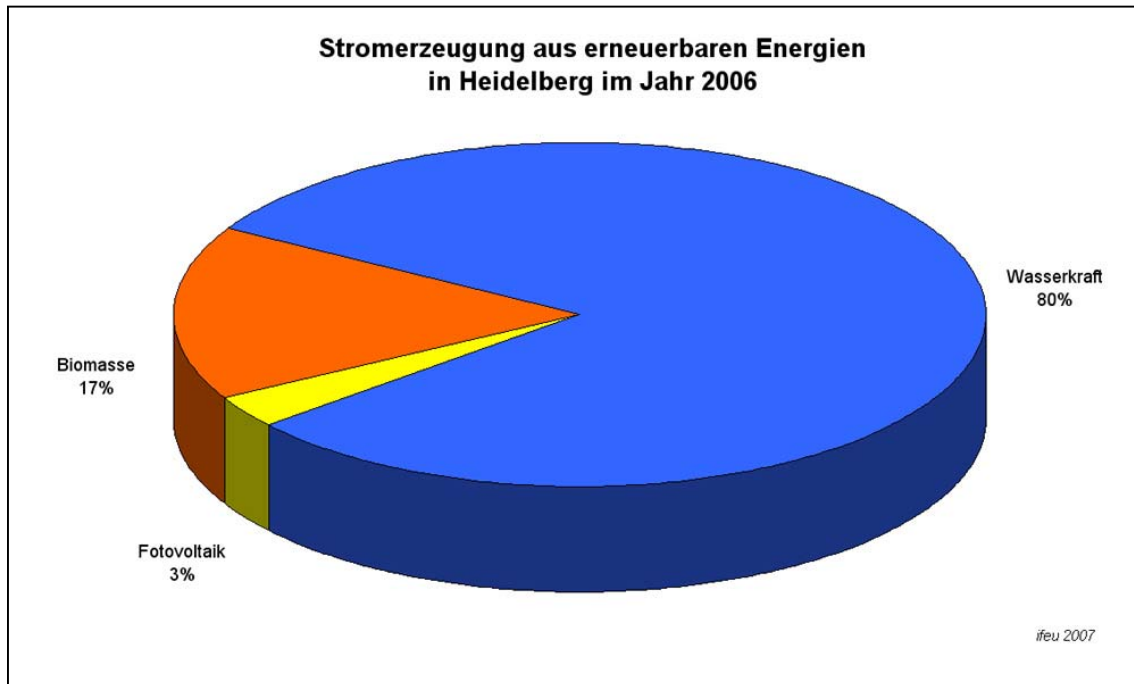


Abb. 10: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Heidelberg im Jahr 2006

## 5.4 Ausblick

In den meisten Bereichen der Strom- und Wärmeproduktion aus erneuerbaren Energien ist in den nächsten Jahren kaum Änderung oder nur ein moderater Anstieg zu erwarten. Die Potenziale der Wasserkraft und der Brennholzentnahme aus dem Stadtwald sind schon jetzt weitgehend ausgereizt. Anstiege in den Bereichen Solarthermie und Photovoltaik sind aber möglich.

Eine gravierende Veränderung könnte sich durch Pläne ergeben, weitere Heizkraftwerke auf Biomassebasis zu errichten und ans Netz zu bringen. Dadurch könnte die Wärme- und Stromproduktion deutlich gesteigert werden.

Es ist geplant, eine Bohrung zur Nutzung der Tiefengeothermie auf Heidelberger Stadtgebiet zu unternehmen. Bei erfolgreichem Ausgang und Bau eines entsprechenden Kraftwerks wird sich die Wärme- und Stromproduktion aus erneuerbaren Energien in Heidelberg stark erhöhen.