

# Klimaschutzkonzept Sindelfingen

Michael Nast (Projektleitung), Martin Pehnt  
Institut für Technische Thermodynamik  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Helmut Böhnisch, Christel Linkohr, Helmut Seul  
Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung  
Baden-Württemberg (ZSW)

Stuttgart, März 2001



<b>1</b>	<b>SINDELINGEN HEUTE</b>	<b>1</b>
1.1	Strukturdaten von Sindelfingen	2
1.2	Wärmebedarf der Wohngebäude	4
1.2.1	Grundlagen der Wärmebedarfsberechnung	4
1.2.2	Raumwärmebedarf der Gebäudetypen	6
1.2.3	Gebäudezählung	9
1.2.4	Raumwärmebedarf für alle Wohngebäude	11
1.2.5	Energiebedarf für die Warmwasserbereitung	14
1.2.6	Endenergiebedarf für die Wärmeversorgung der Wohngebäude	14
1.3	Der Energieverbrauch des Industrie- und Dienstleistungssektor	18
1.3.1	Industrie	19
1.3.2	Kleinverbrauch	23
1.3.3	Energiekosten	29
1.3.4	Städtische Gebäude und Liegenschaften	31
1.3.5	DaimlerChrysler	36
1.4	Verkehr	37
1.5	Die Energie- und Schadstoffbilanz Sindelfingens	38
1.5.1	Endenergiebilanz	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
1.5.2	Bilanz der Treibhausgase	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
1.5.3	Bilanz der Luftschadstoffe	43
<b>2</b>	<b>ANSATZPUNKTE FÜR EINEN VERBESSERTEN KLIMASCHUTZ</b>	<b>47</b>
2.1	Energieerzeugung und -umwandlung	47
2.1.1	Heizkraftwerk von Daimler	47
2.1.2	Auskopplung von Fernwärme aus dem HKW von Daimler	49
2.1.3	Wesentliche Merkmale einer klimaverträglichen Wärmeversorgung	54
2.1.4	Dezentrale Nahwärme und Kraft-Wärme-Kopplung	55
2.1.5	Dezentrale Nahwärme und erneuerbare Energien	60
2.1.6	Maßnahmen zur Steigerung der Akzeptanz von Nahwärme	64
2.1.7	Erneuerbare Energien	67
2.1.8	Brennstoffzellen	75
2.2	Energieverbrauch	79
2.2.1	Verbesserte Wärmedämmung im Gebäudebestand	79
2.2.2	Rationelle Energienutzung	91
2.3	Ehemaliges Flughafengelände	97
2.4	Lokale kommunale Energieagenturen	101
2.5	Kosten, Potenziale und Umsetzungsprobleme im Vergleich	103

<b>3</b>	<b>EMPFOHLENE MAßNAHMEN BIS 2005</b> .....	<b>106</b>
	M 1: Fernwärmeauskopplung aus Heizkraftwerk von DaimlerChrysler .....	106
	M 2: Erdgas-BHKW in Sindelfingen-Eichholz .....	107
	M 2a: Anschluss der GHS Eichholz an Nahwärmenetz; siehe Maßnahme 2 .....	108
	M 3: Holzheizwerk in Maichingen-Landhaussiedlung (Zeitpunkt nach 2005) .....	109
	M 4: Verbesserung der Akzeptanz von Nah- und Fernwärme in der Bevölkerung....	110
	M 5: Nutzung von dänischem Know-how bei Verlegung von Nahwärmeleitungen in Vororten .....	111
	M 6: Vorschalten von Gasturbinen im Heizkraftwerk von Daimler .....	112
	M 7: Gründung einer lokalen kommunalen Energieagentur .....	113
	M 8: Systematische Erfassung des Energiebedarfs aller öffentlichen Gebäude und Einrichtungen .....	114
	M 9: Verbesserung der Wärmedämmung von öffentlichen Gebäuden .....	115
	M 10: Zusätzliche Anreize für Wärmedämmmaßnahmen in den Baualters- klassen C, D und E .....	116
	M 11: Herkunft der Stromlieferungen offen legen .....	117
	M 12: Benchmarking für Unternehmen .....	119
	M 13: Unterstützung von mittelständischer Industrie und Kleinverbrauch bei intelligenter Energienutzung .....	120
	M 13a: Organisation einer Veranstaltung zur intelligenten Energienutzung .....	122
	M 14: Solarthermisches Demonstrationsprojekt .....	123
	M 15: PV-Anlagen auf öffentlichen Dächern .....	124
	M 16: Nutzung der Windenergie .....	125
<b>4</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>126</b>
<b>5</b>	<b>LITERATUR</b> .....	<b>129</b>

# Klimaschutzkonzept Sindelfingen

## 1 Sindelfingen heute

Sindelfingen ist ein international bekannter Technologie- und Produktionsstandort, wichtiges Zentrum für Handel und Dienstleistungen und attraktiver Wohnort zugleich. Zum Wohle heutiger wie kommender Generationen hat sich Sindelfingen einer ökologisch, sozial und ökonomisch nachhaltigen Entwicklung im Sinne der Agenda 21 verschrieben und will insbesondere eine wirkungsvolle kommunale Klimaschutzpolitik betreiben.<sup>1</sup>

Bereits 1994 trat Sindelfingen dem Klimabündnis bei, dessen Mitgliedskommunen eine Halbierung ihrer CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2010 anstreben. Engagierte Bürger bildeten daraufhin 1995 die Arbeitsgruppe Klima und erarbeiteten in ehrenamtlicher Tätigkeit für die Stadt ein „Grobkonzept Energie“ /Bernauer 1996/, in welchem überzeugend gezeigt wird, was die vom Klimabündnis geforderte CO<sub>2</sub>-Einsparung von 50 % konkret bedeuten kann. 1998 wurde in Zusammenarbeit zwischen Bürgern, Verwaltung und Gemeinderat das Stadtleitbild Sindelfingen 2000 plus entwickelt. Für eine zukunftsfähige Entwicklung wurden dabei wirtschaftliche, soziale und ökologische Belange gleichermaßen berücksichtigt. Das Leitbild wurde im März 1999 vom Gemeinderat verabschiedet. Es wird in den kommenden Jahren und Jahrzehnten die Sindelfinger Stadtentwicklung bestimmen. Für den Klimaschutz sind dabei folgende im Leitbild formulierte Maßnahmen und Projektvorschläge von Bedeutung:

- Vielfältige Vorschläge zur wirksamen Verbesserung der Verkehrsbedingungen für den Fahrradverkehr.
- Verbesserung des ÖPNV, insbesondere die Anbindung Sindelfingens an das S-Bahnnetz der Stuttgarter Region.
- Nachverdichtung der bereits bebauten Flächen.
- Vergabe und Umsetzung eines Energiekonzepts, möglichst unter Einbeziehung des DaimlerChrysler-Heizkraftwerks. (Dieses Energiekonzept liegt hiermit vor.)
- (Freiwillige) Vereinbarungen von Stadt, öffentlichen Einrichtungen, Betrieben und Privatpersonen u.a. über Energiesparmaßnahmen.
- Stadt tritt bei Energieeinsparungen als Vorbild und Partner auf. Beispielsweise soll ein kommunales Beratungsangebot und ein Förderprogramm für ökologische Privatinvestitionen wie Sonnenkollektoren geschaffen werden.
- Einführung eines kommunalen Öko-Audits zur Bewertung und Verbesserung des kommunalen Umweltschutzes.

Die Randbedingungen für die Verwirklichung der anspruchsvollen Klimaschutzziele haben sich durch die Gründung der Stadtwerke Sindelfingen GmbH Anfang 1999 verbessert. Die neue Leitung bringt u.a. reiche professionelle Erfahrung beim wirtschaftlichen Betrieb von Blockheizkraftwerken mit. Hier sind in Sindelfingen Defizite aufzuarbeiten, da die drei bisher in Sindelfingen verfolgten BHKW-Projekte aus unterschiedlichen aber vermeidbaren Gründen eher zu den Misserfolgen gezählt werden müssen. Dies wird für weitere Nahwärmeprojekte in Wohnsiedlungen, wie sie auch in dem vorliegenden Energiekonzept empfohlen werden, zusätzliche Akzeptanzprobleme zur Folge haben.

Der Aufbau des Fernwärmenetzes und der Anschluss von Großverbrauchern ist im letzten Jahr zügig voran geschritten. Die hierfür benötigten Wärmemengen werden aus dem Heizkraftwerk von DaimlerChrysler ausgekoppelt. Hiermit wird bereits ein merklicher Beitrag zum Klimaschutz geleistet.

Die Stadt hat für 17 Gebäude, meist Schulen, die Heidelberger Contracting Firma GA-tec mit dem Energie-Controlling beauftragt. Allein durch die Online-Ermittlung der momentanen Verbraucherdaten und deren Rückmeldung an die betroffenen Hausmeister wird auf Grund

---

<sup>1</sup> Stadtleitbild 2000 plus

von den resultierenden Verhaltensänderungen eine Energieeinsparung von mindestens 10 % erwartet. Zukünftige bauliche Verbesserungen des Wärmeschutzes sollen für die nächsten Stufen des Energie-Controllings geprüft werden.

## 1.1 Strukturdaten von Sindelfingen

Für die Erstellung und Bewertung eines Klimaschutzkonzeptes ist ein Überblick über die wichtigsten Eckwerte der Kommune sowie die zugehörigen Entwicklungstendenzen erforderlich. Als Datenquelle wurden überwiegend die Veröffentlichungen des Statistischen Landesamtes herangezogen.<sup>2</sup> **Tabelle 1.1** zeigt die wichtigsten Eckwerte.

**Tabelle 1.1: Eckwerte für Sindelfingen**

	<b>Einheit</b>	<b>Eckwert</b>	<b>Bemerkung</b>
Bevölkerung	Anzahl	60.766	Stand 1999, Verdopplung seit 1960
Versicherungspflichtig Beschäftigte	Anzahl	53.791	1998, Rückgang seit 1991 um 22 %
Beschäftigte insgesamt	Anzahl	ca. 63.500	keine genauen Daten verfügbar
Kraftfahrzeuge	Anzahl	39.392	1999, davon 90 % Pkw
Gemarkungsfläche	ha	5.085	1997, davon 41 % Wald
Viehhaltung	GV	ca. 900	1996, davon 759 Stck. Rindvieh
Wohngebäude	Anzahl	8.389	1999
Wohnungen (WE)	Anzahl	26.657	1999, einschl. WE in Nichtwohngebäuden
Zubau	WE/a	330	Mittelwert der letzten 10 Jahre
Wohnfläche	1.000 m <sup>2</sup>	2.205	1999, Quelle: Volkszählung, Baufertigstellung, 0,1 % jährlicher Abgang berücksichtigt

### Bedeutung von DaimlerChrysler

Der weit überdurchschnittliche Anteil von Arbeitsplätzen im produzierenden Gewerbe ist allein auf DaimlerChrysler zurückzuführen. Auch heute noch entfallen mehr als die Hälfte aller Beschäftigten in Sindelfingen auf diesen Arbeitgeber. 1987 während der Volkszählung lag der Anteil noch bei 60 %. Wegen der singulären Bedeutung dieser Firma werden in diesem Klimaschutzkonzept DaimlerChrysler und der Rest der Stadt Sindelfingen stets getrennt behandelt und ausgewiesen.

### Pendler und Kraftfahrzeuge

Auf Grund der hohen Anzahl von Arbeitsplätzen ist ein großer Strom an Einpendlern mit einer entsprechenden Verkehrsbelastung unvermeidbar. Die letzten vorliegenden Zahlen zum Pendlerverhalten wurden bei der Volkszählung 1987 erhoben. Trotz des hohen Angebots an Arbeitsplätzen am Wohnort pendelten dennoch fast 30 % der erwerbstätigen Sindelfinger Bürger zu Arbeitsstätten an anderen Orten aus. Das Verkehrsaufkommen wird dadurch weiter erhöht.

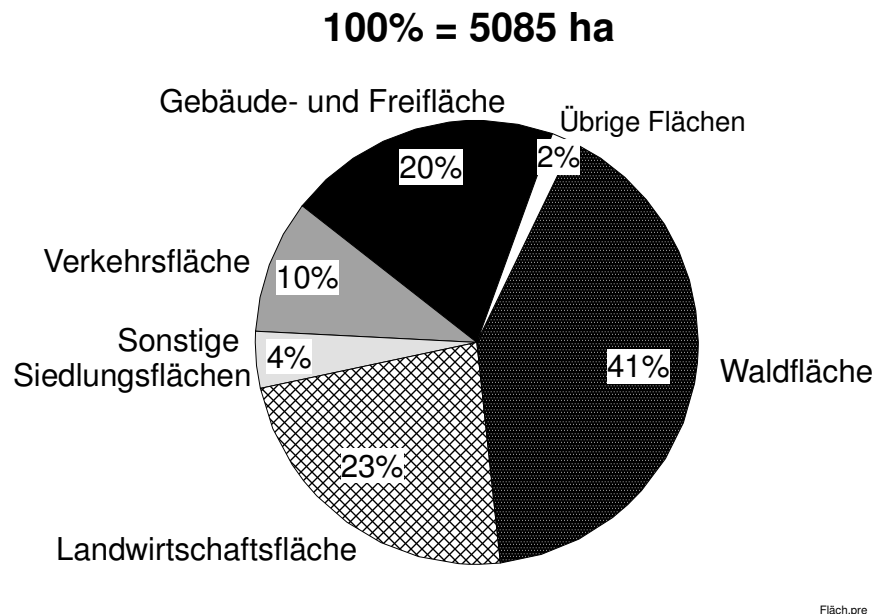
<sup>2</sup> [www.Statistik.Baden-Wuerttemberg.de](http://www.Statistik.Baden-Wuerttemberg.de)

# Klimaschutzkonzept Sindelfingen

Die Bedeutung Sindelfingens als Autostadt wird durch die weit über dem Bundesdurchschnitt liegende hohe Autodichte von 580 Pkw/1.000 Einwohner unterstrichen. Insgesamt waren 1999 39.400 Kraftfahrzeuge, zu 90 % Pkw, zugelassen.

## Flächennutzung und Landwirtschaft

**Abbildung 1.1** zeigt die Aufteilung der Gemarkungsfläche Sindelfingens auf die verschiedenen Nutzungsarten.



**Abbildung 1.1: Flächennutzung in Sindelfingen**

Bemerkenswert ist, dass der Waldanteil in Sindelfingen höher ist als der Landesdurchschnitt. Für die Energieversorgung Sindelfingens kann die Brennholznutzung aus dem Stadtwald aber auf Grund der hohen Bevölkerungszahl dennoch nur eine untergeordnete Rolle spielen.

Auch Biobrennstoffe aus den 33 landwirtschaftlichen Betrieben werden nur geringfügig zur Energieversorgung beitragen können. 1.063 ha werden von Sindelfinger Bauern landwirtschaftlich genutzt, überwiegend (76 %) als Ackerfläche. Die Viehhaltung summiert sich auf 900 Großvieheinheiten (GV), meist Rinder.

## Wohngebäude

Der überwiegende Anteil der 26.700 Wohnungen befindet sich in Mehrfamilienhäusern. Insgesamt gibt es 8.400 Wohngebäude. In den letzten Jahren waren starke Schwankungen in der Bautätigkeit zu verzeichnen. Im Mittel über die letzten 10 Jahre wurden jährlich 330 Wohnungen fertig gestellt. Für die Zukunft wird mit einer abnehmenden Tendenz gerechnet.

Daten zur Beheizungsstruktur wurden zum letzten Mal bei der Volkszählung im Jahr 1987 erhoben. Damals lag der Anteil der mit Einzelöfen beheizten Wohnungen bei 25 %, nahezu alle übrigen Wohnungen wurden mit Zentral- oder Etagenheizungen beheizt. 60 % des damaligen Wohnungsbestandes wurde innerhalb der 20 Jahre zwischen 1958 und 1978 gebaut.

## 1.2 Wärmebedarf der Wohngebäude

### 1.2.1 Grundlagen der Wärmebedarfsberechnung

Ein wesentlicher Teil des Energiebedarfs der Stadt Sindelfingen ist durch den **Raumwärmebedarf** der Wohngebäude bedingt. Dieser ist daher möglichst genau zu erfassen und das Einsparpotenzial durch Wärmedämmung zu berechnen. Es wurde eine Methode gewählt, die sich bereits bei ähnlichen Projekten in anderen Orten bewährt und die zu einer genügend großen Genauigkeit geführt hat /Pforzheim 1992/ Heidelberg 1992/ ExWoSt 1997/ Waiblingen 1998/.

Dabei wird eine Gebäudetypologie erstellt, mit der der gesamte Wohngebäudebestand in Gebäudegruppen mit möglichst einheitlicher Wärmehülle und Größe (Gebäudetypen) aufgeteilt werden kann. Der Raumwärmebedarf dieser repräsentativen Gebäudetypen für den Urzustand (Zustand der Wärmehülle des Baujahres ohne später durchgeführte Wärmedämmmaßnahmen) und den Zustand durch zusätzliche Dämmung der Wärmehülle wurden durch Simulationsrechnungen bestimmt. Nach Zählung aller Wohngebäude und Zuordnung zu den Gebäudetypen kann der gesamte Raumwärmebedarf der Stadt durch Summierung über alle Gebäude der Stadt berechnet werden.

Zur Ermittlung des gesamten **Nutzwärmebedarfs** von Wohngebäuden wird der Raumwärmebedarf und der Energiebedarf für Warmwasser zusammengefasst. Letzterer wird auf der Grundlage eines mittleren Energiekennwertes pro Einwohner abgeschätzt.

Der **Endenergiebedarf** schließt die Heizungssysteme mit ein und entspricht der Summe der Heizwerte aller Energieträger, die dafür zum Einsatz kommen. Er errechnet sich aus dem Nutzwärmebedarf dividiert durch den mittleren Jahreswirkungsgrad der jeweils eingesetzten Heizungsanlagen.

### Gebäudetypologie der Stadt Sindelfingen

Bei der Festlegung der Gebäudetypologie wurde zunächst nach der Größe der Gebäude (**Gebäudeart**) unterschieden:

- **Ein-/Zweifamilienhäuser** (EFH), gekennzeichnet durch eine oder zwei Hauptwohnungen fallweise auch ergänzt um eine Einliegerwohnung
- **Reihenhäuser** (RH), die im Allgemeinen nur jeweils eine Wohnung aufweisen. Auf Grund von Unterschieden beim Wärmebedarf, erfolgte hierbei noch eine Unterteilung in Reiheneck- und Reihenmittelhäuser (REH und RMH)
- **Kleine Mehrfamilienhäuser** (KMH), mit drei bis sieben Wohneinheiten
- **Mittlere Mehrfamilienhäuser** (MMH) mit 8 bis 11 Wohneinheiten
- **Große Mehrfamilienhäuser** (GMH) mit mehr als 12 Wohneinheiten und 5 bis 9 Stockwerke
- **Hochhäuser** (HH) ab 10 Stockwerken.

Da die verwendeten Materialien abhängig vom jeweiligen Baujahr des Gebäudes sind und innerhalb von bestimmten Zeitspannen vorwiegend gleiche Materialien zum Einsatz kamen, werden zusätzlich zu den Gebäudearten **Baualtersklassen (BAK)** eingeführt, von denen jede durch eine überwiegend einheitliche Bauweise gekennzeichnet ist. Auf Grund der bisherigen Entwicklung im Wohnungsbau, bieten sich acht verschiedene Baualtersklassen an.



# Klimaschutzkonzept Sindelfingen

## **Baualtersklasse A (bis 1918)**

Fachwerkbauten, wobei die Ausfachung aus Lehm, Stroh, Steinen oder Ziegel bestand. Daneben war die Bauweise mit massiven Backsteinwänden ebenfalls verbreitet.

## **Baualtersklasse B (1919 - 1948)**

Bis ca. 1932 baute man oft noch mit Fachwerk und Ziegelausriegelung sowie Ziegelmauerwerk. Dann verschwanden die Fachwerkhäuser und es wurde vorwiegend Ziegel in massiver Form verwendet. Ab ca. 1938 wurden bereits auch Hohlblocksteine mit Splitt, Schlacke und minderwertigem Bims eingesetzt.

## **Baualtersklasse C (1949 - 1957)**

Die Gebäude nach dem 2. Weltkrieg wurden sehr einfach und mit qualitativ minderwertigerem Material zunächst mit Hohlblocksteinen aus Bauschutt, Ziegelsplitt, Kies aber auch mit Bims errichtet, wobei die Bauherren die Steine oft in Handarbeit selbst herstellten. Ab ca. 1953 standen bereits Hohlblocksteine mit höherwertigerem Bims und Hochlochziegel zur Verfügung. Im Vordergrund stand die Schaffung von Wohnraum, auf Wärmedämmung legte man keinen Wert.

## **Baualtersklasse D (1958 - 1968)**

Diese Zeit ist geprägt von intensiver Bautätigkeit. Die Stadt wuchs sehr stark und es wurden vermehrt neue Wohngebiete erschlossen. Die Baumaterialien waren vor allem Bimshohlblocksteine und Hochlochziegel, wobei letztere besonders für die Innenwände verwendet wurden.

## **Baualtersklasse E (1969 - 1978)**

Infolge der Ölkrise entstand in dieser Zeit ein zunehmendes Bewusstsein für die Notwendigkeit, die immer knapper werdenden Energieressourcen zu schonen. Dies machte sich auch bei den Baumaterialien bemerkbar, indem die Industrie neben wärmetechnisch verbesserten Bimshohlblocksteinen bereits porosierte Ziegelsteine (Leichthochlochziegel) anbot.

## **Baualtersklasse F (1979 - 1983)**

1977 trat die 1. Wärmeschutzverordnung (1. WSVO) in Kraft, sodass bei allen ab 1. Januar 1979 neu errichteten Gebäuden eine entsprechende Isolierung der Wärmehülle vorgeschrieben wurde. Es entstanden verbesserte Leichthochlochziegel (Unipor, Poroton). Dieser Trend setzt sich bis heute weiter fort.

## **Baualtersklasse G (1984 - 1994)**

Die 1.WSVO wurde 1982 durch die verschärfte 2. WSVO abgelöst, was eine weitere Verbesserung für den Wärmeschutz bewirkte.

## **Baualtersklasse H (ab 1995)**

Es gilt die 3. Wärmeschutzverordnung, wodurch weitere Einsparungen des Raumwärmebedarfs vorgeschrieben sind. Gebäude benötigen vor der Errichtung einen rechnerischen Wärmeschutznachweis.

Wie eine Ortsbegehung zeigte, mussten nicht alle Altersklassen für die in Sindelfingen relevanten Gebäudearten berücksichtigt werden. **Tabelle 1.2** zeigt eine Übersicht über die vorhandenen Gebäudetypen.

**Tabelle 1.2: Übersicht über die Sindelfinger Gebäudetypologie**

Gebäudeart	Baualtersklassen							
	vor 1918	1919 - 48	1949 - 57	1958 - 68	1969 - 78	1979 - 83	1984 - 94	ab 1995
	A	B	C	D	E	F	G	H
EFH Ein-/ Zweifamilienhaus	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
RH Reihenhaus	nicht vorhanden	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
KMH Kl. Mehrfamilienhaus	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
MMH Mittleres Mehrfamilienhaus	nicht vorhanden	nicht vorhanden	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
GMH Großes Mehrfamilienhaus	nicht vorhanden	nicht vorhanden	nicht vorhanden	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
HH Hochhaus	nicht vorhanden	nicht vorhanden	nicht vorhanden	⊗	⊗	nicht vorhanden	nicht vorhanden	nicht vorhanden

Die Kennzeichnung 'nicht vorhanden' bedeutet nicht, dass überhaupt keine Gebäude dieses Typs vorzufinden sind. Im Einzelfall können entsprechende Häuser durchaus in Sindelfingen existieren, ihre Anzahl ist dann jedoch zu klein, um sie besonders zu berücksichtigen. Bei der Gebäudezählung wurden die entsprechenden Häuser benachbarten Typen zugeschlagen.

### 1.2.2 Raumwärmebedarf der Gebäudetypen

Für jeden Gebäudetyp wurden bis zu vier oder fünf Musterhäuser ausgewählt. Viele der Musterhäuser konnten aus dem Klimagutachten, das 1998 vom ZSW für die Stadt Waiblingen erstellt worden war, übernommen werden /Waiblingen 1998/. Dies geschah unter der Voraussetzung, dass in beiden Städten in den jeweiligen Baualtersklassen gleiche oder zumindest ähnliche Baumaterialien verwendet worden sind. Die Waiblinger Gebäudetypologie umfasst 4 Gebäudearten (EFH, RH, KMH, GMH), wobei Reihenhäuser der Baualtersklassen A, B, C fehlen. Da in Sindelfingen zusätzlich relativ viele Reihenhäuser der Baualtersklassen B und C, 4-stöckige Mehrfamilienhäuser der Baualtersklassen D – H mit 8 bis 10 Wohneinheiten sowie Hochhäuser der Baualtersklasse D und E vorhanden sind, wurde die Gebäudetypologie von Waiblingen durch Musterhäuser aus Sindelfingen ergänzt. Der Gebäudetyp KMH wurde durch Berücksichtigung von Gebäuden mit höchstens 6 Wohneinheiten auf Sindelfinger Verhältnisse angepasst.

Charakteristische Musterhäuser wurden nach einer Ortsbegehung ausgewählt. Die genaue Festlegung der Baualtersklassen erfolgte mit Hilfe der Bauakten. Um den Raumwärmebedarf berechnen zu können, ist zunächst die Bestimmung der geometrischen Daten der Wärme-hülle erforderlich. Die entsprechenden Abmessungen der ausgesuchten Musterhäuser entstammen den Bauakten. Als beheizte Fläche gilt die Wohnfläche nach DIN-Norm abzüglich der Balkon- und Freiflächen. War die Wohnfläche nicht in den Bauakten angegeben, wurde

## Klimaschutzkonzept Sindelfingen

sie berechnet. Die angenommene Bewohnerzahl von 2,3 Personen pro Wohneinheit orientierte sich an den Durchschnittswerten des statistischen Landesamtes.

Die in den einzelnen Altersklassen typischen Aufbauten der Außenwände, Dachflächen und Grundflächen wurden nach Gesprächen mit verschiedenen Architekten und Baufachleuten sowie nach Recherchen in der Literatur festgelegt, wobei sich in Baualtersklasse B die Unterteilung in weitere drei, in Baualtersklasse C in zwei Zeitabschnitte als sinnvoll erwies. Zur Erhöhung der Genauigkeit kamen für die Außenwände der Altersklassen A bis E jeweils zwei verschiedene Wandaufbauten in Betracht, z.B. für Baualtersklasse A Fachwerk- und Ziegelmauerwerk. Die dafür notwendigen wärmetechnischen Daten für die Materialien entstammen weitgehend DIN 4108. Die k-Werte der Baumaterialien liegen in der Regel unter den maximal zulässigen Grenzwerten der DIN-Normen. Den Berechnungen für die Baualtersklassen G und H liegen daher die Herstellerdaten zu Grunde.

Der **Raumwärmebedarf** der einzelnen Musterhäuser wurde mit dem Modul zur Wärmebedarfsberechnung des Simulationsprogrammes BHKW-PLAN /BHKW-Plan 1998/ berechnet. Das Programm simuliert die Wärmeströme über die Gebäudehülle nach außen:

- Transmissionswärmeverluste durch Außenwände, Fenster, Dach und Boden
- Wärmebrückenverluste
- Lüftungsverluste

Wärmegewinne werden von den Wärmeverlusten abgezogen:

- innere Gewinne durch Personen und Geräte
- solare Gewinne durch die Fenster.

Bei der Berechnung werden weiterhin die Klimazone sowie eine Nachtabsenkung berücksichtigt.

Da es nicht möglich war, bei einzelnen Häusern nachträglich durchgeführte Sanierungsmaßnahmen und Dachausbauten zu berücksichtigen, beziehen sich die berechneten Werte auf den so genannten Urzustand entsprechend der Bauakten, d.h. auf den wärmetechnischen Zustand zum Zeitpunkt der Errichtung.

### Ergebnisse der Simulationsrechnungen

Nachdem der Raumwärmebedarf der einzelnen Musterhäuser jedes Gebäudetyps feststand, wurden die dazugehörigen Mittelwerte errechnet. Da der Wärmebedarf von Großen Mehrfamilienhäusern und Hochhäusern je nach Anzahl der Wohneinheiten stark differiert, wird in diesen Fällen der Wärmebedarf pro Wohneinheit angegeben. Die Mittelwerte der Wohnflächen, des Raumwärmebedarfs und der Energiekennzahl (EKZ = spez. Energiebedarf pro m<sup>2</sup> beheizte Wohnfläche und Jahr) für den Urzustand sind in **Tabelle 1.3** und Tabelle 1.4 für die einzelnen Gebäudetypen angegeben.

**Tabelle 1.3: Mittlerer Raumwärmebedarf von Einfamilien-, Reihen-, Kleinen und Mittleren Mehrfamilienhäusern im Urzustand**

Typ	Altersklasse	beh. Fläche [m <sup>2</sup> ]	Wärmebedarf pro Gebäude [MWh/a]	EKZ [kWh/m <sup>2</sup> a]
EFH	A (vor 1918)	168,3	62,8	373,1
EFH	B (1919-48)	158,7	51,5	324,6
EFH	C (1949-57)	131,3	38,7	294,8
EFH	D (1958-68)	183,0	47,4	259,1
EFH	E (1969-78)	187,6	42,9	228,6
EFH	F (1979-83)	186,2	38,6	207,5
EFH	G (1984-94)	194,1	30,9	159,4
EFH	H (ab1995)	198,8	20,1	100,8
REH	B (1919-48)	83,6	31,3	374,4
REH	C (1949-57)	107,3	28,1	261,9
REH	D (1958-68)	104,6	25,0	239,5
REH	E (1969-78)	137,8	29,3	212,9
REH	F (1979-83)	116,6	22,4	192,0
REH	G (1984-94)	98,4	15,4	156,6
REH	H (ab1995)	102,4	9,5	92,8
RMH	B (1919-48)	80,5	22,6	280,7
RMH	C (1949-57)	118,9	24,8	208,6
RMH	D (1958-68)	97,0	18,6	192,0
RMH	E (1969-78)	133,3	21,1	158,2
RMH	F (1979-83)	116,6	18,2	155,9
RMH	G (1984-94)	98,4	13,0	131,8
RMH	H (ab1995)	102,4	7,6	74,2
KMH	A (vor 1918)	447,7	132,2	295,3
KMH	B (1919-48)	422,0	103,5	245,2
KMH	C (1949-57)	446,7	90,0	201,5
KMH	D (1958-68)	415,8	85,3	205,1
KMH	E (1969-78)	424,9	62,9	148,0
KMH	F (1979-83)	473,5	59,4	125,4
KMH	G (1984-94)	421,1	47,1	111,8
KMH	H (ab1995)	364,4	29,9	82,1
MMH	C (1949-57)	615,1	135,0	219,5
MMH	D (1958-68)	564,6	110,3	195,4
MMH	E (1969-78)	657,9	96,5	146,7
MMH	F (1979-83)	626,1	89,1	142,3
MMH	G (1984-94)	541,6	59,0	108,9
MMH	H (ab1995)	497,6	32,8	65,9

# Klimaschutzkonzept Sindelfingen

**Tabelle 1.4: Mittlerer Raumwärmebedarf pro Wohneinheit von großen Mehrfamilienhäusern und Hochhäusern im Urzustand**

Typ	Alters klasse	beh. Fläche [m <sup>2</sup> ]	Wärmebedarf pro Wohneinheit [MWh/a]	EKZ [kWh/m <sup>2</sup> a]
GMH	D (1958-68)	82,2	12,2	148,5
GMH	E (1969-78)	74,7	9,4	125,9
GMH	F (1979-83)	75,9	9,3	122,5
GMH	G (1984-94)	68,1	6,9	101,3
GMH	H (ab1995)	51,9	3,0	57,9
HH	D (1958-68)	82,2	10,7	130,2
HH	E (1969-78)	74,7	9,4	125,9

## 1.2.3 Gebäudezählung

Als Wohngebäude zählen in diesem Zusammenhang alle bewohnten Gebäude in Sindelfingen, d.h. diejenigen mit reiner Wohnnutzung und diejenigen mit Mischnutzung (z.B. Wohngebäude mit Arztpraxis oder Wohngebäude mit Geschäft. Nicht berücksichtigt bei der Zählung wurden die reinen Nichtwohngebäude (NWG).

Die Zuordnung von Wohnhäusern zu verschiedenen Gebäudearten, wie Einfamilienhaus oder Reihenhaus erfolgt auf Grund der definierten Kriterien, d.h. nach Anzahl der Vollgeschosse und Wohneinheiten sowie Bauformen der Gebäude.

Ein deutlich schwierigeres Problem besteht darin, die Häuser entlang eines Straßenzuges oder in einem Siedlungsquartier der richtigen Baualtersklasse zuzuweisen. Die zeitliche Einordnung des Gebäudebestands erfolgte auf der Grundlage von Plänen, die von der Stadtverwaltung zur Verfügung gestellt wurden und aus denen der Zeitpunkt der Bebauung in den verschiedenen Stadtteilen hervorging. Infolge des schnellen Wachstums der Sindelfinger Bevölkerung nach dem zweiten Weltkrieg wurden die zu dieser Zeit erschlossenen Baugebiete in relativ kurzer Zeit und ohne größere Baulücken aufgesiedelt.

Während des Zählens wurde das Baualter einzelner Häuser, die nicht der Norm der Baualtersklasse des Gebietes entsprachen nach Augenschein taxiert und das Haus gegebenenfalls in eine andere Baualtersklasse einsortiert.

Die Großen Mehrfamilienhäuser (GMH) und die Hochhäuser (HH) wurden einschließlich der jeweiligen Anzahl der Wohneinheiten adressenscharf erfasst.

Die Gebäudezählung erfolgte abschnittsweise, entsprechend einer Einteilung der Stadt in Teilgebiete. Die Aufteilung in Teilgebiete ist im Anhang 1.2 dokumentiert. Dort befindet sich eine Liste mit den Namen und eine Karte, in der die Grenzen der Teilgebiete markiert sind. Das Ergebnis der Gebäudezählung zeigt **Tabelle 1.5**.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Die speziell für das Klimaschutzkonzept Sindelfingen durchgeführte Gebäudezählung ergab geringfügige Differenzen zu den in Tabelle 1.1 aufgeführten Angaben des Statistischen Landesamtes, hauptsächlich weil in Tabelle 1.5 Doppelhäuser als ein Gebäude gerechnet wurden.

**Tabelle 1.5: Anzahl der Gebäude in Darmsheim, Maichingen, Sindelfingen-Kernstadt und in der Gesamtstadt**

		Baualtersklassen								Summe
		A	B	C	D	E	F	G	H	
Darmsheim	EFH	50	56	98	107	73	48	16	46	494
	REH	0	0	2	22	47	26	20	64	181
	RMH	0	0	0	0	6	9	7	42	64
	KMH	10	13	13	19	41	3	9	1	109
	MMH	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	GMH	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	HH	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe		60	69	113	148	167	86	52	153	848
Maichingen	EFH	94	52	238	325	180	80	43	35	1.047
	REH	0	0	4	36	31	34	25	26	156
	RMH	0	0	1	9	17	18	1	52	98
	KMH	16	10	26	66	45	30	41	42	276
	MMH	0	0	0	0	22	8	12	26	68
	GMH	0	0	0	0	32	0	0	2	34
	HH	0	0	0	0	2	0	0	0	2
Summe		110	62	269	436	329	170	122	183	1.681
Kernstadt	EFH	265	436	738	610	404	b	63	41	2.682
	REH	0	96	182	317	109	14	70	24	812
	RMH	0	110	126	398	79	14	57	5	789
	KMH	69	44	107	336	107	36	45	20	764
	MMH	0	0	29	181	83	6	79	8	386
	GMH	0	0	0	77	53	13	50	5	198
	HH	0	0	0	6	16	0	0	0	22
Summe		334	686	1.182	1.925	851	208	364	103	5.653
Gesamtstadt	EFH	409	544	1.074	1.042	657	253	122	122	4.223
	REH	0	96	188	375	187	74	115	114	1.149
	RMH	0	110	127	407	102	41	65	99	951
	KMH	95	67	146	421	193	69	95	63	1.149
	MMH	0	0	29	181	105	14	91	34	454
	GMH	0	0	0	77	85	13	50	7	232
	HH	0	0	0	6	18	0	0	0	24
Gesamtsumme		504	817	1.564	2.509	1.347	464	538	439	8.182

Die Verteilung des Gebäudebestands der Gesamtstadt auf Gebäudearten und Baualtersklassen ist in **Abbildung 1.2** grafisch aufbereitet.

Ergänzend dazu steht im Anhang 1.2 eine Tabelle, in der die Verteilung des Gebäudebestands der Kernstadt Sindelfingen nach Teilgebieten geordnet dokumentiert ist. Der Gebäudebestand von Darmsheim und Maichingen ist darin nicht enthalten.

# Klimaschutzkonzept Sindelfingen

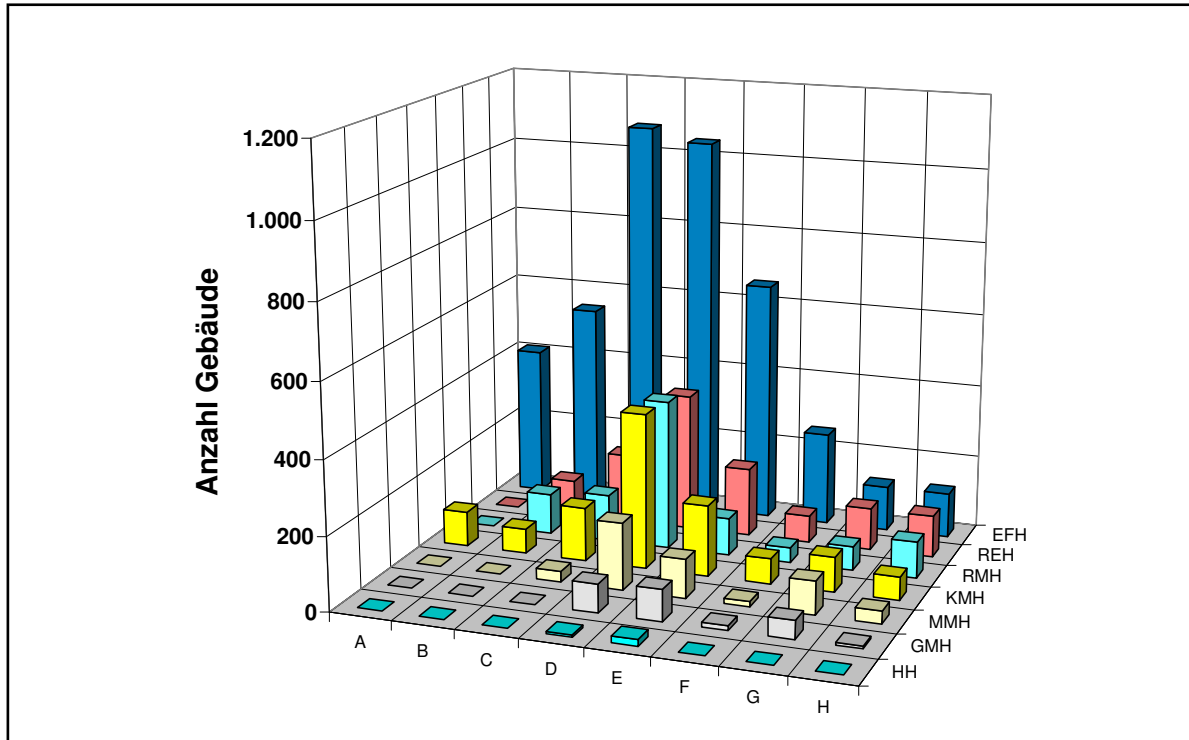


Abbildung 1.2: Verteilung des Sindelfinger Gebäudebestands auf die Gebäudetypen

## 1.2.4 Raumwärmebedarf für alle Wohngebäude

Mit dem in Tabelle 1.5 zusammengefassten Ergebnis der Gebäudezählung und dem Raumwärmebedarf der typischen Gebäude bzw. Wohneinheiten von Tabelle 1.3 und Tabelle 1.4, wurde auf den Raumwärmebedarf in den Teilgebieten und der gesamten Stadt hochgerechnet.

Das Ergebnis zeigt **Tabelle 1.6**, ebenfalls aufgeschlüsselt nach Gebäudearten und Baualtersklassen. Die Tabelle ist unterteilt in die Abschnitte Darmsheim, Maichingen, Sindelfingen-Kernstadt, sowie die Gesamtstadt. Die Verteilung des Raumwärmebedarfs der Gesamtstadt gibt zudem **Abbildung 1.3** in grafischer Form wieder. Interessant ist der Vergleich mit Abbildung 1.2.

Das Bild, das sich aus der dreidimensionalen Darstellung und der Höhe der Säulen ergibt unterscheidet sich in beiden Abbildungen sehr deutlich. Auf den ersten Blick ist zu erkennen, dass die großen Wohngebäude (GMH und HH) einen erheblichen Anteil am Raumwärmebedarf haben, während sie im Ergebnis der Gebäudezählung optisch kaum auftauchen. Auch bei den kleinen und mittleren Mehrfamilienhäusern sind die Säulen, die den Raumwärmebedarf repräsentieren deutlich höher, als bei der Anzahl. Bei den Einfamilienhäusern und kleinen Mehrfamilienhäusern ist zudem noch deutlich zu erkennen, dass der Unterschied in der Säulenhöhe zwischen BAK A und BAK D bei der Anzahl größer ist, als beim Raumwärmebedarf.

**Tabelle 1.6: Raumwärmebedarf im Urzustand für Darmsheim, Maichingen, Sindelfingen-Kernstadt und Gesamtstadt in MWh/a**

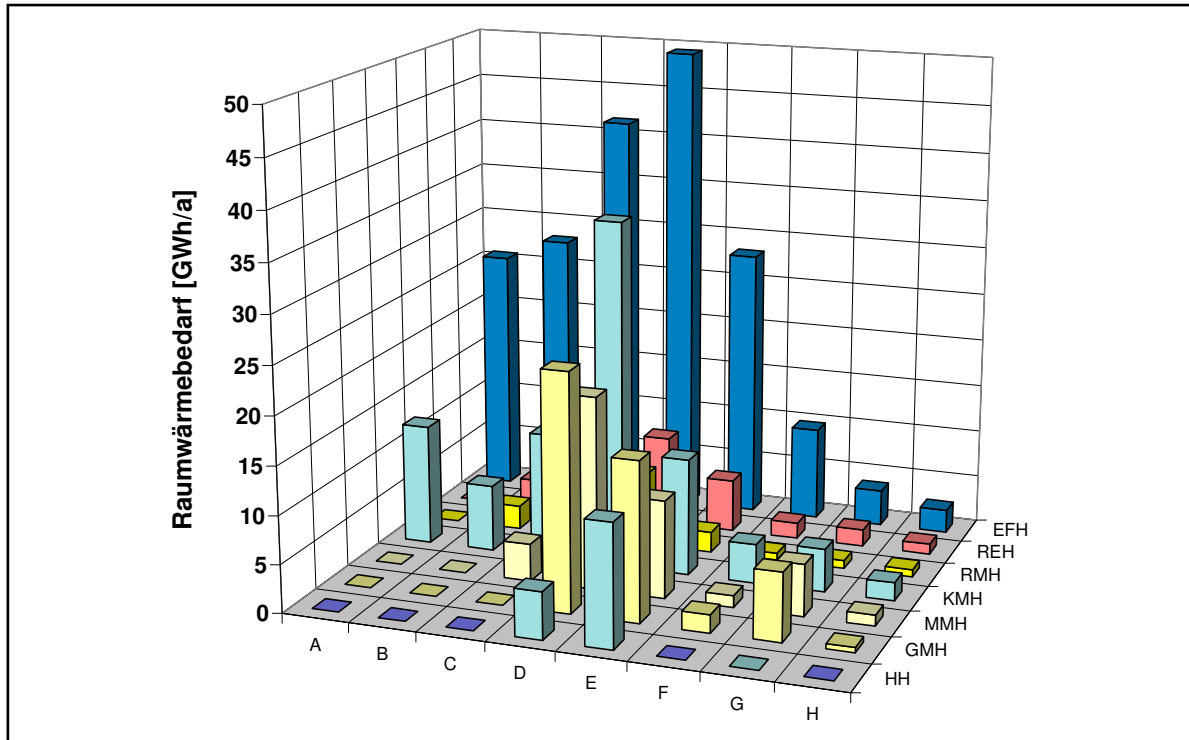
		Baualterklassen								
		A	B	C	D	E	F	G	H	
Darmsheim	EFH	3.140	2.884	3.793	5.072	3.132	1.853	494	925	21.292
	REH	0	0	56	550	1.377	582	308	608	3.482
	RMH	0	0	0	0	127	164	91	319	701
	KMH	1.322	1.346	1.170	1.621	2.579	178	424	30	8.669
	MMH	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	GMH	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	HH	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Summe</b>		<b>4.462</b>	<b>4.230</b>	<b>5.019</b>	<b>7.243</b>	<b>7.214</b>	<b>2.777</b>	<b>1.317</b>	<b>1.882</b>	<b>34.143</b>
Maichingen	EFH	5.903	2.678	9.211	15.405	7.722	3.088	1.329	704	46.039
	REH	0	0	112	900	908	762	385	247	3.314
	RMH	0	0	25	167	359	328	13	395	1.287
	KMH	2.115	1.035	2.340	5.630	2.831	1.782	1.931	1.256	18.919
	MMH	0	0	0	0	2.123	713	708	853	4.397
	GMH	0	0	0	0	6.740	0	0	168	6.908
	HH	0	0	0	0	1.043	0	0	0	1.043
<b>Summe</b>		<b>8.018</b>	<b>3.713</b>	<b>11.688</b>	<b>22.102</b>	<b>21.726</b>	<b>6.672</b>	<b>4.366</b>	<b>3.622</b>	<b>81.907</b>
Kernstadt	EFH	16.642	22.454	28.561	28.914	17.332	b	1.947	824	121.498
	REH	0	3.005	5.114	7.925	3.194	314	1.078	228	20.857
	RMH	0	2.486	3.125	7.403	1.667	255	741	38	15.714
	KMH	9.122	4.554	9.630	28.661	6.730	2.138	2.120	598	63.553
	MMH	0	0	3.915	19.964	8.010	535	4.661	262	37.347
	GMH	0	0	0	24.510	9.691	1.879	7.086	375	43.541
	HH	0	0	0	4.901	11.590	0	0	0	16.491
<b>Summe</b>		<b>25.764</b>	<b>32.499</b>	<b>50.345</b>	<b>122.277</b>	<b>58.214</b>	<b>9.945</b>	<b>17.633</b>	<b>2.326</b>	<b>319.001</b>
Gesamtstadt	EFH	25.685	28.016	41.564	49.391	28.185	9.766	3.770	2.452	188.829
	REH	0	3.005	5.283	9.375	5.479	1.658	1.771	1.083	27.653
	RMH	0	2.486	3.150	7.570	2.152	746	845	752	17.702
	KMH	12.559	6.935	13.140	35.911	12.140	4.099	4.475	1.884	91.141
	MMH	0	0	3.915	19.964	10.133	1.247	5.369	1.115	41.743
	GMH	0	0	0	24.510	16.431	1.879	7.086	543	50.449
	HH	0	0	0	4.901	12.634	0	0	0	17.534
<b>Gesamt summe</b>		<b>38.244</b>	<b>40.441</b>	<b>67.051</b>	<b>151.622</b>	<b>87.154</b>	<b>19.394</b>	<b>23.316</b>	<b>7.830</b>	<b>435.052</b>

Eine feinere Aufteilung des Raumwärmebedarfs der Kernstadt auf Teilgebiete findet sich im Anhang 1.2

Die Summe des Raumwärmebedarfs für die gesamte Stadt, entsprechend des Urzustands der Häuser, beträgt **435.000 MWh/a**. Darin sind enthalten die ausschließlich zu Wohnzwecken genutzten Gebäude und die Gebäude mit Mischnutzung. Die Nichtwohngebäude wurden dabei jedoch nicht berücksichtigt.

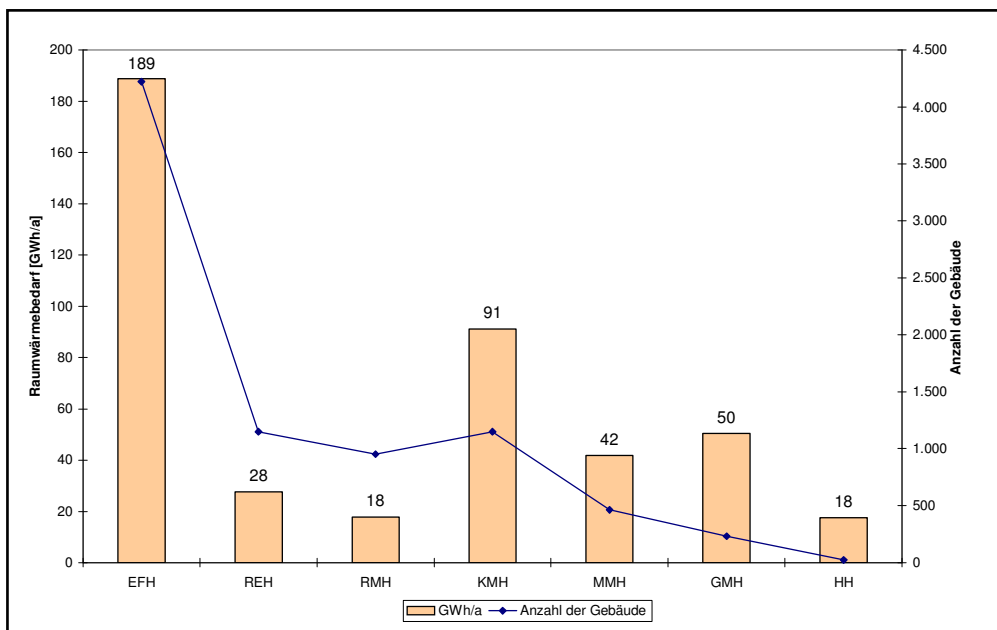


# Klimaschutzkonzept Sindelfingen



**Abbildung 1.3: Übersicht über den Raumwärmebedarf der Gesamtstadt im Urzustand**

Interessante Informationen liefert auch die Rechnung, wenn der Nutzwärmebedarf für jede Gebäudeart aufsummiert wird. Daraus lässt sich sofort erkennen, welche Art von Wohnhäusern zahlenmäßig überwiegen und wie sich dies im Wärmebedarf ausdrückt. Das Ergebnis dieser Auswertung zeigt **Abbildung 1.4** für die Gesamtstadt.



**Abbildung 1.4: Raumwärmebedarf und Anzahl von Gebäuden pro Gebäudeart**

### 1.2.5 Energiebedarf für die Warmwasserbereitung

Die Abschätzung des Energiebedarfs für Warmwasser in den privaten Haushalten erfolgt pauschal für die gesamte Stadt. Die Berechnung basiert auf einem mittleren Nutzenergiebedarf von 600 kWh/a pro Einwohner, der für die Wassererwärmung benötigt wird. In Sindelfingen leben derzeit rund 60.000 Einwohner, daraus ergibt sich ein Wärmebedarf von **36.000 MWh/a**, der zur Brauchwasserbereitung bereitgestellt werden muss. Bezogen auf den Raumwärmebedarf im Urzustand ist das ein Anteil von 8,3 %.

Diese Wärmemenge, wird je nach Heizungssystem mit verschiedenen Energieträgern und verschiedenen Techniken zur Warmwasserbereitung erzeugt. Die Berechnung der Endenergiemenge für die Warmwasserbereitung, erfolgt unter folgenden Annahmen:

- In Gebäuden, die mit Öl- oder Gaszentralheizungen, bzw. Gasetagenheizungen beheizt werden, erfolgt auch die Wassererwärmung mit diesen Systemen
- Sind noch Einzelöfen für Holz, Kohle aber auch Öl und Gas vorhanden, so erfolgt die Warmwasserbereitung mit elektrischem Strom
- Strom zur Wassererwärmung wird auch in strombeheizten Gebäuden verwendet

### 1.2.6 Endenergiebedarf für die Wärmeversorgung der Wohngebäude

#### Vorgehensweise

Zur Ermittlung der Menge der für die Anwendungsbereiche Raumheizung und Warmwasser in Wohngebäuden eingesetzten Energieträger, muss die Struktur der Heizungsanlagen einer Stadt oder Gemeinde bekannt sein. Prinzipiell gibt es zwei Wege, diese zu ermitteln.

Erstens die Analyse mit Hilfe von Daten aus den Unterlagen der Schornsteinfeger in ihren jeweiligen Kehrbezirken. Da eine Stadt wie Sindelfingen mindestens sechs bis sieben Kehrbezirke umfasst, müssen dazu entsprechend viele Schornsteinfeger angesprochen werden, was einen erheblichen organisatorischen Aufwand erfordert. Vorteil dieser Methode ist jedoch, dass der tatsächliche Bestand der Heizungsanlagen erfasst wird und zusätzlich auch die Altersstruktur ermittelt werden kann.

Eine weitere Möglichkeit, Anzahl und räumliche Verteilung der verschiedenen Arten von Heizsystemen zu erfassen besteht darin, für die leitungsgebundenen Energieträger wie Erdgas, Strom oder Fernwärme die Kundendateien der lokalen Versorger auszuwerten. Dadurch kann die Anzahl der Gebäude, die mit diesen Energieträgern versorgt werden ermittelt werden. Zusätzlich benötigt man noch Angaben, über die Häufigkeit von Einzelöfen, in denen noch Holz und Kohle verfeuert wird. Zahlen darüber sind praktisch nur von den Schornsteinfegern erhältlich. Die Analyse beschränkt sich jedoch im Wesentlichen auf den alten Gebäudebestand in den Ortszentren. Von allen Gebäuden, die dann noch übrig bleiben wird angenommen, dass sie mit Öl beheizt werden. Es ist jedoch für keinen Energieträger möglich, die Verteilung der Heizungssysteme auf verschiedene Altersklassen zu ermitteln.

In Sindelfingen wurde schließlich die zweite Methode gewählt, da diese einen geringeren Aufwand erfordert und zudem keine Zusatzkosten entstehen. Es zeigte sich jedoch, dass selbst die adressenscharfe Angabe über Gas- oder Stromheizung Probleme bereitet, da eine Kundendatei eine ganze Reihe Einträge enthalten kann, die im Sinne der Aufgabenstellung irreführend sind. So enthält die Sindelfinger Gaskundendatei rund 300 tote Hausanschlüsse, 750 Zähler mit Minderverbrauch und 150 Zähler mit Nullverbrauch. Dies wurde bei der Ermittlung der Beheizungsstruktur berücksichtigt.

# Klimaschutzkonzept Sindelfingen

## Verteilung der Heizungssysteme

In Sindelfingen werden folgende Energieträger zur Raumheizung und Warmwasserbereitung eingesetzt:

- **Erdgas:** Zentralheizungen; Gasetagenheizungen, Einzelöfen
- **Heizöl:** Zentralheizungen; Einzelöfen
- **Strom:** Nachtspeicheröfen (in welchem Umfang Blockspeicheranlagen zum Einsatz kommen, konnte im Einzelnen nicht ermittelt werden)
- **Nahwärme:** Wärmeversorgung aus Blockheizkraftwerken und Heizzentralen, in denen nur Erdgas- oder Ölkessel stehen
- **Holz/Kohle:** Einzelöfen

Die Auswertung der Kundendatei für Gas und Heizstrom erfolgte nicht pauschal für die gesamte Stadt, sondern räumlich aufgelöst nach Teilgebieten, wie bei der Ermittlung der Anzahl der Gebäude und des Raumwärmebedarfs (Abschnitt 1.2.3 und 1.2.4).

Wie sich für die Gesamtstadt die verschiedenen Energieträger zur Wärmeversorgung der Wohngebäude unterteilen, vermittelt die folgende Tabelle.

**Tabelle 1.7: Anzahl der Gebäude aufgeteilt nach dem für die Wärmeversorgung eingesetzten Energieträger**

	Erdgas	Heizöl	Strom	Nahwärme	Holz / Kohle	Summe
Darmsheim	208	418	59	100	90	875
Maichingen	396	923	194	93	120	1.726
Sindelfingen Kernstadt	2.329	2.732	587	0	70	5.718
<b>Gesamt</b>	<b>2.933</b>	<b>4.073</b>	<b>840</b>	<b>193</b>	<b>280</b>	<b>8.319</b>

Der am häufigsten vorkommende Energieträger ist mit weitem Abstand das Heizöl, was vor allem darauf hindeutet, dass die vielen Einfamilien- und Reihenhäuser auch derzeit noch zum großen Teil mit Heizöl beheizt werden. Dies gilt vor allem in den eingemeindeten Stadtteilen Darmsheim und Maichingen, wo das Heizöl noch deutlicher, als in der Sindelfinger Kernstadt überwiegt.

Trotz des dichten Erdgasnetzes in Sindelfingen, ist selbst in der Kernstadt der Anteil der ölbeheizten Wohngebäude noch etwas höher. Auf der anderen Seite gibt es jedoch einige große Heizzentralen in Gebieten wo große Mehrfamilienhäuser und Hochhäuser stehen, in denen Erdgas zum Einsatz kommt (z.B.: Eichholz, Watzmannstraße; Viehweide, Ernst-Barlach-Straße; Eschenried, Sommerhofenstraße). Sehr stark vertreten ist das Erdgas auch in der Sindelfinger Innenstadt, wo es Anteile von über 70 % erreicht. Abbildung 3a verdeutlicht dies grafisch.

Auch die Stromheizung überwiegt mit dem Einsatz in rund 10% der Häuser bei weitem die veralteten Einzelöfen für Holz und Kohle und die Nahwärme aus Blockheizkraftwerken. In einigen Gebieten mit Schwerpunkt in den Außenbezirken sind vergleichsweise hohe Anteile strombeheizter Häuser zu finden. In zwei Gebieten, wie Darmsheim-Mitte und Maichingen-Herrenberger Straße übertreffen die Stromheizungen sogar das Gas.

Die Grafik im Anhang zeigt ergänzend zu **Abbildung 1.5** die Häufigkeit der Erdgas- und Stromheizungen in den verschiedenen Teilgebieten der Gesamtstadt.

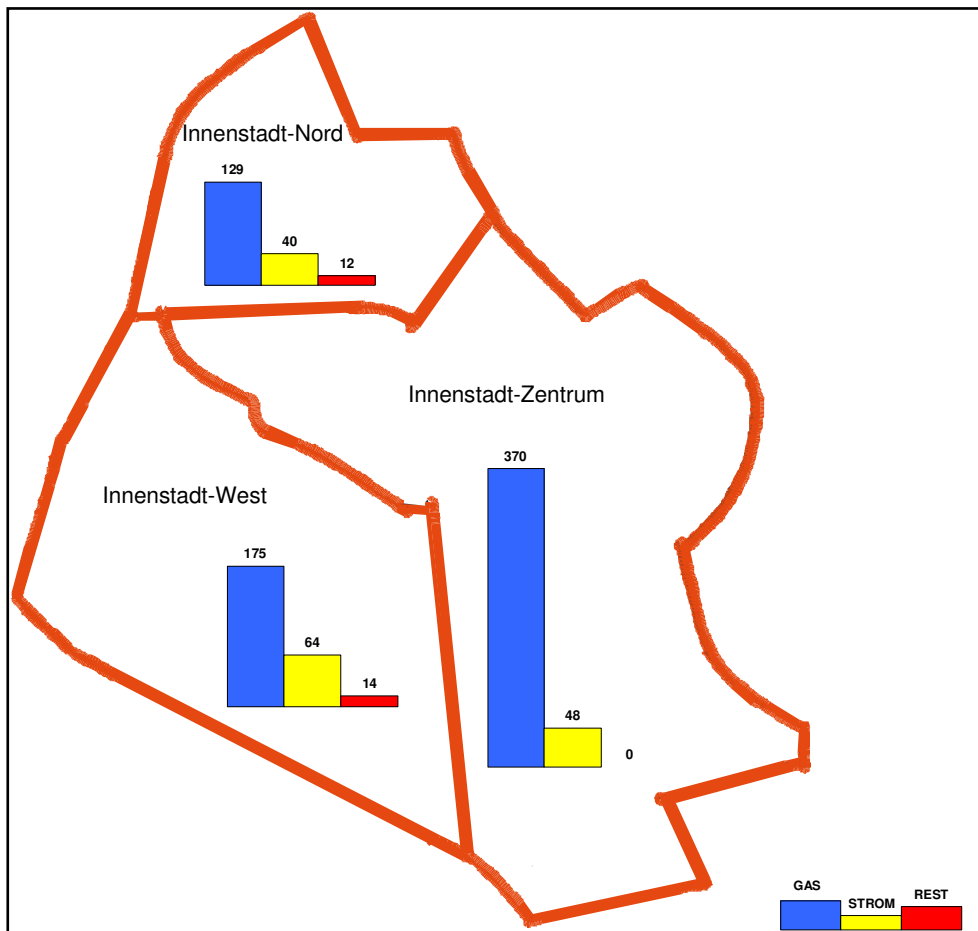


Abbildung 1.5: Häufigkeit verschiedener Heizungssysteme in der Sindelfinger Innenstadt

### Gesamter Endenergieeinsatz

Ausgehend vom Nutzwärmebedarf konnte mit Hilfe der Beheizungsstruktur auf die Höhe des Endenergieeinsatzes im Anwendungsbereich Raumheizung hochgerechnet werden. Dazu war es notwendig, mittlere Wirkungs- und Nutzungsgrade für die verschiedenen Heizungssysteme zu definieren. Diese spiegeln die Durchschnittsbildung über alle Altersklassen und die Bandbreite der Leistungen wieder.

- **Erdgas:** mittlerer Nutzungsgrad 81 %
- **Heizöl:** mittlerer Nutzungsgrad 77 %
- **Strom:** mittlerer Nutzungsgrad 98 %
- **Nahwärme:** mittlerer Nutzungsgrad 75 % (Transportverluste und Nutzungsgrad der Übergabestationen)
- **Holz/Kohle-Einzelöfen:** mittlerer Nutzungsgrad 65 %

Im bisherigen Verlauf der Analyse umfasste der Begriff 'Wohngebäude' alle Gebäude mit ausschließlicher Wohnnutzung einerseits und die Gebäude mit Mischnutzung (z.B. Wohnen und Einzelhandel, oder Wohnen und Arztpraxis) andererseits. Der Wärmebedarf der gewerblich genutzten Flächen darf jedoch nicht dem Sektor der privaten Haushalte zugerechnet werden, sondern gehört zum so genannten Kleinverbrauch (Öffentliche und private Dienstleistungen, sowie Kleingewerbe).

# Klimaschutzkonzept Sindelfingen

Zudem muss auch der Energiebedarf für die Warmwasserbereitung in den privaten Haushalten berücksichtigt werden.

Welche Energieträger in welchem Umfang zum Heizen und zur Warmwasserbereitung in Sindelfingen zum Einsatz kommen, zeigt die folgende Tabelle. Da die Berechnung des Endenergiebedarfs auf dem mit Hilfe einer Gebäudesimulation ermittelten Raumwärmebedarf basiert, war es notwendig an dieser Stelle eine Gradtagszahlbereinigung zwischen der Gradtagszahl des Testreferenzjahres Würzburg und dem entsprechenden Wert für Würzburg im Jahr 1999 vorzunehmen.

**Tabelle 1.8: Endenergieeinsatz für die Wärmeversorgung privater Haushalte**

	Erdgas [MWh <sub>Hu</sub> ]	Heizöl [MWh/a]	Strom [MWh/a]	NW (BHKW) [MWh/a]	Holz-Einzel [MWh/a]	Kohle-Einzel [MWh/a]
Heizen Wohngebäude (einschl. Mischnutzung)	138.600	253.600	31.000	4.000	5.700	5.700
Überlappung mit Kleinverbrauch	40.000	20.000				
Heizen Wohngebäude (nur Wohnen)	98.600	233.600	31.000	4.000	5.700	5.700
Warmwasserbereitung	21.200	14.800	15.500	700		
<b>Summe</b>	<b>119.800</b>	<b>248.400</b>	<b>46.500</b>	<b>4.700</b>	<b>5.700</b>	<b>5.700</b>

Bei den Endenergieträgern zeigt sich im Vergleich zur Verteilung der Heizungssysteme die Dominanz des Heizöls noch viel deutlicher. Für die Wärmebereitstellung in den privaten Haushalten wird mehr als doppelt soviel Heizöl wie Erdgas eingesetzt. Sein Anteil beträgt 50,6 %, während das Gas bei 24,4 % liegt. Strom mit einem Beitrag von 9,5 % liegt auch noch vergleichsweise hoch. Nahwärme aus Blockheizkraftwerken sowie die Holz/Kohle-Einzelöfen liegen jeweils im Prozentbereich.

## Strombedarf der privaten Haushalte

Die Ermittlung des Strombedarfs der privaten Haushalte war weit weniger aufwändig als der Endenergiebedarf für die Wärmeversorgung.

Grundlage ist die Stromabgabe der Stadtwerke an die Tarifkunden ihres Versorgungsgebiets im Jahr 1999. Zu den Stromtarifkunden zählen jedoch neben den privaten Haushalten, auch die landwirtschaftlichen Betriebe und die kleinen Gewerbebetriebe, sofern sie nicht zur Gruppe der Sondervertragskunden gehören. Beide zuletzt genannten Verbrauchergruppen gehören gemäß der Wirtschaftsstatistik zum so genannten Sektor der Kleinverbraucher.

Durch Abschätzung ihres Strombedarfs auf der Basis der Analysen des Endenergiebedarfs im Kleinverbrauchssektor, konnte dieser Anteil herausgerechnet werden. Demnach beträgt die Stromabnahme der privaten Haushalte für das Jahr 1999 rund 85.000 MWh. In diesem Wert ist jedoch der Strombedarf zur Warmwasserbereitung bereits enthalten, der – wie oben dokumentiert – schon auf anderem Wege berechnet wurde. Ohne den Verbrauch der elektrischen Warmwassergeräte liegt der Bedarf bei 69.000 MWh/a.

### 1.3 Der Energieverbrauch des Industrie- und Dienstleistungssektor

Im Unterschied zu den Haushalten sind die Verbrauchersektoren „Industrie“ und Kleinverbraucher<sup>4</sup> sehr heterogen strukturiert. Daher ist ein höherer Aufwand als bei den Haushalten nötig, um belastbare Werte für den Energieverbrauch dieser Sektoren zu erhalten. Das im Jahr 1984 von Energie Consult Heidelberg (ECH) erstellte „Energieversorgungskonzept für die Stadt Sindelfingen“ geht von den überbauten Flächen und mittleren Geschosshöhen aus. Bei dieser Vorgehensweise kann allerdings nicht zwischen Haushalten und Kleinverbrauchern unterschieden werden<sup>5</sup>.

#### Methodisches Vorgehen

Genauere Werte und eine feinere Untergliederung werden durch eine direkte Befragung der Betriebe erreicht. Dieser Weg wurde für das vorliegende Klimaschutzkonzept gewählt. Allerdings konnte im Rahmen dieser Untersuchung nur eine Auswahl der größeren der insgesamt etwa 2.000 Arbeitsstätten befragt werden. Der Energiebedarf der bei der Fragebogenaktion nicht erfassten Betriebe wurde mit Hilfe von Beschäftigtenzahlen ergänzt. Details zur branchenspezifischen Ermittlung der Beschäftigtenzahlen sowie der Kennwerte zum Energieverbrauch finden sich in Anhang 1.3.

Der Fragebogen wurde an 58 größere Unternehmen versandt. Neben dem Energieverbrauch wurden Fragen zur Betriebsstruktur, zu bereits durchgeführten oder geplanten Maßnahmen der rationellen Energienutzung sowie zur zugehörigen Motivation gestellt (s. Anhang 1.3). Großer Wert wurde auf eine hohe Rücklaufquote gelegt. Diese wurde mit Hilfe eines Begleitschreibens des Oberbürgermeisters und telefonischer Nachfrage nach dem Verbleib der Fragebögen auch tatsächlich erreicht. Insgesamt lag die Rücklaufquote der versandten Fragebögen bei 53 %. Besonders erfreulich ist, dass auf Grund der Antworten 3.089 Beschäftigte des industriellen Sektors erfasst werden konnten, sodass nur für knapp 2.200 Beschäftigte<sup>6</sup> dieses Sektors der Energieverbrauch durch Kennwerte, welche aus den beantworteten Fragebögen abgeleitet wurden, abgeschätzt werden musste.

Für die insgesamt etwa 24.400 Beschäftigten im Kleinverbrauch war die Erfassungsquote auch auf Grund der vielen kleinen Betriebe wesentlich geringer, sodass hier verstärkt auf Kennwerte aus der Literatur zurückgegriffen werden musste.

Die aus den Fragebögen, Beschäftigtenzahlen und Kennwerten ermittelten Verbrauchssummen für Strom und Gas wurden soweit möglich mit den von den Stadtwerken zur Verfügung gestellten Angaben verglichen<sup>7</sup>. Die Aufteilung des gesamten Brennstoffbedarfs im Kleinverbrauch auf die Energieträger Öl und Gas wurde hierdurch bestimmt. Die Gesamtsumme des Verbrauchs stimmt mit den auf ein Normaljahr umgerechneten Messwerten der Stadtwerke überein.

---

<sup>4</sup> Zum Sektor der Kleinverbraucher gehört alles, was nicht Haushalten, Industrie oder Verkehr zuzurechnen ist, also Dienstleistungsunternehmen, Forst- und Landwirtschaft, das Handwerk. Produzierende Betriebe mit mehr als 20 Beschäftigten werden zur Industrie, die übrigen zu den Kleinverbrauchern gerechnet.

<sup>5</sup> Eine damals ebenfalls durchgeführte Fragebogenaktion führte auf Grund von mäßigem Rücklauf nicht zu der erhofften breiten Datenbasis.

<sup>6</sup> DaimlerChrysler mit etwa 36.000 Beschäftigten wurde gesondert erfasst.

<sup>7</sup> Auf Grund der Änderungen in den Eigentumsverhältnissen bei den Stadtwerken im Jahr 1999 liegen für dieses Jahr keine vollständigen Verkaufszahlen vor. Außerdem unterscheiden die Stadtwerke nicht zwischen den Sektoren sondern zwischen Sondervertrags- und Tarifkunden.

# Klimaschutzkonzept Sindelfingen

## 1.3.1 Industrie

DaimlerChrysler ist der mit Abstand größte Arbeitgeber Sindelfingens. Der Energiebedarf dieses Unternehmens ist annähernd genauso hoch wie der der gesamten übrigen Stadt. Daher wird in dem hier erstellten Klimaschutzkonzept DaimlerChrysler stets getrennt ausgewiesen. DaimlerChrysler hat eigene Energiebeauftragte und erstellt jährlich einen umfassenden Umweltschutzjahresbericht, welcher alle Daten enthält, welche für die Erstellung einer aktuellen Energie- und Schadstoffbilanz notwendig sind. Diese Daten wurden ungeprüft übernommen.

In der übrigen Industrie Sindelfingens werden gut 5.200 Personen beschäftigt. 59 % hiervon in Betrieben, welche sich an der Fragebogenaktion beteiligten. Die Rücklaufquote der 19 an Unternehmen des produzierenden Gewerbes versandten Fragebögen war mit 63 % erfreulich hoch. Außerdem waren die Antworten vergleichsweise vollständig. Insbesondere wurde die Frage nach der Anzahl der im Betrieb Beschäftigten stets beantwortet, was keineswegs selbstverständlich ist<sup>8</sup>. Dennoch verbliebene Unklarheiten wurden durch telefonische Rückfragen abgeklärt.

Die Aufteilung der Beschäftigten auf die einzelnen Wirtschaftszweige sowie die Ermittlung von Kennwerten für den Energieverbrauch derjenigen Betriebe, welche nicht an der Fragebogenaktion teilnahmen, ist im Anhang 1.3 beschrieben. Im Mittel ergibt sich für jeden Beschäftigten in der Industrie Sindelfingens ein Stromverbrauch von 26.000 kWh<sub>el</sub>/Person und ein Brennstoffverbrauch von 32.000 kWh<sub>th</sub>/Person (ohne DaimlerChrysler).

Die resultierende Energiebilanz der Industrie Sindelfingens zeigt **Tabelle 1.9**.

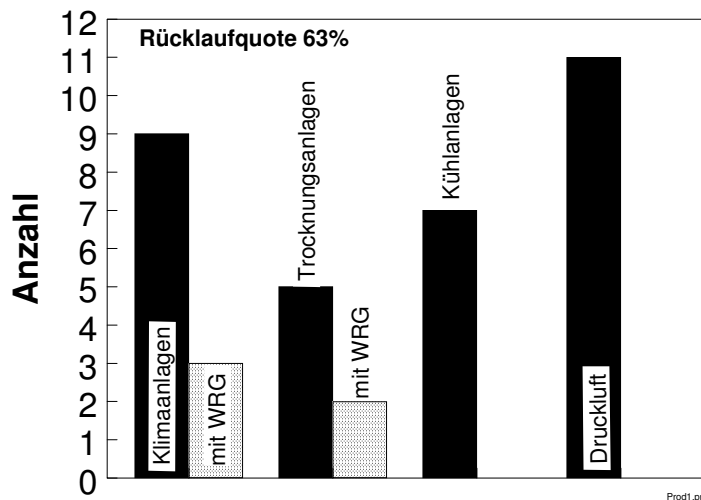
**Tabelle 1.9: Energiebedarf der Industrie nach Wirtschaftszweigen 1998 (ohne DaimlerChrysler)**

	Beschäftigte 1998	Strom MWh	Erdgas MWh	Heizöl MWh	Brennstoffe gesamt MWh	Gesamt MWh
Chemische Industrie, Mineralölverarbeitung	16	881	13.337	0	13.337	14.217
Kunststoff und Gummiwaren	28	896	252	252	504	1.400
Steine und Erden, Feinkeramik, Glasgewerbe	96	2.285	4.335	4.342	8.677	10.962
Metallerzeugung und -bearbeitung	291	7.216	671	1.474	2.145	9.362
Stahl- und gesamter Maschinenbau	1.645	14.705	984	17.533	18.517	33.222
Elektrotechnik, Feinmechanik, Optik	1.534	65.793	49.582	5.212	54.793	120.586
Holz-, Papier- und Druckgewerbe	884	33.924	40.534	2.713	43.248	77.171
Leder-, Textil- und Bekleidungs-gewerbe	492	5.109	3.720	9.753	13.472	18.581
Ernährungsgewerbe, Tabakverarbeitung	260	4.778	7.530	5.453	12.983	17.761
<b>Summe</b>	<b>5.244</b>	<b>135.585</b>	<b>120.945</b>	<b>46.731</b>	<b>167.676</b>	<b>303.261</b>
Davon für Prozesswärme		5.900	79.400	16.400	95.000	101.000

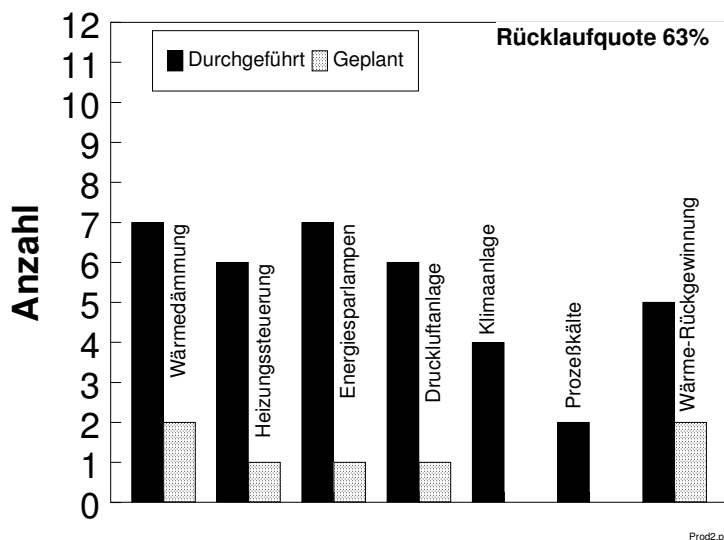
<sup>8</sup> Bei den Kleinverbrauchern wurde diese Frage nur in der Hälfte der Fälle beantwortet.

**Abbildung 1.6 bis Abbildung 1.9** zeigen für die 12 befragten Unternehmen des produzierenden Gewerbes<sup>9</sup>

- welche energieintensiven Anlagen in den befragten Unternehmen des produzierenden Gewerbes vorhanden sind
- welche energiesparende Maßnahmen durchgeführt oder geplant sind
- welche Energiedienstleistungen bereits in Anspruch genommen wurden und für welche Interesse besteht
- welche Motive für die Durchführung von energiesparenden Maßnahmen wichtig waren und wie häufig die Unternehmen der Energieeinsparung einen hohen Stellenwert beimessen.



**Abbildung 1.6:** Vorhandene energieintensive Anlagen in den befragten Unternehmen des produzierenden Gewerbes

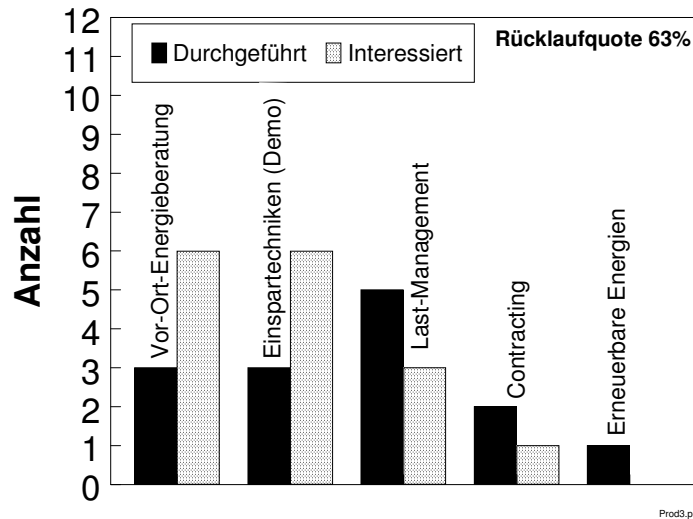


**Abbildung 1.7:** Durchgeführte oder geplante Maßnahmen in den befragten Unternehmen des produzierenden Gewerbes

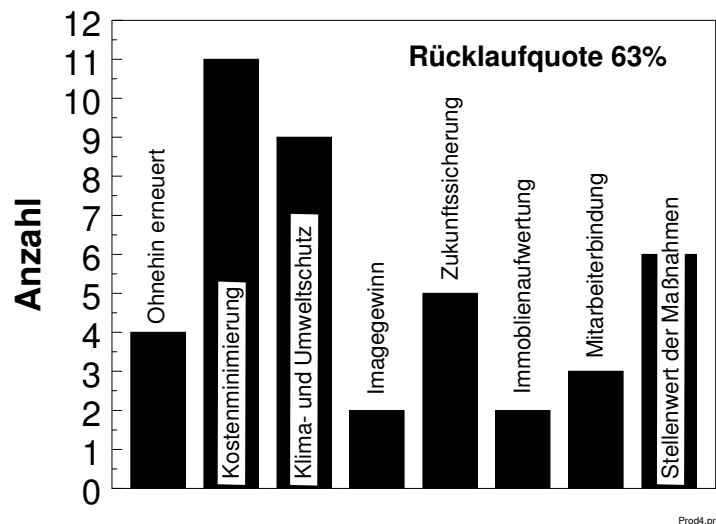
<sup>9</sup> Davon sind 11 dem industriellen Sektor zuzuordnen.



## Klimaschutzkonzept Sindelfingen



**Abbildung 1.8: Bedarf für Energieberatung in den befragten Unternehmen des produzierenden Gewerbes**

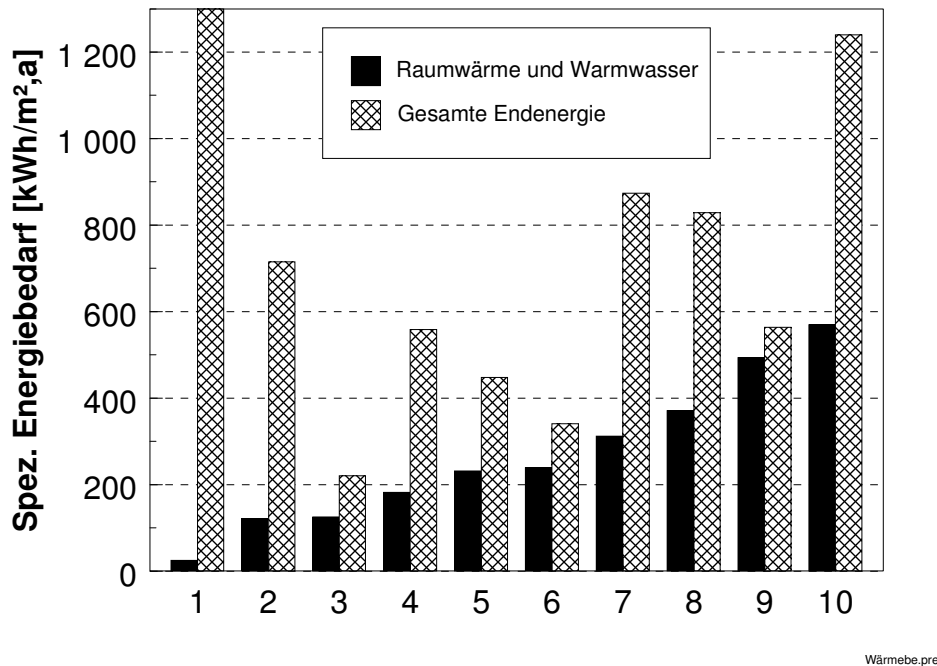


**Abbildung 1.9: Motive für die Durchführung energiesparender Maßnahmen in den befragten Unternehmen des produzierenden Gewerbes**

Fast jeder der befragten Betriebe verfügt über eine Druckluftanlage. Hier gibt es erfahrungsgemäß ein großes Einsparpotenzial. Die befragten Betriebe sind sich dessen offensichtlich bereits bewusst, da hier vielfach schon entsprechende Maßnahmen durchgeführt oder wenigstens geplant wurden. Für energiesparende Maßnahmen durch Wärmerückgewinnung im Zusammenhang mit Klima-, Trocknungs- und Kühlanlagen ist dagegen noch ein großer Spielraum vorhanden.

Der mittlere Endenergiebedarf für Raumwärme und Warmwasser liegt mit  $267 \text{ kWh/m}^2$  relativ hoch, obwohl mehr als die Hälfte der Betriebe bereits Maßnahmen zur Wärmedämmung durchgeführt haben. Zu den Betrieben mit überdurchschnittlichem Raumwärmebedarf gehören auch solche, welche bereits derartige Maßnahmen durchgeführt haben.

**Abbildung 1.10** zeigt den gesamten Endenergiebedarf (Strom + Gas + Öl) bezogen auf die überdachte Betriebsfläche sowie den Bedarf für Raumwärme und Warmwasser bezogen auf die beheizte Fläche. Es zeigt sich, dass gerade bei Betrieben mit überdurchschnittlichem Raumwärmebedarf ein sehr hoher spezifischer Endenergiebedarf vorhanden ist, was nochmals die Bedeutung der schon oben erwähnten Möglichkeiten zur Wärmerückgewinnung unterstreicht.



**Abbildung 1.10: Raumwärme und Endenergiebedarf von 10 befragten Unternehmen des produzierenden Gewerbes**

Mehr als die Hälfte der Betriebe hat in den letzten 5 Jahren energiesparende Maßnahmen bei der Beleuchtung durchgeführt. Praktisch kein Betrieb verwendet noch energieschluckende Glühlampen. Dementsprechend werden die Möglichkeiten, durch Austausch der Beleuchtungsmittel weiter Energie zu sparen, als eher gering eingeschätzt.

Beratungen zum Lastmanagement und zur Kappung von Stromspitzen wurden bereits häufig wahrgenommen. Das Potenzial ist dennoch noch nicht ausgeschöpft. Besonderes Interesse besteht an Informationen mit persönlichen Kontakten wie der Vorort-Energieberatung und der Demonstration von Einspartechiken. Erneuerbare Energien spielen in den Vorstellungen der Industrie keine Rolle.

Begründet werden die bisher durchgeführten Maßnahmen zur Energieeinsparung fast immer mit der sinkenden Energierechnung. Aber auch der Klima- und Umweltschutz sowie die Absicherung gegen zukünftige Steigerungen des Energiepreises spielen eine wichtige Rolle. Andere Motivationen wie der Imagegewinn werden dagegen nur selten genannt. Von der Hälfte der Unternehmen wird der Stellenwert der Energieeinsparung mit „hoch“ angegeben. Erwartungsgemäß legen Unternehmen mit hohen Energiekosten (s. Kapitel 1.3.3) je Beschäftigtem in besonderem Maße auf Energieeinsparung wert. Überraschend ist dagegen, dass der Anteil der Energiekosten am Umsatz des Unternehmens für die Wertschätzung der Energieeinsparung („mittel“ oder „hoch“) folgenlos bleibt. Das Kästchen „gering“ wurde von keinem Unternehmen für den Stellenwert der Energieeinsparung angekreuzt.

# Klimaschutzkonzept Sindelfingen

## 1.3.2 Kleinverbrauch

Über 95 % aller Arbeitsstätten sind dem Kleinverbrauch<sup>10</sup> zuzuordnen. Die mittlere Anzahl der Beschäftigten je Unternehmen ist viel geringer als in der Industrie. Durch die Fragebogenaktion konnte daher nur ein kleiner Teil der Kleinverbraucher erfasst werden. Insgesamt wurden 39 Fragebögen an Unternehmen des Kleinverbrauchs verschickt, von denen knapp die Hälfte zurückgesandt wurde. Die mit Abstand geringste Rücklaufquote von 33 % wurde im Handel erzielt. Die Gründe hierfür dürften in der Hauptsache in der dort vorherrschenden Organisationsstruktur liegen, welche den Zugriff der Marktleitung auf Energiedaten erschweren, aber auch Mangel an Zeit und ein gewisses Desinteresse. Ein weiteres Problem für eine weitere Auswertung der Antworten des Kleinverbrauchs war dadurch gegeben, dass nur die Hälfte der Unternehmen Angaben zur Anzahl der Beschäftigten machte und ein noch geringerer Anteil zum Umsatz.

Zur Ermittlung der Energiebilanz im Kleinverbrauch wurden daher spezifische Kennwerte aus der Literatur herangezogen sowie Beschäftigtenzahlen, welche aus alten, aber detaillierten Daten der Volkszählungen und aktuellen Zahlen zu den versicherungspflichtigen Beschäftigten hergeleitet wurden (s. Anhang 1.3). Insgesamt waren 1998 in Sindelfingen gut 24.000 Personen in Unternehmen des Kleinverbrauchs beschäftigt. Der mittlere Energieverbrauch je Beschäftigtem lag für Strom bei 2.600 kWh/Besch.,a und für Wärme (Öl, Gas und Fernwärme) bei 9.300 kWh/Besch.,a. **Tabelle 1.10** zeigt die Energiebilanz der Kleinverbraucher Sindelfingens. Die Aufteilung des Wärmebedarfs auf die Energieträger Öl, Gas und Fernwärme erfolgte mit Hilfe von Daten der Stadtwerke. Eine näherungsweise Aufteilung dieses Verbrauchs auf einzelne Wirtschaftszweige ist im Anhang 1.3 dargestellt.

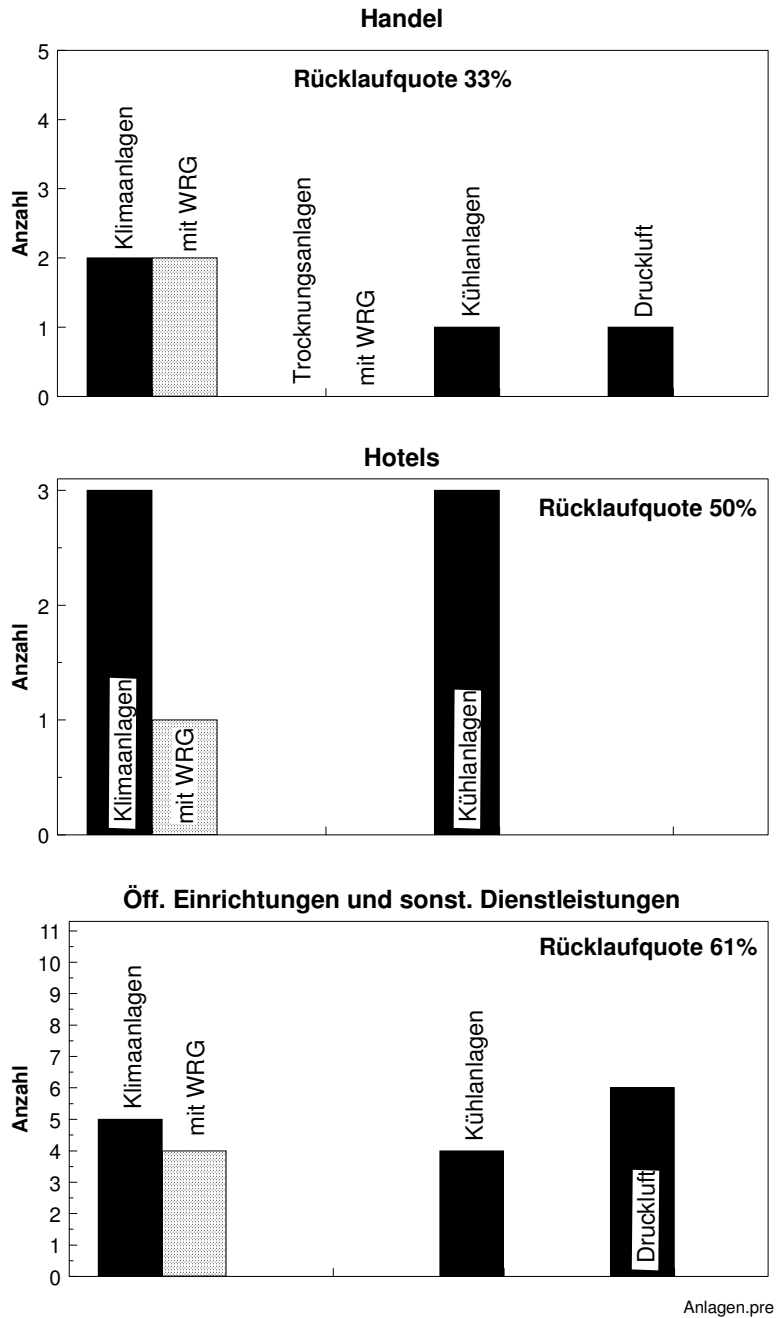
**Tabelle 1.10: Endenergieverbrauch der Kleinverbraucher in Sindelfingen 1998**

	<b>Strom [GWh/a]</b>	<b>Brennstoffe<sup>1)</sup> [GWh/a]</b>	<b>Kraftstoffe [GWh/a]</b>
Endenergieverbrauch	64	226	129
- davon für Raumheizung	2	208	-
- davon für Prozesswärme	7	18	-
- davon für Licht und Kraft	55	-	-

<sup>1)</sup> Einschließlich Fernwärme

Die zurückgesandten Fragebögen waren bezüglich des Energieverbrauchs, der beheizten Flächen und der Angaben zu den energieintensiven Anlagen, der energiesparenden Maßnahmen, des Bedarfs für Energieberatung und der Aufzählung der Motive weitgehend vollständig. **Abbildung 1.11 bis Abbildung 1.14** zeigen einen Teil der zugehörigen Auswertungen. In den Grafiken werden Handel, Hotels und der verbleibende Rest der Kleinverbraucher (öffentliche Einrichtungen und sonstige Dienstleistung) getrennt dargestellt.

<sup>10</sup> Zum Sektor der Kleinverbraucher gehören alle Dienstleistungsunternehmen, unabhängig von deren Größe.



**Abbildung 1.11:** Vorhandene energieintensive Anlagen in den befragten Dienstleistungsunternehmen

# Klimaschutzkonzept Sindelfingen

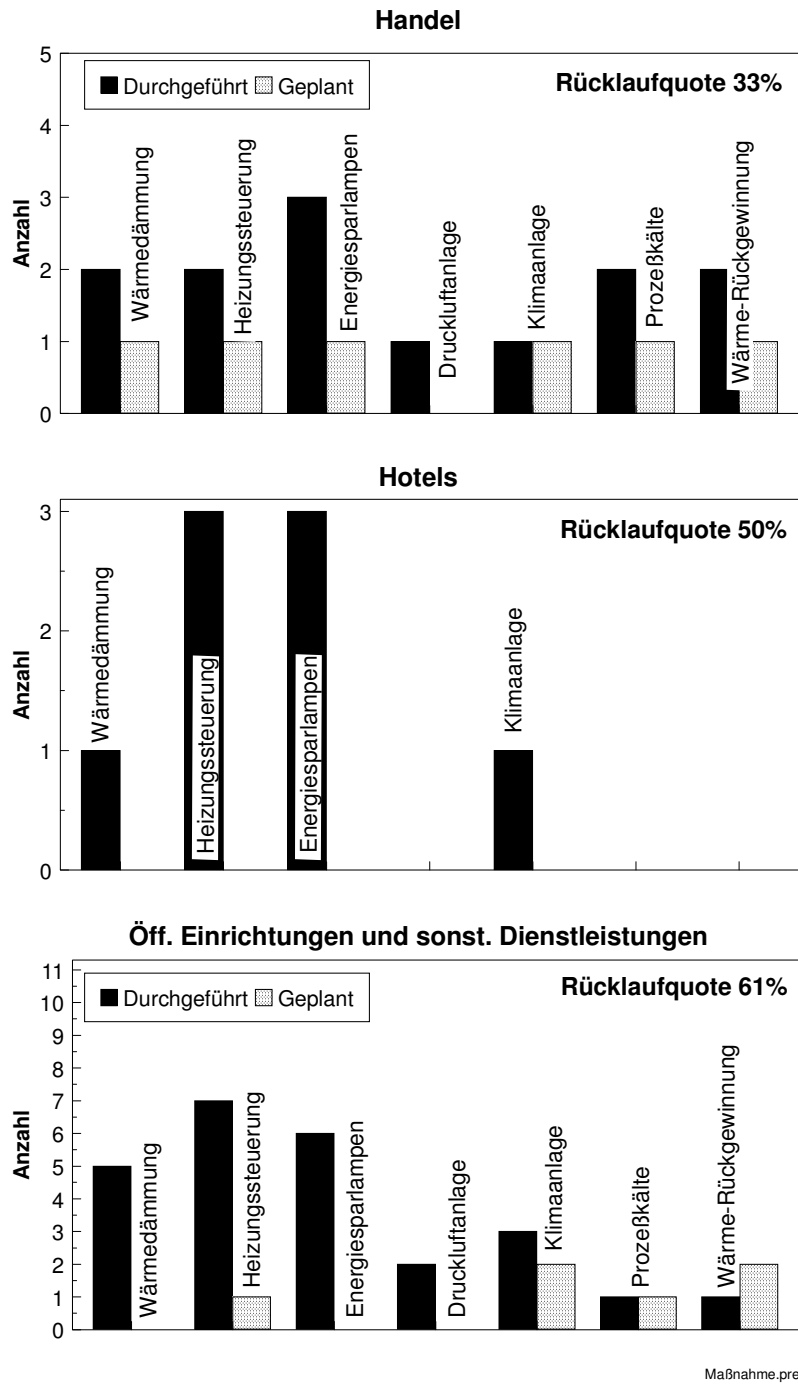


Abbildung 1.12: Durchgeführte oder geplante Maßnahmen in den befragten Dienstleistungsunternehmen

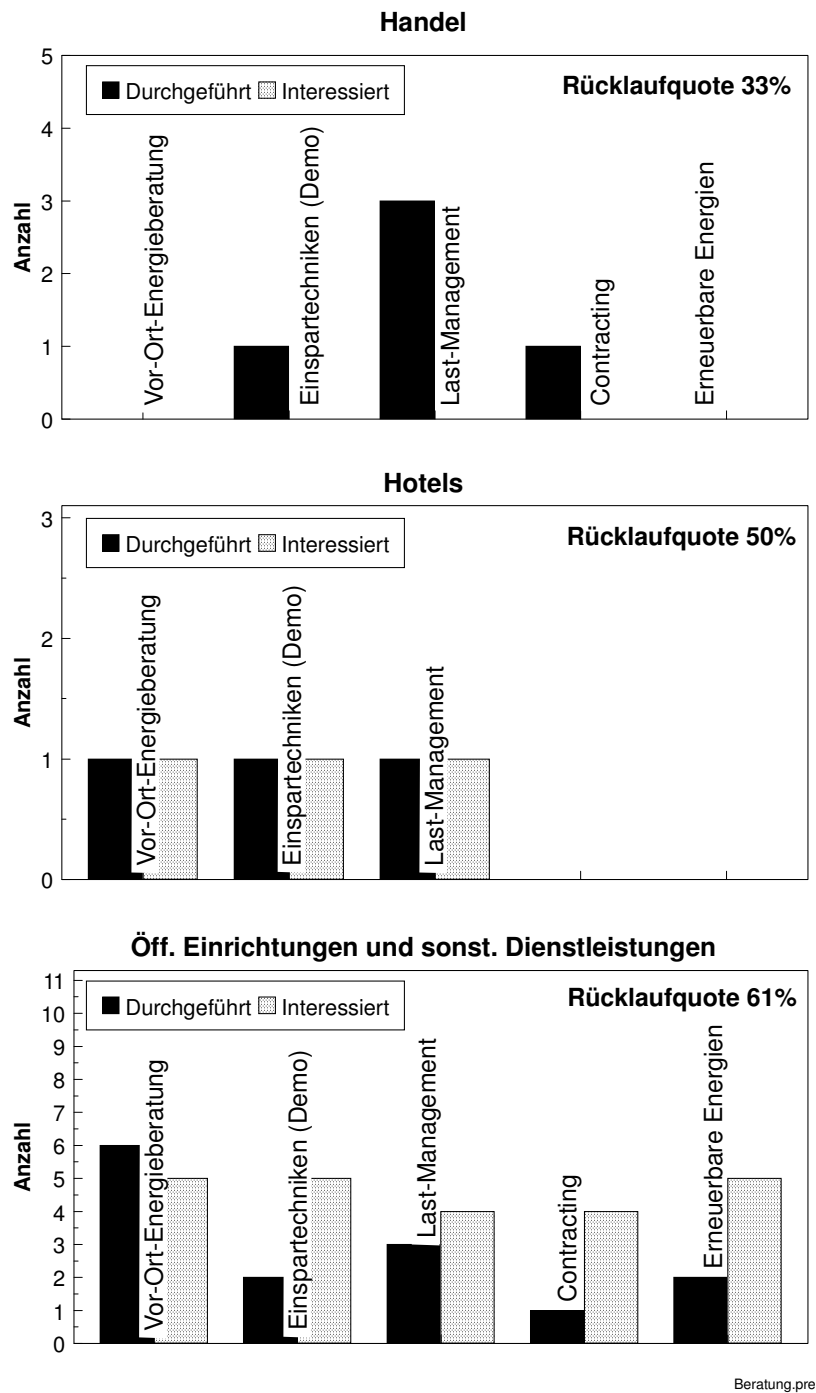
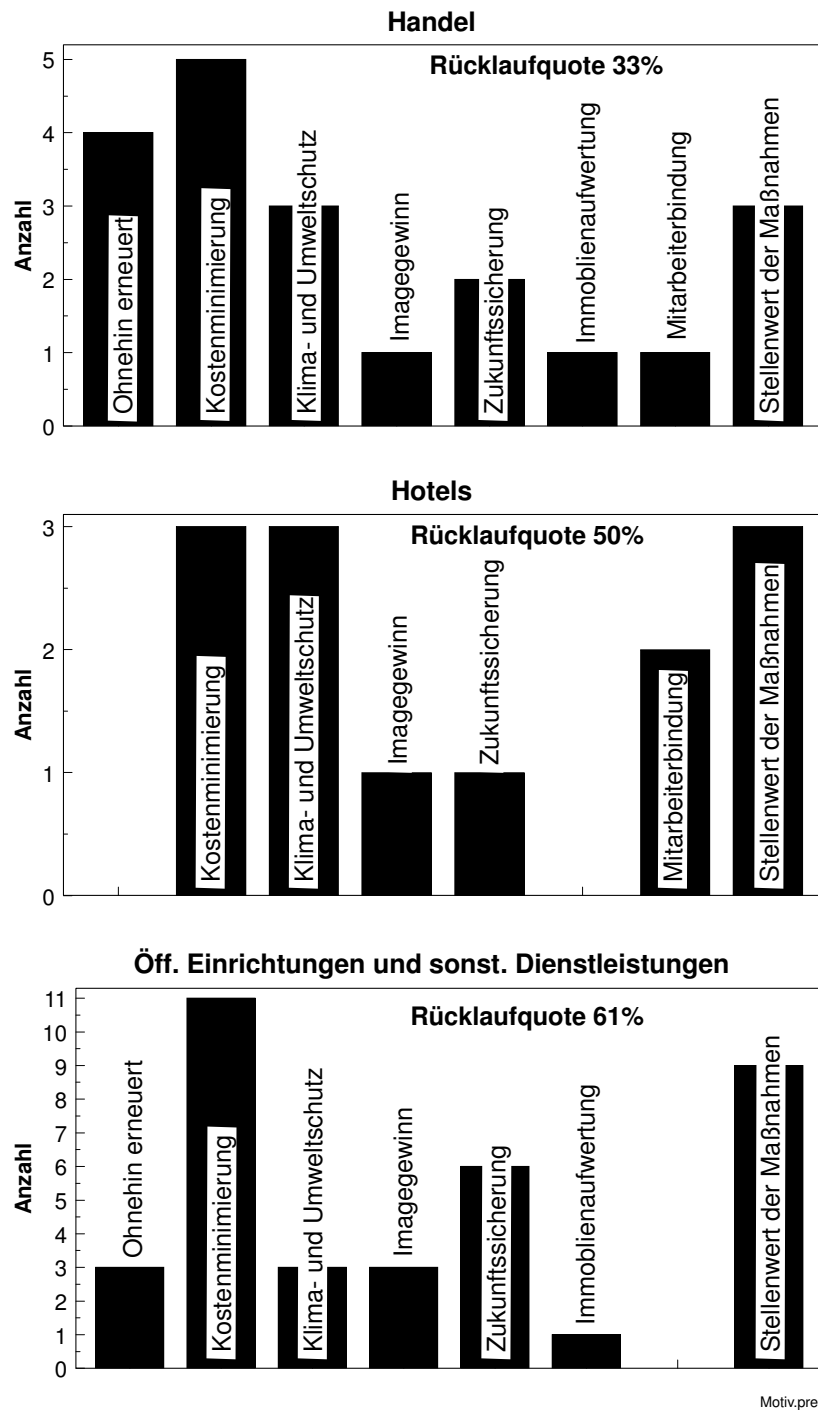


Abbildung 1.13: Bedarf an Energieberatung in den befragten Dienstleistungsunternehmen

# Klimaschutzkonzept Sindelfingen



**Abbildung 1.14: Motive für die Durchführung energiesparender Maßnahmen**

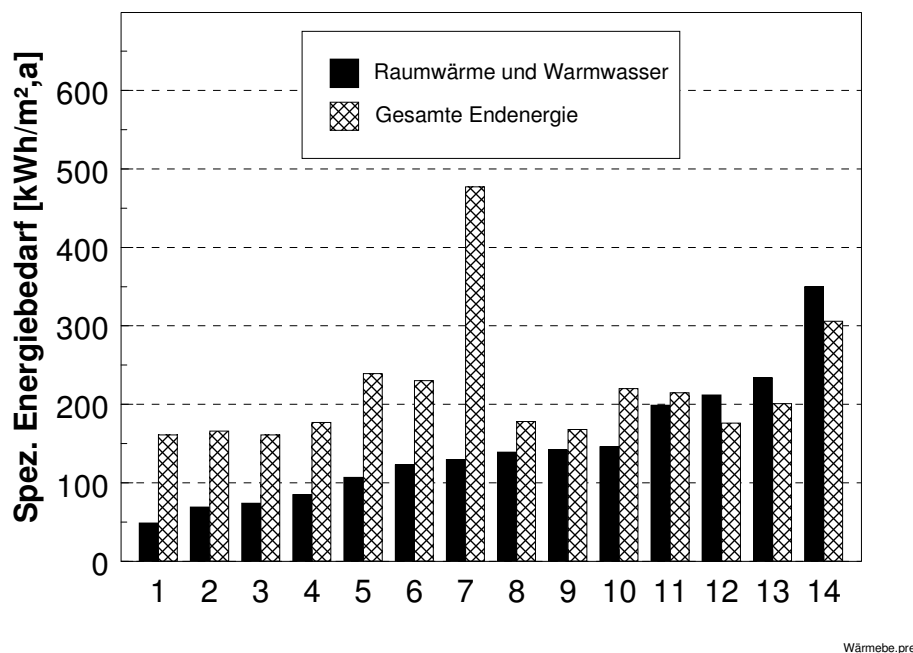
Die Struktur des Energieverbrauchs der Kleinverbraucher ähnelt mehr den Haushalten als der Industrie. Dementsprechend sind hier weniger energieintensive Anlagen als in der Industrie anzutreffen. Überraschend ist, dass sich auch im Kleinverbrauchssektor eine große Anzahl von Druckluftanlagen findet. Im Unterschied zur Industrie ist hier jedoch der Anteil der Anlagen, die bereits nach Möglichkeiten zur Energieeinsparung untersucht wurden, gering. Hier kann durch gezielte Aktionen mit geringem Aufwand ein hoher Nutzen erreicht werden.

Des Weiteren dürfte sich der Austausch einiger veralteter Heizungsanlagen und mangelhafter Heizungssteuerungen in einigen Unternehmen des Handels und der öffentlich zugänglichen Gebäude rasch bezahlt machen.

Bei den Kleinanlagen wird bereits der überwiegende Teil mit Wärmerückgewinnung betrieben. Weitere Maßnahmen zur Verbesserung der Klimaanlage und zur Wärmerückgewinnung aus Kühlanlagen sind geplant, sodass hier kein Schwerpunkt für Maßnahmen zu weiteren Energieeinsparungen erwartet werden kann.

Im Kleinverbrauch wird die alte energieschluckende Glühbirne immer noch häufig verwendet. Allerdings haben gerade die Betriebe, welche noch Glühbirnen einsetzen, die Möglichkeiten zur Energieeinsparung bei der Beleuchtung bereits geprüft, sodass demnach hier nicht mit einem unbemerkten Einsparpotenzial gerechnet werden kann.

Der mittlere Energiebedarf für Raumwärme und Warmwasser liegt mit  $147 \text{ kWh/m}^2, \text{a}$  noch unter dem der privaten Haushalte (**Abbildung 1.15**). Über die Hälfte der Kleinverbraucher hat noch keine Maßnahmen zur Wärmedämmung durchgeführt. Hierzu gehören auch die drei Objekte mit dem größten spezifischen Verbrauch. Allerdings lässt sich hier der überdurchschnittliche Verbrauch wenigstens teilweise auf die große Geschosshöhe dieser Objekte zurückführen, sodass sich keine allgemeine Ansatzpunkte für die Verbesserung der Wärmedämmung ohne Kenntnis der jeweiligen Verhältnisse vor Ort ableiten lassen.



**Abbildung 1.15: Raumwärme und Endenergiebedarf von 14 befragten Dienstleistungsunternehmen**

Das Interesse der Kleinverbraucher an Vor-Ort-Energieberatung ist sehr groß. Nur wenige Ausnahmen haben diese Dienstleistung noch nicht in Anspruch genommen und planen dies auch nicht. Auch die Demonstration von Einspartechiken und das Last-Management werden häufig nachgefragt. Herausragend ist das Interesse der öffentlichen Einrichtungen und sonstigen Dienstleistungen an erneuerbaren Energien, welche von den übrigen Unternehmen weitgehend ignoriert werden. Wie schon bei der niedrigen Rücklaufquote fällt der Handel auch bei dem Bedarf an Energieberatung durch weitgehendes Desinteresse aus dem



# Klimaschutzkonzept Sindelfingen

üblichen Rahmen heraus. Dementsprechend gering ist auch die Einschätzung des Stellenwertes der Energieeinsparung. Nur die Hälfte der im Handel tätigen Unternehmen schätzen die Bedeutung dieses Themas hoch ein. Vom Handel bereits durchgeführte Maßnahmen werden zu 80 % damit begründet, dass ohnehin erneuert werden musste.

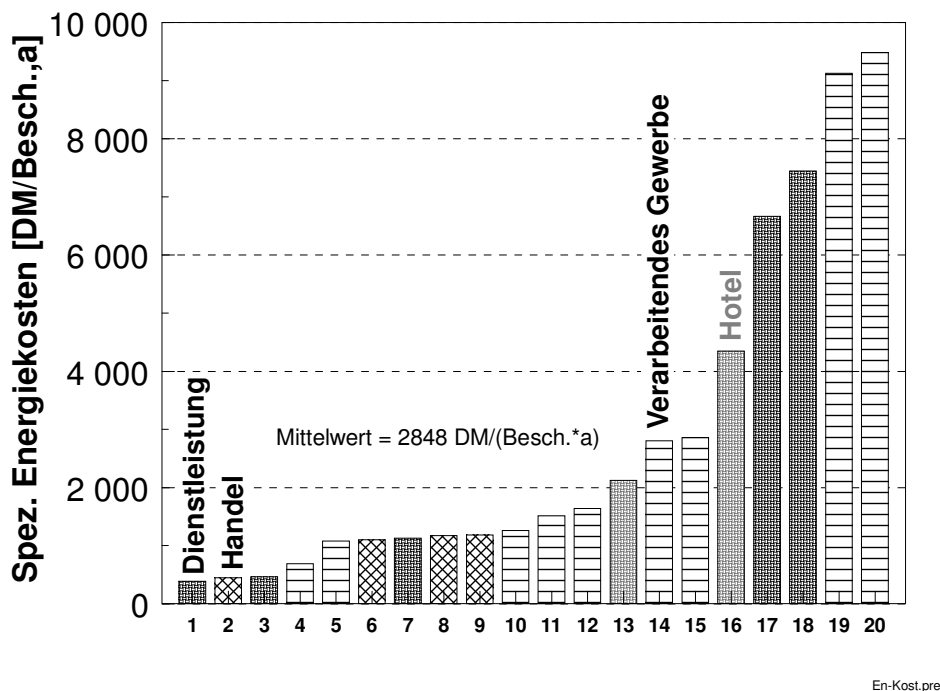
Ausnahmslos alle befragten Unternehmen des Kleinverbrauchs geben als Motivation für energiesparende Maßnahmen die Kostenminimierung an. Interessant ist, dass bei Hotels die Motive „Klima- und Umweltschutz“ sowie „Mitarbeiterbindung“ besonders häufig und bei öffentlichen Einrichtungen und sonstigen Dienstleistungen besonders selten genannt werden.

## 1.3.3 Energiekosten

Die Kostenminimierung ist das Hauptmotiv für energiesparende Maßnahmen. Die derzeitigen (Stand 1999) Energiekosten der Unternehmen sind daher von besonderem Interesse. Die Energiekosten wurden nicht direkt bei den Unternehmen erfragt. Sie lassen sich aber über die üblichen Energiepreise abschätzen, wobei folgende Ansätze gewählt wurden:

Strom	10,0	Pf/kWh <sub>el</sub>
Gas	4,9	Pf/kWh <sub>Hu</sub>
Öl	4,16	Pf/kWh <sub>Hu</sub>

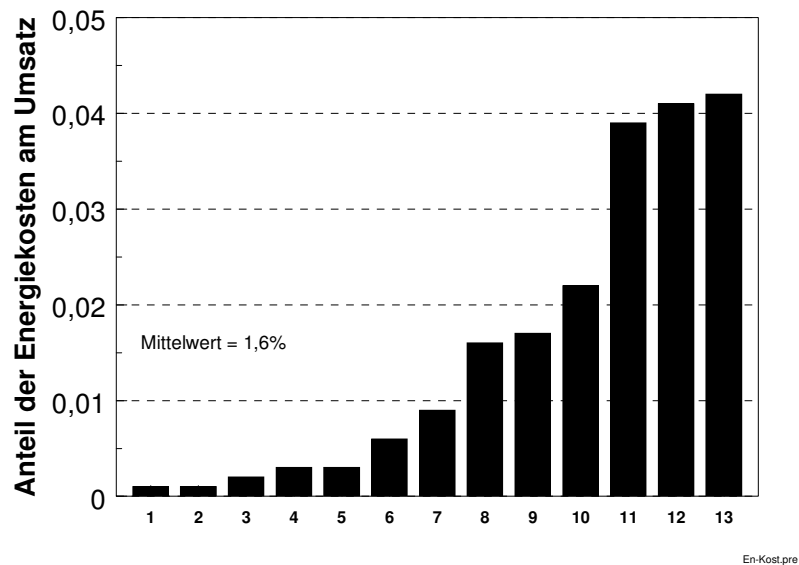
Im Mittel<sup>11</sup> lagen die Energiekosten je Beschäftigtem bei 2.848 DM, bezogen auf den Umsatz lagen sie bei 1,6 %. Die Streuung um diesen Mittelwert ist allerdings sehr hoch, wie **Abbildung 1.16** und **Abbildung 1.17** zeigen<sup>12</sup>.



**Abbildung 1.16: Energiekosten je Beschäftigtem für 20 Unternehmen**

<sup>11</sup> Es wurde über die Anzahl der Betriebe gemittelt.

<sup>12</sup> Je ein Extremwert, welcher aus unterschiedlichen Gründen das Gesamtbild verfälscht hätte, wurde in beiden Grafiken weggelassen und auch in der Mittelwertbildung nicht berücksichtigt.



**Abbildung 1.17: Anteil der Energiekosten am Umsatz für 13 Unternehmen**

Die Anzahl der dargestellten Betriebe ist unterschiedlich, da nicht alle Unternehmen die Fragen nach Beschäftigtenzahl oder Umsatz beantworteten.

Für das produzierende Gewerbe und Hotels ergeben sich tendenziell höhere Energiekosten, sodass hier ein besonderes wirtschaftliches Interesse am Energiesparen erwartet werden kann. Der Handel liegt stets im unteren Kostenfeld, was nach den Antworten zum Stellenwert der Energieeinsparung auch zu erwarten war. Andererseits sind die Gewinnspannen im Handel besonders klein.

Durch einen Vergleich der Energiekosten der einzelnen Unternehmen mit seinen bereits durchgeführten Maßnahmen sowie mit seinen Planungen und Motivationen lassen sich aus der Auswertung der Fragebögen interessante Schlussfolgerungen ziehen:

- Es gibt keine Korrelation zwischen den Energiekosten und der Motivation für durchgeführte Einsparmaßnahmen. (Das Motiv „Kosteneinsparung“ wurde ohnehin fast immer angegeben.)
- Auch der Stellenwert, der der Energieeinsparung in den Unternehmen zugemessen wird, ist nur schwach mit den spezifischen Energiekosten korreliert.
- Wenn es um durchgeführte Maßnahmen an Klimaanlage, Kälteerzeugern oder Wärmerückgewinnung geht, so wurden diese fast nur von Unternehmen mit hohem Energiekostenanteil realisiert. Die übrigen Maßnahmen sowie alle Planungen oder Beratungen sind kaum mit den Energiekosten korreliert.
- Für regenerative Energien interessieren sich nur Betriebe, welche einen geringen Energiekostenanteil aufweisen.

Ein weiteres Ergebnis der Auswertung des Fragebogens ist, dass solche Unternehmen, die einmal begonnen haben, sich etwas intensiver mit dem Thema Energie auseinander zu setzen, dieses Engagement auch weiter fortführen. Unternehmen, die bereits Maßnahmen durchgeführt haben, haben häufig bereits auch diesbezügliche Dienstleistungen in Anspruch genommen oder planen dies für die Zukunft. Außerdem planen sie meist weitere Maßnahmen.

# Klimaschutzkonzept Sindelfingen

Umgekehrt wird von Betrieben, die noch keine Maßnahmen durchgeführt haben, dies auch für die Zukunft nicht geplant und auch Beratungen wurden nicht in Anspruch genommen. Dennoch kreuzten auch diese Betriebe häufig einen hohen Stellenwert der Energieeinsparung für ihr Unternehmen an.

## 1.3.4 Städtische Gebäude und Liegenschaften

### Datenerhebung

Da die Verbrauchsdaten nicht zentral und projektbezogen vorlagen und in aufbereiteter Form zur Verfügung gestellt werden konnten, mussten verschiedene Stellen in Sindelfingen befragt werden.

Als Hauptinformationsquelle stand das Hochbauamt der Stadtverwaltung Sindelfingen zur Verfügung. Dessen Daten zum Heizenergieverbrauch der städtischen Gebäude beruhen allerdings auf Angaben aus dem Jahr 1995. Zudem sind sie nicht belastbar, weil es sich um Schätzwerte handelt. Es war aus der Leistungsangabe des Heizkessel mittels Vollbenutzungsstunden auf den Energieverbrauch geschlossen worden. Auch zum Stromverbrauch der Einrichtungen wurde das Hochbauamt befragt, und zwar für die Kindertageseinrichtungen, Schulen und Rathaus. Für diese standen sorgfältig erhobene Daten für 1999 zur Verfügung. Für weitere Stromverbrauchsangaben wurde eine vom Hochbauamt überlassene Abnehmerliste der Stadtwerke genutzt.

Ergänzend wurden befragt die Abteilung Gebäudemanagement, die Bezirksstellen Sindelfingen Maichingen und Darmsheim, das Tiefbauamt für Straßenbeleuchtung und Verkehrssignalanlagen, ferner die Stadtverwaltung Böblingen zur Rappenbaumschule, die zur Hälfte einer Nutzung durch Sindelfingen zugerechnet wurde. Auch externe Stellen lieferten Daten, so der Stadtjugendring Sindelfingen e.V., das Sport- und Bäderamt, die Veranstaltungs-GmbH für Stadt-, Klosterseehalle und das Bürgerhaus Maichingen, der Zweckverband Kläranlagen (die beiden Letzteren in Form einer Extrabefragung) und die aus der Stadtverwaltung ausgegliederte Abteilung Stadtgrün.

### Ergebnisse

Bei der Zuordnung des Endenergiebedarfs wurden die städtischen Einrichtungen der Funktion nach in verschiedene Gruppen eingeteilt. Dabei musste aber berücksichtigt werden, dass viele dieser Einrichtungen von einer Heizzentrale versorgt werden. So liefert die Heizung des Rathauses der Kernstadt auch die Wärme für Bibliothek, Galerie, Musikschule und Stadtmuseum. Deswegen wurden die Verbräuche nicht den einzelnen Liegenschaften, sondern in einer Gruppe 'Rathaus' zusammengefasst.

Der Energieverbrauch des Bezirksamts Maichingen befindet sich in den Angaben des Bürgerhauses Maichingen.

Gleichfalls hat der Schulkomplex Klostergarten eine zentrale Heizenergieversorgung, in diesem Fall sogar durch ein BHKW. Zusätzlich zu den Schulen wird auch ein Kindergarten sowie das Jugendhaus Mitte versorgt. Somit befinden sich die Heizenergieverbrauchswerte bei den Schulen.

Weitere große Zentralversorgungen sind die Schulen Sommerhofen, Goldberg und das Stiftungsgymnasiums, letzteres versorgt auch eine Volkshochschule. Teilweise werden auch hier Kindergärten mit beheizt. Auch gilt das bei der Heizenergie oben angeführte.

## Sindelfingen heute

Die kommunalen Einrichtungen können in die folgenden sieben Gruppen eingeteilt werden. Die Werte in Klammern geben die jeweilige Anzahl an:

- Rathäuser, ohne Bezirksamt Maichingen, (2)  
Kernstadt einschließlich Bibliothek, Galerie, Musikschule und Stadtmuseum
- Kindertagesstätten (32)
- Schulen (19)  
einschließlich der zugehörigen Turnhallen und Hallenbäder
- Sportanlagen (5)  
Stadion, Glaspalast, Hallenbäder, Freibad
- Jugendhilfeeinrichtungen (8)
- Bürgerzentren (15)  
einschließlich Bezirksamt Maichingen, Turn- und Festhallen, VHS
- Sonstiges :  
Kläranlagen (2)  
Feuerwehr (3)  
Regiebetrieb Stadtgrün (Friedhöfe) (3)  
Straßenbeleuchtung und Verkehrsanlagen

Der gesamte Endenergiebedarf bei Strom und Wärme ist in **Tabelle 1.11** zusammengefasst.

**Tabelle 1.11: Übersicht über den Endenergiebedarf der kommunalen Einrichtungen**

Einrichtung	Strom <sup>1)</sup>	Wärmeversorgung						Summe
		Erdgas	Heizöl	Fernwärme	Klärgas	elektr. Wärmepumpe	Nachtspeicher	
		MWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a	
Rathäuser ohne Maichingen <sup>2)</sup>	1.394	86	3.762					5.242
Schulen	2.627	7.836	13.803					24.266
Sportstätten	3.430	10.969						14.399
Kindergärten	324	1.062	1.444	242		171		3.243
Jugendeinrichtungen	81	150	198			0		429
Bürgerzentren	1.505	3.211	2.128			9		6.853
<i>Sonstige:</i>								
Klärwerke	3.600		977					4.577
Feuerwehr	61	1.045	174					1.280
Friedhöfe	113	183	349				72	717
Straßenbeleuchtung	3.300							3.300
Signalverkehrsanlagen	308							308
<b>Summe</b>	<b>16.743</b>	<b>24.542</b>	<b>22.835</b>	<b>242</b>	<b>0</b>	<b>180</b>	<b>72</b>	<b>64.614</b>
<sup>1)</sup> ohne Strom zur Wärmeversorgung								
<sup>2)</sup> Rathaus Sindelfingen einschl. Bibliothek, Galerie, Musikschule, Stadtmuseum								

## Klimaschutzkonzept Sindelfingen

Einige Heizanlagen (Gymnasium Unterrieden, Grundschule Darmsheim, Schulzentrum Klostergarten) können im Mischbetrieb Gas/Heizöl gefahren werden. Hier wurde der Verbrauch auf die Energieträger zu gleichen Teilen aufgeteilt.

Die Fernwärmeversorgung zweier Kindertageseinrichtungen erklärt sich als Fremdversorgung durch Wohnbaugesellschaften bzw. einer Kinderkrippe durch den Vermieter. Von den zwei Wärmepumpenanlagen aus dem Jahr 1995 ist nur noch eine in Betrieb. Ein Kindergarten hat eine BHKW-Versorgung durch das von den Stadtwerken betriebene BHKW.

Das Jugendhaus Maichingen wird durch eine Nachtspeicherheizung beheizt, der Stromverbrauch dafür ist nicht bekannt.

In den Klärwerken werden Klärschlamm bzw. das Klärgas energetisch genutzt. Das Klärwerk Sindelfingen hat ein BHKW. Die Mengen, die eingesetzt werden, sind nicht bekannt. Die Verbräuche sehen wie folgt aus:

**Tabelle 1.12: Strom- und Öleinsatz in den Klärwerken**

	<b>Strom [MWh/a]</b>	<b>Heizöl [MWh/a]</b>
Klärwerk Sindelfingen	3300	823
Klärwerk Darmsheim	300	154

Vom Strombedarf des Klärwerkes Sindelfingen werden 2.100 MWh durch das BHKW bereitgestellt. Im Klärwerk Darmsheim wird mit Öl und Klärgas gefeuert.

### Bedarfsanalyse nach Energieträgern

Beim Vergleich der Anteile der Brennstoffe Erdgas und Heizöl sowie Strom am Endenergiebedarfs wird die Gruppe „Sonstige“ (Klärwerke, Friedhöfe, Feuerwehr, Straßenbeleuchtung und Verkehrssignalanlagen) nicht bewertet. Auch die geringen Anteile von Fernwärme, Wärmepumpen und Nachtspeicheröfen wurden nicht mitbeachtet.

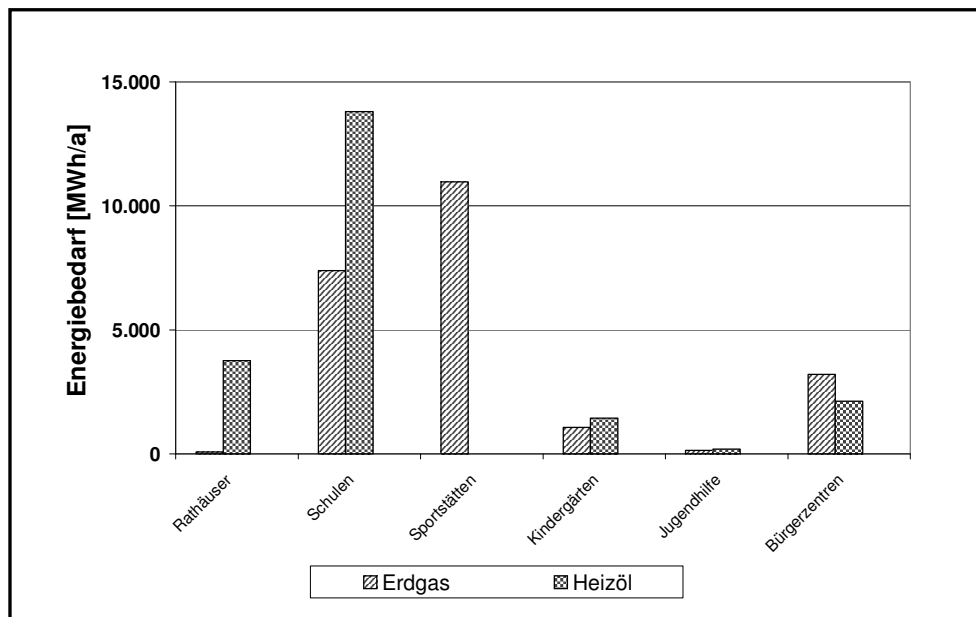
Das Ergebnis stellt sich folgenderweise dar:

**Tabelle 1.13: Anteile von Strom, Erdgas und Heizöl am Endenergiebedarf der kommunalen Gebäude**

	<b>Strom</b>	<b>Erdgas</b>	<b>Heizöl</b>
Anteil am Endenergiebedarf	28 %	38 %	35 %

Der Energieträger Erdgas spielt (im Jahr 1995) bei der Raumheizung mit 38 % die größte Rolle. Heizöl erreicht nur einen Anteil von 35 %.

Bezogen auf die einzelnen Organisationsgruppen sieht das Bild so aus:



**Abbildung 1.18: Verteilung des Endenergiebedarfs auf die verschiedenen Gruppen öffentlicher Einrichtungen**

### Neuere Entwicklung

Seit 1999 betreut die Firma GA-tec Energie-Controlling GmbH Heidelberg verschiedene städtische Einrichtungen. Dabei handelt es sich um ein Einsparcontracting. In die unterschiedlichen Verbrauchseinrichtungen für Strom-, Wärme- und Wasser wurden Zähler eingebaut. Die Verbrauchswerte werden zur Kontrolle an die Firma fernübertragen. Es können Leckagen festgestellt, aber auch Verbrauchsprofile optimiert werden.

Die Kosteneinsparung als Differenz zwischen früherem und jetzigem Verbrauch wird zwischen GA-tec und Stadt Sindelfingen aufgeteilt.

Investive Maßnahmen wie beispielsweise Wärmedämmung gehören nicht zum Aufgabenbereich von GA-tec.

Betreut werden das Rathaus mitsamt den mitversorgten Gebäuden, die Schulen einschließlich der mitversorgten Kindergärten, die Volkshochschulen, Haus der Handweberei, Haus der Familie, Polizei und Sportpark, insgesamt 36 Objekte. Eine Liste der von der GA-tec betreuten Objekte findet sich im Anhang.

### Straßenbeleuchtung

Der Strombedarf für die Straßenbeleuchtung ist sehr hoch. Das Tiefamt versucht durch Lastgangoptimierung und das Umrüsten auf energiesparende Lampen, die sehr großes Einsparpotenzial haben, den Stromverbrauch zu senken. Auch bei den Verkehrssignalanlagen wird verstärkt auf die Wirtschaftlichkeit geachtet durch das Einsetzen von Anlagen mit LED-Signalgebern. Diese bieten den Vorteil der Langlebigkeit, das Energieeinsparpotenzial dagegen ist gering.

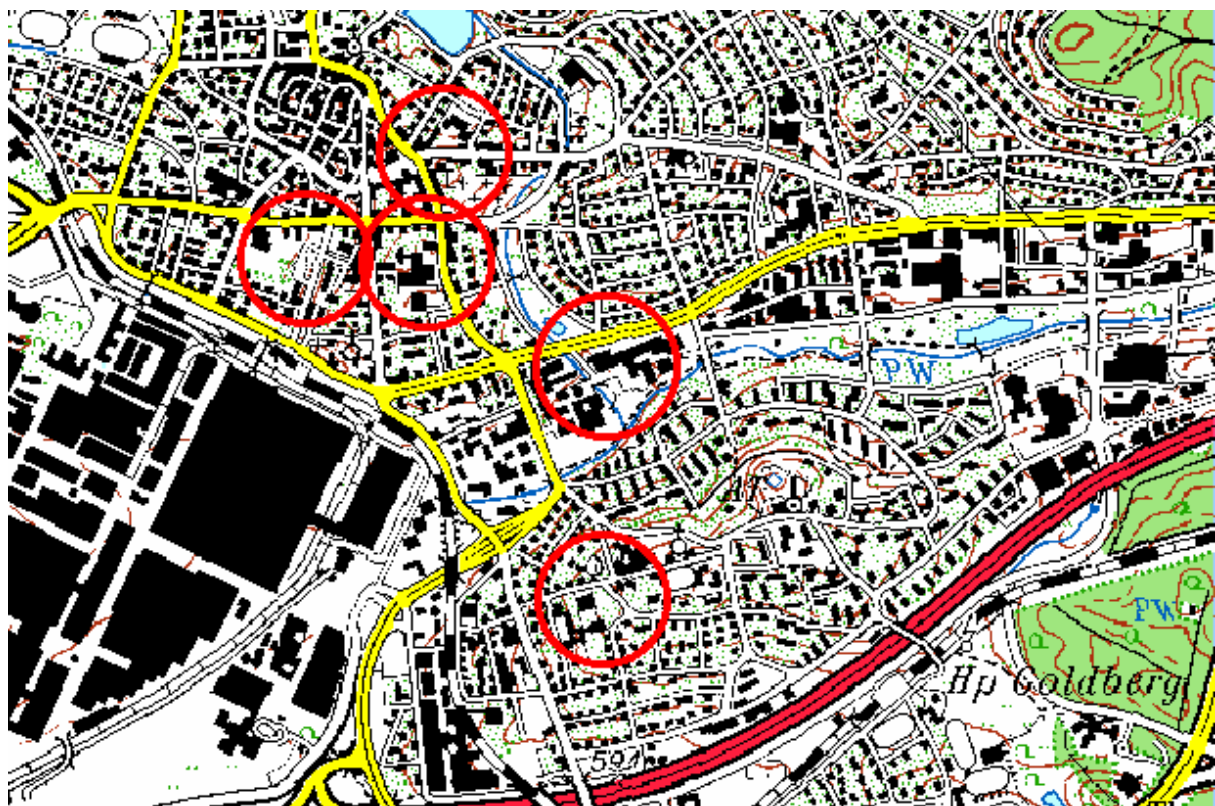
# Klimaschutzkonzept Sindelfingen

## Wärmeversorgung durch die Stadtwerke Sindelfingen

Im Oktober 2000 haben die Stadtwerke Sindelfingen für verschiedene städtische Einrichtungen die Heizwärmeversorgung übernommen. Seitdem wird die Grund- und Hauptschule Maichingen durch das BHKW Grünäcker versorgt.

Im Vorgriff auf die Fernwärmeversorgung durch das Heizkraftwerk der Firma DaimlerChrysler wurde in das Stiftsgymnasium ein weiterer Heizkessel installiert; seit Oktober 2000 verkaufen die Stadtwerke der Stadt Sindelfingen die dort erzeugte Wärme.

Derzeit vollzieht sich der Aufbau eines Fernwärmeversorgungsnetzes. Im Endzustand sollen das Schulzentrum Goldberg einschließlich zweier Kindergärten sowie der Berufsschule, der Komplex Stern, das Stiftsgymnasium sowie ein Kindergarten, die Volkshochschule, Rathaus und Feuerwehr angeschlossen werden.



**Abbildung 1.19:** Standorte der öffentlichen Einrichtungen, die an die Fernwärme aus dem Daimler-HKW angeschlossen werden

## Fazit

Das Hochbauamt der Stadt lieferte zum Heizenergieverbrauch Angaben aus dem Jahr 1995, und zwar in Form von Schätzwerten: Leistungsangabe des Heizkessel multipliziert mit Vollbenutzungsstunden ergibt den Energieverbrauch. Der Stromverbrauch musste größtenteils bei den Einrichtungen selbst abgefragt werden. Dazu ist zu sagen, dass in der Sindelfinger Stadtverwaltung in den letzten Jahren in der Abteilung Energieberatung Personal abgebaut worden ist, in Folge dessen war offensichtlich keine bessere Datenerhebung und -pflege möglich.

Ein wichtiger, richtiger Schritt in Richtung Energiesparen wurde mit der Beauftragung der Firma GA-tec gemacht, die bei zahlreichen städtischen Einrichtungen Verbrauchsmessungen durchführt. Von größter Bedeutung wird die Versorgungsübernahme mehrerer größerer und aufgrund räumlicher Nähe zusammenfassbarer Einrichtungen der Stadt durch die Stadtwerke Sindelfingen mit Aufbau eines Fernwärmeversorgungsnetzes und Anschluss an das Heizkraftwerk der Firma DaimlerChrysler sein.

Trotz dieser Maßnahmen sollte in der Stadtverwaltung das Thema Energieeinsparung nicht hinten angestellt werden. Es sollte für alle Einrichtungen der Verbrauch an Heizenergie und Strom zentral erfasst und überwacht werden. Dafür sollte ausreichend Personal zur Verfügung gestellt sein.

Die Fernwärmeversorgung (einiger Gebäude) geht nur auf die Angebotsseite ein. Es sollten aber auch Einsparpotentiale beim Bedarf aufgespürt werden. Für Planung und Durchführung von Wärmedämmmaßnahmen aller Einrichtungen und Kesselerneuerung (vor allem bei den Kindertageseinrichtungen) u.a. sollten ausreichend Personal aber auch finanzielle Mittel im Haushalt bereitgestellt werden.

### 1.3.5 DaimlerChrysler

DaimlerChrysler ist mit 36.500 Beschäftigten<sup>13</sup> der mit Abstand größte Arbeitgeber in Sindelfingen. Der Energieverbrauch ist etwa genauso hoch wie der aller übrigen Verbraucher der Stadt.

**Tabelle 1.14** zeigt die Struktur des Energieverbrauchs von DaimlerChrysler am Standort Sindelfingen. Kernstück der Energieversorgung auf dem Daimler-Gelände ist das mit Gas betriebene **Heizkraftwerk (HKW)**. Nahezu der gesamte Wärmebedarf wird hier bereitgestellt. Auch ein Drittel des Strombedarfs wird im HKW erzeugt. Mitte der 90er Jahre wurde noch mehr als die Hälfte des Stroms durch Eigenerzeugung bereitgestellt. Auf Grund der stark gesunkenen Strompreise wird das HKW heute nur noch wärmegeführt betrieben. Im Kondensationsbetrieb, bei dem die entstehende Wärme ungenutzt weggekühlt werden muss, wird kein Strom mehr erzeugt. Der Jahresnutzungsgrad der Anlage stieg dadurch auf 84 %.

**Tabelle 1.14: Endenergieverbrauch von DaimlerChrysler, 1999**

	Strom GWh	Erdgas GWh	Heizöl GWh	Fernwärme GWh	Summe GWh
Raumwärme Warmwasser	0,05 bei Raumwärme	- enthalten	1	368	<b>369</b>
Prozeßwärme	20	-	1	278	<b>299</b>
Licht+Kraft	474	-	-	-	<b>474</b>
<b>Summe</b>	<b>494</b> 1)	<b>960</b> 2)		<b>646</b>	<b>1142</b> 3)

1) netto (d.h. ohne Eigenverbrauch des HKW von 25 GWh). Davon aus HKW 164 GWh (33,2%).  
 2) Der gesamte Gasbezug wird im HKW verfeuert.  
 3) (Fremd-)Bezug von Gas, Heizöl und Strom.

Daimler.wk4

<sup>13</sup> Quelle: DaimlerChrysler. Einschließlich Diplomanden und Praktikanten, die in den amtlichen Statistiken nicht zu Beschäftigten gezählt werden.



# Klimaschutzkonzept Sindelfingen

Ende der 80er Jahre wurde das HKW modernisiert. Der Schadstoffausstoß wurde auf weniger als 1/10 des ursprünglichen Wertes verringert. Auch die heute gültigen verschärften gesetzlichen Grenzwerte werden noch deutlich unterschritten. Auf Grund neuer EU-Vorschriften erschweren diese Erfolge paradoxerweise weitergehende Maßnahmen zur Förderung des Klimaschutzes (siehe Anhang zu Kapitel 2.1.1, Vorschalten von Gasturbine). Auch die als Reserve vorgehaltenen konventionellen Heizkessel, welche derzeit nur 1,4 % des Wärmebedarfs decken, wurden modernisiert.

Von besonderem Interesse für das Klimaschutzkonzept-Sindelfingen ist das HKW, weil hier noch erhebliche Leistungsreserven vorhanden sind, welche von der Stadt und den Stadwerken genutzt werden können. Diese Reserven sind ein Nebeneffekt, welcher aus der Umstellung der Lackierstraße Daimlers auf umweltfreundliche Wasserlacke resultierte. Durch erfolgreiche energiesparende Maßnahmen konnte im Bereich der Lackiererei der Wärmebedarf in erheblichem Umfang verringert werden. Selbst an kalten Wintertagen kann so der Wärmebedarf vollständig aus der Kraft-Wärme-Kopplungsanlage entnommen werden. Die Spitzenkessel werden derzeit fast überhaupt nicht benötigt. Rein rechnerisch kann nahezu der gesamte Wärmebedarf Sindelfingens aus der bestehenden Anlage gedeckt werden, wobei dann weitere Spitzenkessel ergänzt und häufiger in Betrieb genommen werden müssten, um an den kalten Wintertagen etwa 10 % des Jahresverbrauchs abzudecken.

Weitere Angaben zu dem bestehenden HKW finden sich im Anhang zu Kapitel 2.1.1.

## 1.4 Verkehr

Der Verkehr hat an den CO<sub>2</sub>-Emissionen Deutschlands von Klimagasen einen Anteil von etwa 26 %. Für Sindelfingen wurde im Rahmen des vorliegenden Klimaschutzkonzeptes nur eine grobe Analyse des Verkehrssektors durchgeführt mit dem Ziel, die Energie- und Schadstoffbilanzen abzurunden. Ein Verkehrskonzept mit detaillierteren Untersuchungen wird derzeit durch das Büro Dr. Brenner & Münnich, Aalen durchgeführt.

**Tabelle 1.15** zeigt den Fahrzeugbestand Sindelfingens und Deutschlands.

**Tabelle 1.15: Fahrzeugbestand**

	Einheit	Pkw	Nutzfahrzeuge	Krafträder
Deutschland, 1998	1.000 Stck.	42.423	5.125	3.178
Sindelfingen, 01.01.2000	Stck.	35.881	2.018	2.181

Es kann davon ausgegangen werden, dass Fahrleistung und Verbrauch der Sindelfingen Pkw nicht wesentlich vom bundesdeutschen Mittelwert abweichen. Unter dieser Voraussetzung können die vom Statistischen Bundesamt ermittelten Emissionen für den Verkehrssektor entsprechend dem Fahrzeugbestand auf Sindelfingen heruntergebrochen werden. Das Ergebnis ist in **Tabelle 1.16** dargestellt.

**Tabelle 1.16: CO<sub>2</sub>- und Schadstoffemissionen im Verkehr 1998 (nur direkte Emissionen)**

	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	Staub	CO	NMVO <sup>1)</sup>
Deutschland	186 Mio. t	35.000 t	1.077.000 t	56.000 t	3.136.000 t	462.000 t
Sindelfingen	0,156 Mio. t	29 t	900 t	47 t	2.600 t	390 t

<sup>1)</sup> NMVOC = Alle flüchtige Kohlenwasserstoffe außer Methan

Tabelle 1.16 berücksichtigt nur die durch Sindelfinger Bürger verursachten Emissionen. Die zusätzliche starke Belastung Sindelfingens durch (Berufs-)Einpender aus anderen Gemeinden ist hier nicht enthalten. In diesem Zusammenhang wird nochmals auf das oben bereits erwähnte Verkehrsgutachten verwiesen.

## 1.5 Die Energie- und Schadstoffbilanz Sindelfingens

Die herausragende Bedeutung, die das Werk von DaimlerChrysler für die Industriestadt Sindelfingen hat, wirkt sich selbstverständlich auch bei der Bilanzierung der Endenergie, der Treibhausgase und der Luftschadstoffe aus. Aus diesem Grunde werden die Bilanzen von DaimlerChrysler in den folgenden Abschnitten immer getrennt aufgeführt, da sonst das Bild im Vergleich zu anderen Städten derselben Größenordnung zu sehr verzerrt würde.

Die im vorigen Abschnitt beschriebene Verkehrssituation in Sindelfingen wird bei der Bilanzierung der Treibhausgase und der Luftschadstoffe mit berücksichtigt, nicht jedoch bei der Endenergie.

Alle im Folgenden genannten Zahlen beziehen sich auf das Bilanzierungsjahr 1999!

### 1.5.1 Endenergiebilanz

Zunächst wird der Bedarf an Endenergie für die drei Wirtschaftssektoren private Haushalte, Kleinverbrauch und Industrie aufgeschlüsselt. Unter dem häufig verwirrenden Begriff 'Kleinverbrauch' versteht man die Summe aller öffentlichen und privaten Dienstleistungen, sowie Betriebe des produzierenden Gewerbes mit weniger als 20 Beschäftigten.

**Tabelle 1.17** zeigt die entsprechende Übersicht.

**Tabelle 1.17: Aufteilung der Endenergieträger nach Wirtschaftssektoren**

	Erdgas [MWh/a, H <sub>u</sub> ]	Heizöl [MWh/a]	Strom [MWh/a]	Nah-/Fernwärme [MWh/a]	Kohle [MWh/a]	Holz [MWh/a]	Summe [MWh/a]
Private Haushalte	119.800	248.100	116.000	4.700	5.720	5.720	<b>500.040</b>
Kleinverbrauch	145.000	64.000	64.300	17.200			<b>290.500</b>
Industrie	121.000	47.000	136.000				<b>304.000</b>
<b>Summe Stadt</b>	<b>385.800</b>	<b>359.100</b>	<b>316.300</b>	<b>21.900</b>	<b>5.720</b>	<b>5.720</b>	<b>1.094.540</b>
Daimler-Chrysler		2.000	494.000	646.000			<b>1.142.000</b>
<b>Summe gesamt</b>	<b>385.800</b>	<b>361.100</b>	<b>810.300</b>	<b>667.900</b>	<b>5.720</b>	<b>5.720</b>	<b>2.236.540</b>

Der hohe Anteil des Heizöls bei den privaten Haushalten wird durch die Bedarfsstruktur im Kleinverbrauch und in der Industrie wieder kompensiert, sodass für die Stadt ohne Daimlerwerk das Erdgas mit einem Anteil von 386 GWh/a sogar überwiegt.

Die Nahwärme im Bereich der Stadt wird durch drei Blockheizkraftwerke bereitgestellt. Das sind zum einen das BHKW im Badezentrum Hohenzollernstraße, das auch das städtische Krankenhaus versorgt, sowie die Anlagen in den Neubaugebieten Grünäcker in Maichingen und Wolfachstraße in Darmsheim. Im Bilanzierungsjahr 1999 lieferten die BHKW insgesamt 21.900 MWh/a Wärme. Die gleichzeitig erzeugte Strommenge belief sich auf rund 9.000 MWh, um die sich der Strombezug der Stadtwerke reduziert. In der im Badezentrum installierten KWK-Anlage wird neben Erdgas auch Deponiegas als Brennstoff eingesetzt. Sein Anteil lag im fraglichen Zeitraum bei rund 24 % des Gesamtbedarfs oder 6.300 MWh/a.

## Klimaschutzkonzept Sindelfingen

Der berechnete Bedarf für Erdgas und Strom in Höhe von 385,8 bzw. 316,3 GWh/a stimmt sehr gut mit der tatsächlichen Abgabe dieser beiden Energieträger durch die Stadtwerke überein. Die verkaufte Erdgasmenge liegt mit 390 GWh in 1999 lediglich rund 1 % über dem berechneten Wert. Ähnlich fällt der Vergleich beim Strom aus. Davon haben die Stadtwerke insgesamt 320 GWh in 1999 an ihre Kunden verkauft.

Die Abweichungen zwischen den berechneten und gemessenen Verbrauchswerten bei den leitungsgebundenen Energieträgern Erdgas und Strom erklären sich aus der bei der Berechnung angewandten Methodik. Die Berechnung des Wärmebedarfs des Gebäudebestands mit Hilfe repräsentativer Gebäudetypen (siehe Abschnitt 1.2) und die Bedarfsermittlung für Industrie, Gewerbe- und Dienstleistungsbetriebe auf der Grundlage einer Umfrage (siehe Abschnitt 1.3) ist zwar einerseits hinreichend genau, aber andererseits auch unvermeidlich mit Fehlern behaftet. Trotz des in Teilbereichen möglichen Abgleichs mit Verbrauchswerten und einer Gradtagszahlbereinigung des Wärmebedarfs für die Wohngebäude, blieben kleine Unterschiede bestehen. Der gesamte Endenergieeinsatz der Stadt mit insgesamt 1.095 GWh/a liegt praktisch genauso hoch, wie der entsprechende Wert für das Werk von DaimlerChrysler, der 1.142 GWh/a beträgt. Dort werden aus 960.000 MWh Erdgas 646.000 MWh Wärme und 164.000 MWh Strom erzeugt.

Berechnet man die Endenergiebilanz in Abhängigkeit der Anwendungsbereiche Raumheizung, Warmwasser, Prozesswärme sowie Licht und Kraft, verändern sich die einzelnen Anteile wie folgt:

**Tabelle 1.18: Aufteilung der Endenergieträger nach Anwendungsbereichen**

	Erdgas [MWh/a, H <sub>u</sub> ]	Heizöl [MWh/a]	Strom [MWh/a]	Nah-/Fernwärme [MWh/a]	Kohle [MWh/a]	Holz [MWh/a]	Summe [MWh/a]
Raumwärme	272.700	322.500	32.500	21.200	5.720	5.720	<b>660.340</b>
Warmwasser	21.200	14.800	15.500	700			<b>52.200</b>
Prozeßwärme	91.900	21.800	19.800				<b>133.500</b>
Licht und Kraft			248.500				<b>248.500</b>
<b>Summe Stadt</b>	<b>385.800</b>	<b>359.100</b>	<b>316.300</b>	<b>21.900</b>	<b>5.720</b>	<b>5.720</b>	<b>1.094.540</b>
Raumwärme		1.000		368.000			<b>369.000</b>
Prozeßwärme		1.000	20.000	278.000			<b>299.000</b>
Licht und Kraft			474.000				<b>474.000</b>
<b>Summe Daimler</b>		<b>2.000</b>	<b>494.000</b>	<b>646.000</b>			<b>1.142.000</b>
<b>Summe gesamt</b>	<b>385.800</b>	<b>361.100</b>	<b>810.300</b>	<b>667.900</b>	<b>5.720</b>	<b>5.720</b>	<b>2.236.540</b>

Die Zahlen spiegeln die große Dominanz der Raumheizung wieder. Allein 60 % der Endenergie in der Stadt (ohne DC) werden zum Beheizen von Wohn- und Nichtwohngebäuden benötigt. Dies zeigt, dass es in diesem Anwendungsbereich sehr große Potenziale für den Klimaschutz gibt.

Erdgas und Heizöl weisen die größten Anteile bei der Raumwärme auf. Zusammengerechnet werden durch beide Energieträger fast 90 % des Bedarfs abgedeckt. Stromheizungen kommen praktisch nur im Haushaltssektor vor, während Dienstleistungsbetriebe und Industrie auf dessen Einsatz zum Heizen bis auf wenige Ausnahmen verzichten.

Die Nahwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung spielt bislang auch noch eine sehr bescheidene Rolle. Ihr Deckungsanteil liegt gerade bei 3,2 %. Die ausschließlich mit Öl- oder Gaskesseln

betriebenen Heizzentralen zur gemeinsamen Versorgung jeweils einiger großer Wohngebäude und öffentlicher Liegenschaften fallen in Tabelle 1.18 nicht unter die Kategorie Nahwärme.

Der Energienachfrage im Anwendungsbereich Licht und Kraft, wo ausschließlich Elektrizität zum Einsatz kommt, weist einen Anteil von 22,7 % auf, während Prozesswärme (hauptsächlich in Industrie und Gewerbe), sowie Warmwasser deutlich darunter liegen.

Im Werk von DaimlerChrysler sind die Verhältnisse zwischen den verschiedenen Anwendungsbereichen stärker ausgeglichen, wobei der Strom mit 41,5 % überwiegt. In diesem Zusammenhang muss erwähnt werden, dass durch effizientere Energienutzung, der Endenergiebedarf des Werks während der letzten Jahre kontinuierlich reduziert werden konnte.

### 1.5.2 Bilanz der Treibhausgase

Die Bilanzierung der Treibhausgase und der Luftschadstoffe erfolgt auf der Grundlage der Datenbank in GEMIS 3.1 /GEMIS 1999/, die zu Zeiten der Durchführung der Arbeiten, die aktuellste verfügbare Version war.

Grundsätzlich gilt Bilanzieren die Regel, dass sich die Gesamtemissionen zum einen aus den Emissionen, die aus der Anwendung des Energieträgers vor Ort (lokal) und zum Zweiten aus den Emissionen, die bei Gewinnung, Aufbereitung und Transport des Energieträgers zum Einsatzort entstehen, zusammensetzen. Die entsprechenden Emissionsfaktoren sind im Anhang dokumentiert.

Für Sindelfingen werden die Treibhausgase Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) bilanziert. Das im Vergleich zu CO<sub>2</sub> deutlich höhere Treibhauspotenzial von Methan und Lachgas, wird in eine äquivalente Kohlendioxidmenge umgerechnet. Addiert man diese zu den eigentlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen, ergibt das die so genannten CO<sub>2</sub>-Äquivalente. Auch diese Größe wurde für Sindelfingen ermittelt.

Die Treibhausgasemissionen für die Stadt ohne Daimler, für das Daimlerwerk, sowie die Summe aus beiden, sind in **Tabelle 1.19** zusammengefasst. Vorangestellt sind die Mengen der in Sindelfingen eingesetzten Energieträger. Die Emissionsberechnung bezieht sich ausschließlich auf die stationäre Energieversorgung, der Verkehr ist also **nicht** eingerechnet.

In der Zeile „Energieträgereinsatz“ am Kopf der Tabelle wurden die von den Stadtwerken Sindelfingen im Jahr 1999 jeweils tatsächlich verkauften Mengen Erdgas und Strom eingesetzt und nicht die in der Endenergiebilanz berechneten Werte.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Stadt Sindelfingen betragen für das Jahr 1999 – ohne das Daimlerwerk – rund 411.000 Tonnen. Bezogen auf die Einwohnerzahl von 60.000 ergibt sich daraus ein spezifischer Wert von ca. 6,8 t/a pro Einwohner. Ein Ergebnis, wie es in anderen Städten vergleichbarer Größe ebenfalls berechnet wurde /Waiblingen 1998/.

Die mengenmäßig betrachtet geringen Emissionen von Methan und Lachgas (1.706 t/a bzw. 13 t/a) besitzen jedoch für sich ein erhebliches zusätzliche Treibhauspotenzial, das einem Ausstoß von rund 48.000 Tonnen CO<sub>2</sub> entspricht. Dementsprechend liegt die Menge der daraus resultierenden CO<sub>2</sub>-Äquivalente bei insgesamt 459.000 Tonnen pro Jahr.

Interessant ist in diesem Zusammenhang ein Vergleich zwischen den Energieträgern Erdgas und Heizöl. Einschließlich Prozesskette weist Erdgas bei CO<sub>2</sub> einen Emissionsfaktor von 229 kg/MWh auf. Der entsprechende Wert für Heizöl liegt bei 303 kg/MWh. Der Klimavorteil von Erdgas beträgt somit bei ausschließlicher Betrachtung des Kohlendioxids rund 24 %!

# Klimaschutzkonzept Sindelfingen

**Tabelle 1.19: Bilanz der Treibhausgasemissionen für Sindelfingen, getrennt nach Stadtgebiet und DaimlerChrysler-Werk**

<i>Energieträgereinsatz</i>	<b>Erdgas</b> [MWh/a <sub>H<sub>2</sub></sub> ]	<b>Heizöl</b> MWh/a	<b>Strom</b> MWh/a	<b>Kohle</b> MWh/a	<b>Holz</b> MWh/a		
Stadt ohne Daimler	390.000	359.100	320.000	5.720	5.720		
Stromgutschrift BHKW-Strom			9.000				
Daimler-Chrysler	960.000	2.000	330.000				
<i>Treibhausgasemissionen Stadt ohne Daimler</i>	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	Summe [t/a]	spez. E. [kg/E.,a]
CO <sub>2</sub> (Kohlendioxid)	88.815,3	108.792,1	205.588,9	2.418,2	8,5	<b>405.623</b>	<b>6.760</b>
CH <sub>4</sub> (Methan)	1.004,4	44,7	652,0	2,0	0,3	<b>1.703</b>	<b>28</b>
N <sub>2</sub> O (Lachgas)	2,0	1,5	9,3	0,2	0,1	<b>13</b>	<b>0,22</b>
CO <sub>2</sub> -Äquivalente	110.471,8	110.200,3	230.522,7	2.531,5	46,7	<b>453.773</b>	<b>7.563</b>
<i>Treibhausgasemissionen Daimler-Chrysler</i>							
CO <sub>2</sub> (Kohlendioxid)	218.622,3	605,9	218.149,0	0,0	0,0	<b>437.377</b>	<b>7.290</b>
CH <sub>4</sub> (Methan)	2.472,3	0,2	691,8	0,0	0,0	<b>3.164</b>	<b>53</b>
N <sub>2</sub> O (Lachgas)	4,9	0,0	9,9	0,0	0,0	<b>15</b>	<b>0,25</b>
CO <sub>2</sub> -Äquivalente	271.930,5	613,8	244.606,0	0,0	0,0	<b>517.150</b>	<b>8.619</b>
<i>Treibhausgasemissionen gesamt</i>							
CO <sub>2</sub> (Kohlendioxid)	307.437,7	109.398,0	423.737,9	2.418,2	8,5	<b>843.000</b>	<b>14.050</b>
CH <sub>4</sub> (Methan)	3.476,7	45,0	1.343,9	2,0	0,3	<b>4.868</b>	<b>81</b>
N <sub>2</sub> O (Lachgas)	6,9	1,6	19,2	0,2	0,1	<b>28</b>	<b>0,47</b>
CO <sub>2</sub> -Äquivalente	382.402,3	110.814,0	475.128,7	2.531,5	46,7	<b>970.923</b>	<b>16.182</b>

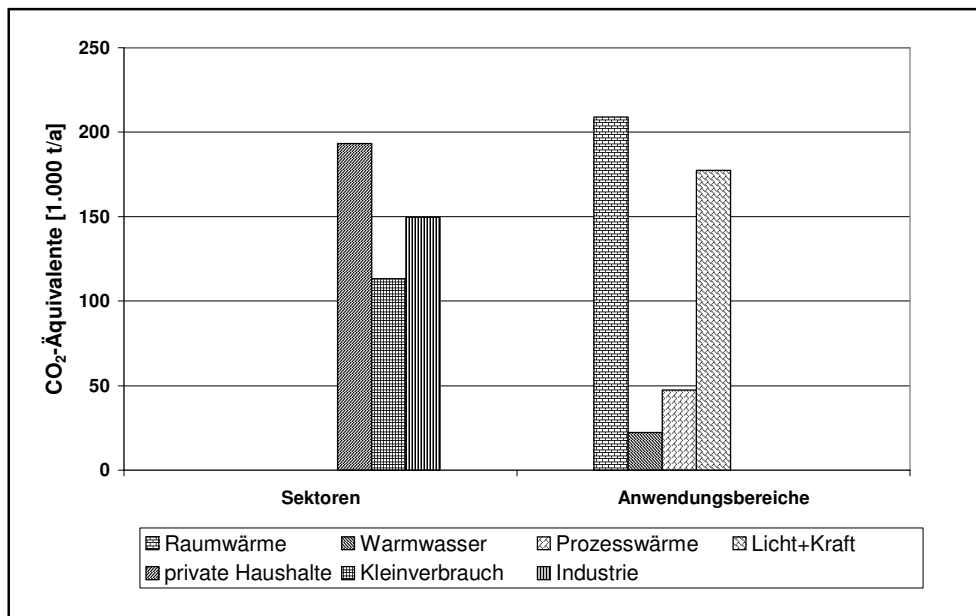
Bezieht man bei der Bilanzierung jedoch auch die Methan und Lachgasemissionen mit ein, erhöht sich der Emissionsfaktor von Erdgas auf 283 kg/MWh CO<sub>2</sub>-Äquivalente, während der von Heizöl nur geringfügig auf 307 kg/MWh CO<sub>2</sub>-Äquivalente steigt. Der Klimavorteil von Erdgas schrumpft dann plötzlich auf rund 8 % zusammen. Die Ursache dafür liegt in den Methanemissionen beim Gasferntransport, die zum Teil erhebliche Ausmaße annehmen und sich durch das hohe Treibhauspotenzial von Methan überproportional auswirken. Bei Gewinnung, Aufbereitung und Transport von Heizöl treten dagegen nicht so hohe Methanemissionen auf.

Es soll hier jedoch nicht der Eindruck erweckt werden, das Heizöl würde schön geredet, da die Umweltauswirkungen von Heizölaufbereitung und –transport ebenfalls enorm sind. Man denke nur an die vielen Tankerunglücke, bei denen teilweise Zehntausende Tonnen auslaufendes Öl das Meer verseuchen. Zudem sind die hohen Methanemissionen beim Erdgas-transport keine unveränderliche Eigenschaft des Erdgases. Vielmehr können diese durch Nachrüstungs- und Instandsetzungsmaßnahmen an den Fernleitungen deutlich reduziert werden, wodurch der Klimavorteil auch wieder zunimmt.

Trotz des hohen Erdgasanteils bei der Energieversorgung des DaimlerChrysler-Werkes, liegen die CO<sub>2</sub>-Emissionen etwas höher, als die der Stadt. 437.000 t/a ergeben pro Einwohner nochmals 7,3 t, die in der Gesamtbilanz berücksichtigt werden müssen. Betrachtet man Stadt und DaimlerChrysler gemeinsam, entfallen auf jeden Sindelfinger Einwohner, ohne Berücksichtigung des Verkehrs, CO<sub>2</sub>-Emissionen in Höhe von 14,1 t/a. Dieser Wert ist deutlich höher, als der bundesdeutsche Durchschnitt von kapp 11 t/a, in dem auch die Emissionen des Verkehrs enthalten sind.

### 1.5.2.1 Aufschlüsselung nach Anwendungsbereichen und Sektoren

Analog zur Darstellung des Energieeinsatzes in Sindelfingen, wird an dieser Stelle auch die Aufteilung der Treibhausgasemissionen auf die Anwendungsbereiche Raumheizung, Warmwasser, Prozesswärme und Licht + Kraft, sowie auf die Sektoren private Haushalte, Kleinverbrauch (= öffentliche und private Dienstleistungen, Kleingewerbe) und Industrie dargestellt und miteinander verglichen. **Abbildung 1.20** zeigt die Größenverhältnisse. Die Werte wurden ohne Berücksichtigung des Daimlerwerkes berechnet.



**Abbildung 1.20: Aufteilung der CO<sub>2</sub>-Äquivalente auf Sektoren und Anwendungsbereiche; ohne DaimlerChrysler**

Der stärkste Emittent sind einerseits die privaten Haushalte, die deutlich vor der Industrie liegen, während der Dienstleistungssektor einschließlich des Kleingewerbes die geringsten Werte aufweist.

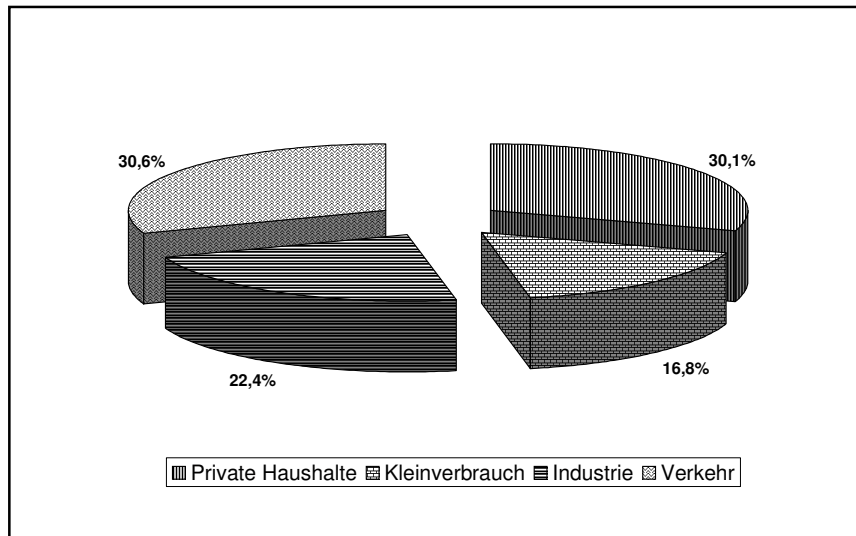
Die Analyse hinsichtlich der verschiedenen Anwendungen der Endenergie spiegelt dieselben Verhältnisse wieder, wie schon im Vorhergehenden Abschnitt erläutert. Die Raumheizung ist der dominierende Faktor auch bei den CO<sub>2</sub>-Äquivalenten, in diesem Fall jedoch dicht gefolgt von Licht + Kraft. Hier wirkt sich natürlich der hohe Primärenergieeinsatz bei der Stromerzeugung in Kondensationskraftwerken aus.

### 1.5.2.2 Treibhausgasemissionen unter Berücksichtigung des Verkehrs

Ein wesentlicher Faktor in der Treibhausgasbilanz ist der bisher nicht berücksichtigte Verkehr. In diesem Sektor wurden für Sindelfingen CO<sub>2</sub>-Emissionen in Höhe von 180.000 t/a ermittelt, die CO<sub>2</sub>-Äquivalente für den Verkehr belaufen sich auf 183.000 t/a.

Die CO<sub>2</sub>-Bilanz ohne das Daimlerwerk, aber einschließlich des Verkehrs zeigt, dass der in Sindelfingen verursachte Quell- und Zielverkehr unter Einschluss aller Verkehrsmittel allein 30,6 % der Emissionen verursacht und damit praktisch gleich hoch liegt wie die privaten Haushalte. **Abbildung 1.21** verdeutlicht die Zahlenverhältnisse im Überblick für alle vier Sektoren.

# Klimaschutzkonzept Sindelfingen



**Abbildung 1.21: Aufteilung der CO<sub>2</sub>-Emissionen unter Berücksichtigung des Verkehrs**

## 1.5.3 Bilanz der Luftschadstoffe

Bei der Bilanzierung der Luftschadstoffe werden die durch den Verkehr verursachten Emissionen gleich von Anfang an mitberücksichtigt, sodass ein Vergleich zwischen stationärer Energieversorgung und dem Sektor Mobilität möglich ist.

Da sich die Luftschadstoffe im Gegensatz zu den Treibhausgasen am Ort ihrer Entstehung auf die Umwelt auswirken, ist es notwendig, bei der Bilanzierung zwischen lokalen und außerhalb der Stadtgrenzen entstehenden Emissionen zu trennen. Die vorhandene Datenlage erlaubte diese Trennung jedoch nur im Fall der Energieversorgung, dagegen nicht beim Verkehr.

Die lokalen Emissionen der Energieversorgung entstehen bei der Verbrennung von fossilen und biogenen Brennstoffen innerhalb der Stadtgrenzen. Die Emissionen außerhalb Sindelfingens werden zum einen verursacht bei der Erzeugung der Strommenge, die aus großen Kondensationskraftwerken nach Sindelfingen importiert wird und zum anderen bei Gewinnung, Aufbereitung und Transport der in der Stadt eingesetzten fossilen und biogenen Energieträger. Auch in diesem Fall sind die verwendeten Emissionsfaktoren im Anhang dokumentiert.

Bilanziert werden die als Luftschadstoffe wirkenden Gase Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>), Stickoxide (NO<sub>x</sub>), Staub, Kohlenmonoxid (CO) und die flüchtigen Kohlenwasserstoffverbindungen (NMVOC).

### Lokale Emissionen

**Tabelle 1.20** schlüsselt die lokalen Emissionen für den Stadtbereich und das Heizkraftwerk von DaimlerChrysler auf.

**Tabelle 1.20: Lokale Schadstoffemissionen in Sindelfingen**

<b>Energieträgereinsatz [MWh/a]</b>	<b>Erdgas (H<sub>u</sub>) Kessel/Kraftwerk</b>	<b>Deponiegas BHKW</b>	<b>Heizöl</b>	<b>Erdgas BHKW</b>	<b>Kohle</b>	<b>Holz</b>	<b>Summe Energie</b>
Stadt ohne DC	362.000	8.000	375.600	28.000	5.720	5.720	
DaimlerChrysler	960.000		2.000				
<b>Luftschadstoffemissionen Stadt ohne Daimler</b>	<b>t/a</b>	<b>t/a</b>	<b>t/a</b>	<b>t/a</b>	<b>t/a</b>	<b>t/a</b>	<b>t/a</b>
SO <sub>2</sub> (Schwefeldioxid)	0,56	0,14	100,92	0,04	13,11	1,17	<b>116,0</b>
NO <sub>x</sub> (Stickoxide)	52,12	1,91	54,05	6,16	1,03	2,07	<b>117,3</b>
Staub	0,18	0,05	1,35	0,15	56,82	5,69	<b>64,2</b>
CO (Kohlenmonoxid)	52,12	1,56	54,05	5,01	64,31	31,09	<b>208,1</b>
NM <sub>10</sub> (Nichtmethan-CH)	6,56	0,14	6,95	0,46	0,21	12,45	<b>26,8</b>
<b>Luftschadstoffemissionen DaimlerChrysler</b>							
SO <sub>2</sub> (Schwefeldioxid)	0,84		0,54				<b>1,4</b>
NO <sub>x</sub> (Stickoxide)	58,60		0,29				<b>58,9</b>
Staub	0,0052		0,01				<b>0,0</b>
CO (Kohlenmonoxid)	3,15		0,29				<b>3,4</b>
NM <sub>10</sub> (Nichtmethan-CH)	8,69		0,04				<b>8,7</b>
<b>Luftschadstoffemissionen gesamt</b>							
SO <sub>2</sub> (Schwefeldioxid)	1,40	0,14	101,46	0,04	13,11	1,17	<b>117,3</b>
NO <sub>x</sub> (Stickoxide)	110,72	1,91	54,34	6,16	1,03	2,07	<b>176,2</b>
Staub	0,18	0,05	1,36	0,15	56,82	5,69	<b>64,2</b>
CO (Kohlenmonoxid)	55,27	1,56	54,34	5,01	64,31	31,09	<b>211,6</b>
NM <sub>10</sub> (Nichtmethan-CH)	15,25	0,14	6,99	0,46	0,21	12,45	<b>35,5</b>

Mengenmäßig liegen die Emissionswerte der Luftschadstoffe im Allgemeinen um den Faktor 1000 unter denen der CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Die Emissionen bei DaimlerChrysler, die im Wesentlichen vom Erdgas im Heizkraftwerk herühren – neben dem vernachlässigbaren Einsatz von Heizöl – sind trotz der eingesetzten Energiemengen erstaunlich niedrig. Die für das HKW in Tabelle 14 eingetragenen Werte entstammen dem Umweltbericht des Werkes. Auf Grund konsequent durchgeführter Reduktionsmaßnahmen, konnte der Ausstoß an Luftschadstoffen im Verlauf der vergangenen Jahre drastisch gesenkt werden.

Der NO<sub>x</sub>-Ausstoß aller Erdgaskessel in der Stadt liegt trotz eines Brennstoffeinsatzes, der im Vergleich zum Heizkraftwerk nur etwas mehr als ein Drittel beträgt, praktisch gleich hoch wie der des HKW. Hier zeigt sich, dass die Emissionsminderung bei großen Anlagen wirkungsvoller sein kann.



# Klimaschutzkonzept Sindelfingen

## Emissionen außerhalb Sindelfingens

Tabelle 1.21 dokumentiert zunächst das Ergebnis der dafür durchgeführten Analyse.

**Tabelle 1.21: Übersicht über die außerhalb Sindelfingens anfallenden Luftschadstoffemissionen, bedingt durch den Energieeinsatz bei Energieversorgung und Verkehr**

<i>Energieträgereinsatz [MWh/a]</i>	<b>Erdgas (H<sub>2</sub>) Kessel/Kraftwerk</b>	<b>Deponiegas BHKW</b>	<b>Heizöl</b>	<b>Strom ohne Eigenerz.</b>	<b>Kohle</b>	<b>Holz</b>	<b>Summe Energie</b>
Stadt ohne DC	390.000	8.000	375.600	311.000	5.720	5.720	
DaimlerChrysler	960.000		2.000	330.000			
<b><i>Luftschadstoffemissionen Stadt ohne Daimler</i></b>	<b>t/a</b>	<b>t/a</b>	<b>t/a</b>	<b>t/a</b>	<b>t/a</b>	<b>t/a</b>	<b>t/a</b>
SO <sub>2</sub> (Schwefeldioxid)	10,24	0,00	75,12	141,44	0,01	0,24	<b>227,0</b>
NO <sub>x</sub> (Stickoxide)	43,21	0,00	65,24	299,74	0,09	0,46	<b>408,7</b>
Staub	4,77	0,00	8,38	19,78	0,00	0,05	<b>33,0</b>
CO (Kohlenmonoxid)	41,95	0,00	18,52	163,71	0,03	0,22	<b>224,4</b>
NM <sub>10</sub> (Nichtmethan-CH)	2,53	0,00	33,92	52,19	0,03	0,03	<b>88,7</b>
<b><i>Luftschadstoffemissionen DaimlerChrysler</i></b>							
SO <sub>2</sub> (Schwefeldioxid)	25,21		0,40	8,18			<b>33,8</b>
NO <sub>x</sub> (Stickoxide)	106,36		0,35	11,15			<b>117,9</b>
Staub	11,74		0,04	1,19			<b>13,0</b>
CO (Kohlenmonoxid)	103,25		0,10	45,01			<b>148,4</b>
NM <sub>10</sub> (Nichtmethan-CH)	6,22		0,18	25,67			<b>32,1</b>
<b><i>Luftschadstoffemissionen gesamt</i></b>							
SO <sub>2</sub> (Schwefeldioxid)	35,45		75,52	149,63	0,01	0,24	<b>260,8</b>
NO <sub>x</sub> (Stickoxide)	149,57		65,59	310,90	0,09	0,46	<b>526,6</b>
Staub	16,51		8,42	20,97	0,00	0,05	<b>46,0</b>
CO (Kohlenmonoxid)	145,20		18,62	208,72	0,03	0,22	<b>372,8</b>
NM <sub>10</sub> (Nichtmethan-CH)	8,74		34,10	77,86	0,03	0,03	<b>120,8</b>

Die Emissionswerte liegen mit Ausnahme des Staubs höher, als die lokalen Emissionen, können also in der Gesamtbilanz nicht vernachlässigt werden. Hier besteht ein deutlicher Unterschied zu den Treibhausgasen, wo die lokalen Emissionen bei weitem überwiegen.

Auch in diesem Fall sind die Werte des DaimlerChrysler-Werkes, wie bei den lokalen Emissionen, niedriger als die Werte der Stadt.

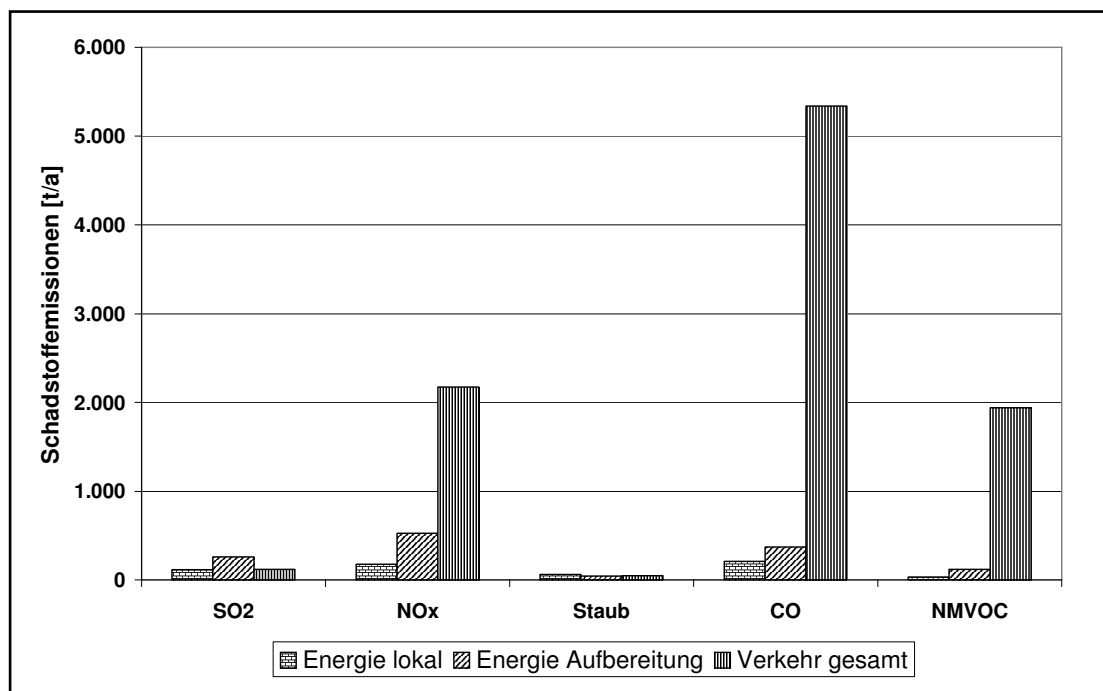
Die Luftschadstoffemissionen des Verkehrs können aufgrund der Datenlage nur zwischen Emissionen, die direkt am Fahrzeug entstehen und Emissionen, die bei der Aufbereitung von Benzin und Diesel anfallen, getrennt werden. Um wie bei der Energieversorgung eine Trennung in lokale und externe Emissionen vorzunehmen, müsste bekannt sein, welcher Anteil des gesamten Quell- und Zielverkehrs innerhalb der Stadtgrenzen stattfindet und welcher außerhalb. Diese Zahl konnte jedoch im Rahmen der relativ groben Abschätzung nicht ermittelt werden.

Das Bilanzierungsergebnis für den Verkehr zeigt Tabelle 1.22.

**Tabelle 1.22: Luftschadstoffemissionen des mobilen Sektors in Sindelfingen**

	Verkehr Fahrzeug- emissionen	Verkehr Emissionen Aufbereitung	Summe Verkehr
<i>Luftschadstoffemissionen</i>	t/a	t/a	t/a
SO <sub>2</sub> (Schwefeldioxid)	29,0	90,8	<b>119,8</b>
NO <sub>x</sub> (Stickoxide)	905,0	1.267,0	<b>2.172,0</b>
Staub	47,0	2,4	<b>49,4</b>
CO (Kohlenmonoxid)	2.634,0	2.765,7	<b>5.399,7</b>
NMVOG (Nichtmethan-CH)	388,0	1.552,0	<b>1.940,0</b>

Vor allem bei den Stickoxiden, dem Kohlenmonoxid und den Nichtmethan-Kohlenwasserstoffen, weist der Verkehrssektor deutlich höhere Emissionen, als die Energieversorgung auf. Abbildung 1.22 verdeutlicht diesen Sachverhalt grafisch.



**Abbildung 1.22: Vergleich zwischen lokalen und externen Emissionen der durch Energieversorgung und Mobilität in Sindelfingen verursachten Luftschadstoffe**

## 2 Ansatzpunkte für einen verbesserten Klimaschutz

### 2.1 Energieerzeugung und -umwandlung

#### 2.1.1 Heizkraftwerk von Daimler

Für die Erzeugung einer vorgegebenen Wärmemenge gibt es verschiedene Möglichkeiten. In normalen Heizungskesseln wird die im Gas enthaltene Energiemenge in Wärme umgewandelt. Mit höherem technischen Aufwand kann ein Teil dieser Energiemenge auch in die edlere Energieform Strom umgewandelt werden. Dies wird bereits heute im Heizkraftwerk (HKW) von Daimler praktiziert, indem zunächst Heißdampf erzeugt und damit eine stromerzeugende Dampfturbine betrieben wird. Der vorgegebene Wärmebedarf wird dann dem Abwärmestrom der Dampfturbine entnommen. Mit einem geringen zusätzlichen Einsatz an Erdgas wird hier eine erhebliche Menge Strom gewonnen. Technische Daten zum bestehenden HKW finden sich im Anhang.

Ein weiterer Schritt zur effektiven Nutzung des für die Wärmeerzeugung erforderlichen Brennstoffes ist das Vorschalten einer Gasturbine vor den Dampfprozess. Hier wird mit dem Erdgas zunächst eine Gasturbine angetrieben und Strom erzeugt. Die Temperatur der Abgase aus der Turbine ist ausreichend, um den Dampf für die nachgeschaltete Dampfturbine zu erzeugen.

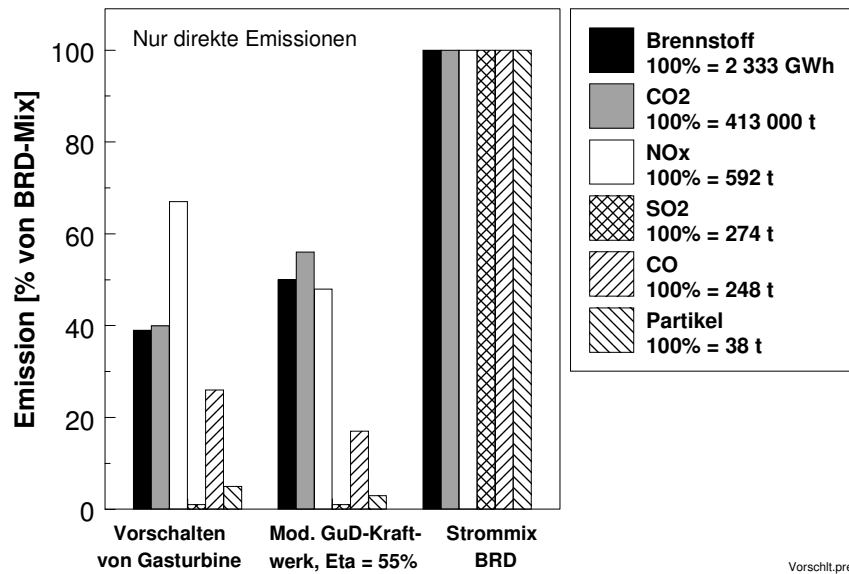
Durch den Betrieb der Gasturbine erhöht sich der Brennstoffbedarf. Dafür wird zusätzlicher Strom erzeugt. Der Wirkungsgrad dieses Prozesses ist sehr hoch. Die zusätzlich eingesetzte Gasmenge wird zu ca. 70 % in Strom umgewandelt. Die in das Fernwärmenetz eingespeiste Wärmemenge bleibt unverändert.

Die Idee, eine Gasturbine vor den bestehenden Dampfprozess zu schalten, ist nicht neu. Das weitreichendste Konzept wurde Ende 1997 vom heutigen Leiter der Stadtwerke vorgeschlagen. Es handelt sich um zwei Gasturbinen vom Typ V64.3A der Firma Siemens mit einer elektrischen Leistung von jeweils 68,4 MW. Die jährliche Stromlieferung wurde mit 637 GWh abgeschätzt. Mit steigendem Wärmebedarf kann auch die Stromerzeugung erhöht werden. Durch zusätzliche Wärmeabnehmer im Fernwärmenetz Sindelfingens kann so die umweltschonend erzeugte Strommenge erhöht werden.

Die Auswirkungen dieser Maßnahme zu Gunsten von Klimaschutz und Ressourcenschonung sind massiv. Die quantitative Bewertung hängt davon ab, welche Kraftwerke zurückgefahren werden, wenn die Gasturbinen in Betrieb genommen werden (**Abbildung 2.1**). Wird als Vergleichsmaßstab der Strommix der Bundesrepublik gewählt, so ergibt sich eine CO<sub>2</sub>-Einsparung<sup>14</sup> von 215.000 t/a oder 3,5 t/a je Kopf der Sindelfinger Bevölkerung. Wird als Vergleichsmaßstab ein mit Gas befeuertes GuD-Kraftwerk modernster Bauart mit einem Wirkungsgrad von  $\eta = 55\%$  angesetzt, so verringert sich die Einsparung. Aber auch dann verbleibt noch eine Einsparung von 25 Mio. m<sup>3</sup> Erdgas, was etwa 1.000 m<sup>3</sup>/a je Sindelfinger Haushalt entspricht. Damit ist das Vorschalten von Gasturbinen im HKW von Daimler die mit Abstand wirkungsvollste Maßnahme, die im Rahmen dieses Gutachtens vorgeschlagen werden kann.

---

<sup>14</sup> Einschließlich vorgelagerter Prozessketten und der auf CO<sub>2</sub>-Äquivalent umgerechneten Wirksamkeit von sonstigen Klimagasen.



**Abbildung 2.1: Energie-, CO<sub>2</sub>- und Schadstoffeinsparung durch Vorschalten einer Gasturbine im HKW von Daimler**

Während sich durch das Vorschalten von Gasturbinen bezüglich Klimaschutz und Ressourcenschonung in jedem Fall klare Vorteile ergeben, ist bei der Betrachtung der übrigen Schadstoffe (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, Staub) eine differenziertere Bewertung notwendig. Gegenüber dem Strommix ergibt sich in jedem Fall eine Verbesserung. Aber bei dem Vergleich mit einem modernen GuD-Kraftwerk trifft dies nur noch für den Brennstoffverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu. Abbildung 2.1 zeigt jedoch, dass von den übrigen emittierten Schadstoffen nur die NO<sub>x</sub>-Emissionen der Gasturbine einer kritischen Betrachtung unterzogen werden müssen. Hierzu ist es notwendig, neben den Kraftwerken auch die übrigen Verbrauchssektoren zu betrachten. Bei einem Vergleich aller Emittentengruppen Deutschlands zeigt sich, dass Kraftwerke im Vergleich zum Verkehr nur einen geringen Anteil an den NO<sub>x</sub>-Emissionen haben. Bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen ist es umgekehrt. Ein wirkungsvoller Klima- und Umweltschutz wird daher Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Reduktion im Kraftwerkssektor und Maßnahmen zur NO<sub>x</sub>-Reduktion im Verkehr ergreifen. Das Vorschalten einer Gasturbine im Heizkraftwerk von Daimler wird daher auch unter Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte empfohlen.

Das größte Hemmnis, welches der Realisierung dieser Maßnahme entgegensteht, ist der derzeit extrem niedrige Marktpreis für Stromerzeugung frei Kraftwerk. Bei Investitionskosten von wenigsten 100 Mio. DM für die beiden Gasturbinen und jährlichen Betriebskosten von 60 Mio. DM (einschließlich Brennstoff) ist ein wirtschaftlicher Betrieb nicht unterhalb eines Strompreises von 7,5 Pf/kWh möglich. Die Bezugspreise von DaimlerChrysler und den Stadtwerken liegen derzeit (Herbst 1999) deutlich unter diesem Grenzwert.<sup>15</sup> Zukünftig kann aber mit günstigeren wirtschaftlichen Rahmenbedingungen gerechnet werden. Die Strompreise werden nach Abschluss der durch die Liberalisierung ausgelösten Marktberreinigung wieder steigen. Der Beginn dieses Prozesses ist bereits heute zu beobachten. Außerdem ist von staatlicher Seite eine Förderung von Strom aus KWK-Anlagen mit Hilfe einer Quotenregelung zu erwarten.

<sup>15</sup> Gegenüber seinem Stromversorger EnBW hat sich Daimler verpflichtet, auf Anforderung die Stromerzeugung im Kondensationsbetrieb für einen begrenzten Zeitraum wieder aufzunehmen. Dadurch konnten besonders günstige Strompreise ausgehandelt werden.

# Klimaschutzkonzept Sindelfingen

Weitere Randbedingungen für das Vorschalten einer Gasturbine im HKW von Daimler werden im Anhang erläutert.

## 2.1.2 Auskopplung von Fernwärme aus dem HKW von Daimler

### Vorbemerkung

Die Leistungsreserve des Heizkraftwerks von DaimlerChrysler ist so groß, dass es möglich wäre, fast die gesamte Stadt mit Wärme zu versorgen. Dies gilt umso mehr, wenn sich der Wärmebedarf der Gebäude auf Grund von Dämmmaßnahmen in Zukunft verringert.

Die ersten 3000 m Fernwärmeleitung sind mittlerweile verlegt. Der Beginn der Wärmelieferung aus dem Kraftwerk war für das Jahresende 2000 bzw. Anfang 2001 angekündigt. Eine Erweiterung des Leitungsnetzes um weitere 2000 m ist bereits geplant und geht im Jahr 2001 in die Realisierung.

Die Strategie der Stadtwerke Sindelfingen besteht darin, zunächst möglichst große Objekte und Verbraucher an die Fernwärme anzuschließen.

### Fernwärmepotenzial in den Vorranggebieten

Entsprechend ihrer Lage relativ zum Heizkraftwerk, sind die Gebiete Innenstadt, Goldberg, Lange Anwanen als Vorranggebiete für die Fernwärmeauskopplung zu betrachten. Gleichzeitig gibt es dort eine ganze Reihe großer Objekte, wie z.B. die Schule auf dem Goldberg, die Gottlieb-Daimler-Schule; STERN-Center, Rathaus, etc., die einen hohen Wärmeabsatz garantieren. Obwohl das Gewerbegebiet Schwertstraße sehr lang gestreckt ist und bis an den östlichen Rand von Sindelfingen reicht, gehört es auf Grund seiner Verbrauchsschwerpunkte (wie z.B. Breuningerland), ebenfalls zur ersten Wahl.

Eine Abschätzung des technischen Potenzials für die Fernwärme (flächendeckende Versorgung) fußt zum einen auf der in Kapitel 1 dokumentierten Wärmebedarfsberechnung für die Wohngebäude und zum anderen auf einer größeren Abschätzung des Wärmebedarfs der ausschließlich gewerblich genutzten Nichtwohngebäude in den betreffenden Gebieten.

In **Abbildung 2.2** auf der folgenden Seite sind die Ergebnisse der Potenzialabschätzung für die einzelnen Gebiete zusammengefasst. Die linke Zahl gibt jeweils den Wärmebedarf im Istzustand an. Der Wert rechts spiegelt den reduzierten Wärmebedarf auf Grund Wärmedämmung und Einsparmaßnahmen bei industriellen oder gewerblichen Prozessen wieder. Für die Wärmebedarfsreduktion der Wohngebäude wurde das mit Hilfe der Gebäudesimulation errechnete technische Einsparpotenzial angesetzt, während bei den Berechnungen bei den Nichtwohngebäuden eine pauschale Einsparung von 20 % zugrunde liegt.

Im Istzustand ist demzufolge ein Wärmebedarf von 287 GWh/a zu erwarten. Davon entfallen auf alle Wohngebäude in sämtlichen Gebieten 109 GWh, auf die Warmwasserbereitung 11 GWh und auf die Nichtwohngebäude insgesamt 167 GWh. Industrie und Kleinverbrauchssektor (öffentliche und private Dienstleistungen) dominieren somit beim Wärmebedarf in diesem Teil von Sindelfingen.

Der unter oben erwähnten Randbedingungen berechnete, reduzierte Wärmebedarf liegt in der Summe um ca. 33 % niedriger. Dieser Wert ist jedoch lediglich eine grobe Abschätzung, da im Rahmen dieser Untersuchung bei den rund 180 Nichtwohngebäuden keine detaillierten Analysen des Einsparpotenzials vorgenommen werden konnten.



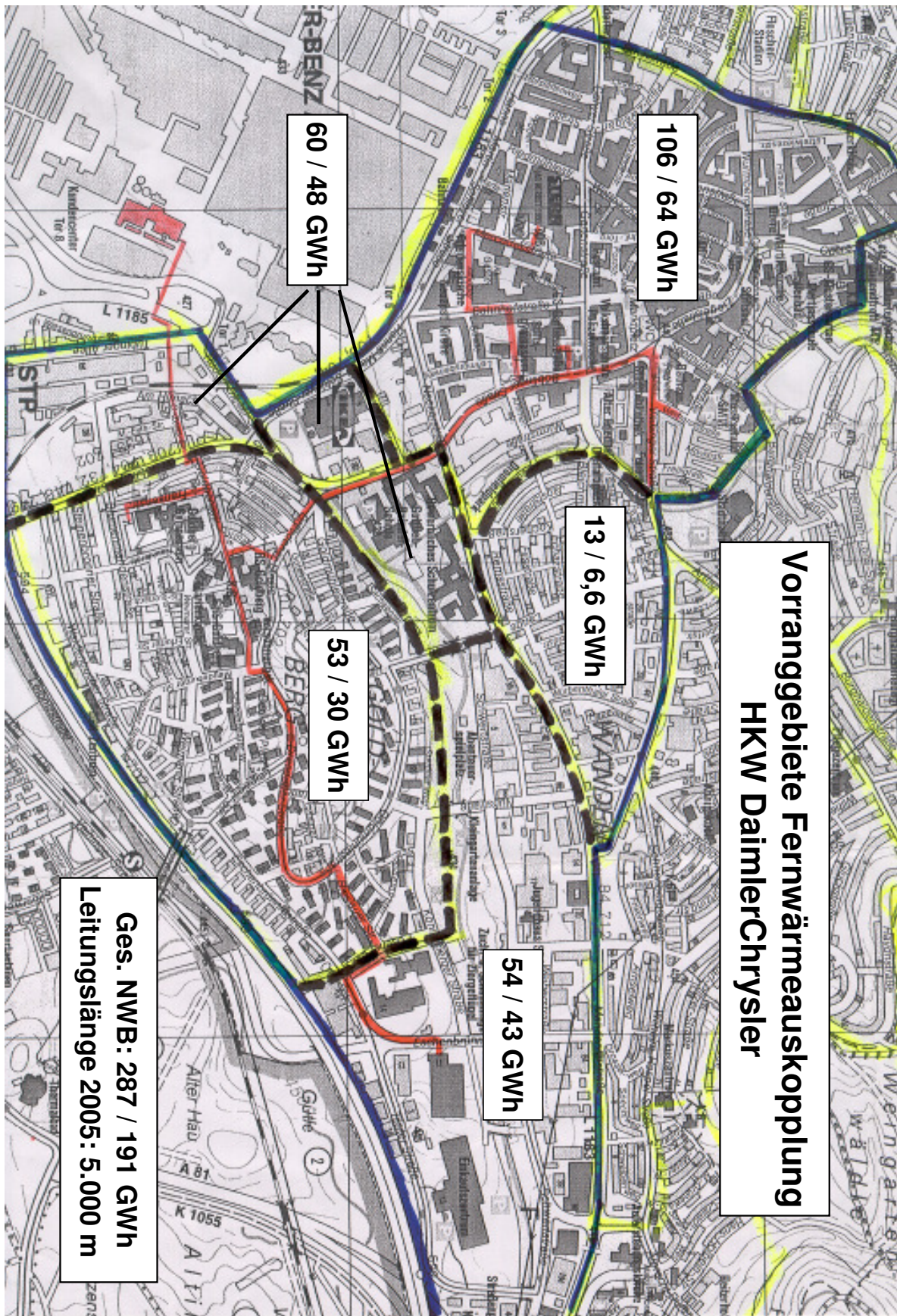


Abbildung 2.2: Heutiger und zukünftiger Wärmebedarf in den Vorranggebieten für die Fernwärmeauskopplung aus dem HKW von DaimlerChrysler

# Klimaschutzkonzept Sindelfingen

## Szenario 2005

Das Ausbauszenario für 2005 orientiert sich an dem bis Ende 2001 projektierten Ausbau der Fernwärmeleitungen. Die Leitungen des ersten Bauabschnitts führen durch das Gewerbegebiet zwischen Böblinger Straße und Tübinger Allee (Firma STP u.a.), in das Zentrum des Wohngebiets Goldberg, sowie nach Norden durch die Böblinger Straße bis in die Vaihinger Straße und zum Rathaus. Im zweiten Bauabschnitt 2001 wird die Leitung vom Zentrum des Wohngebiets Goldberg bis zum Einkaufszentrum Breuningerland verlängert. Der Leitungsverlauf ist in Abbildung 2.2 markiert. Der bereits fertig gestellte Bauabschnitt weist eine Leitungslänge von 3.000 m auf, weitere 2.000 m kommen nächstes Jahr dazu.

Die im Szenario für den Anschluss bis 2005 vorgesehenen Objekte sind in **Tabelle 2.1** zusammengefasst.

**Tabelle 2.1: Ausgesuchte Objekte für den Fernwärmeanschluss bis 2005**

Objekte	Wärmemenge [MWh/a]
Grund- und Hauptschule Goldberg	2.400
Realschule Goldberg	
Kindergarten	
Goldberg-Gymnasium	1.400
IKEA	1.800
Gottlieb-Daimler-Schule	6.300
Rathaus	3.800
Stiftsgymnasium	2.200
STERN-Zentrum	7.200
Stadthalle	1.400
MMH Weimarer Straße	1.100
MMH Schöneberger Weg	730
KMH Schöneberger Weg	800
GMH Schöneberger Weg; Leipziger Str.	2.600
STP	48.000
Breuningerland	4.500
<b>Summe</b>	<b>84.230</b>

Die Aufzählung umfasst auch die Firma STP, die jedoch nicht mit Wärme aus den Fernwärmeleitungen, sondern direkt mit Dampf in zwei unterschiedlichen Druckstufen beliefert wird. Der Dampf wird aus dem Heizkraftwerk ausgekoppelt und in separaten Leitungen bis zum Gelände von STP transportiert.

Der gesamte Wärmebedarf summiert sich auf rund 84.000 MWh, wobei STP einen Anteil von mehr als 50 % hat. Legt man 1.600 Volllaststunden zu Grunde, entspricht das einer Leistung von 52 MW.

## Reduktion der Treibhausgasemissionen

Wie stark die Emissionen durch den Fernwärmeausbau reduziert werden, soll anhand eines Vergleichs der CO<sub>2</sub>-Äquivalente beim Status quo, wo jeweils zur Hälfte Erdgas und Heizöl eingesetzt wird und bei der Fernwärmeauskopplung ermittelt werden.

Ausgangspunkt der Berechnungen sind die technischen Daten des Heizkraftwerks, das mit einem Wirkungsgrad von 85 % arbeitet und eine Stromkennzahl von 0,25 aufweist. Für den Wärmetransport bis zu den Verbrauchern werden zudem 10 % Verluste angesetzt.

Rechengang und Ergebnisse des Emissionsvergleichs sind in **Tabelle 2.2** zusammengefasst.

**Tabelle 2.2: Abschätzung des Klimanutzens für die Fernwärmeauskopplung aus dem Daimler-HKW im Szenario bis 2005**

		Istzustand	Wärmebedarf (- 30 %)
<b>Derzeitige Wärmeversorgung</b>			
Erdgaseinsatz	MWh/a	50.400	35.300
Öleinsatz	MWh/a	54.700	38.300
Stromeinsatz zum Heizen	MWh/a	120	90
<b>CO<sub>2</sub>-Äquivalente heute</b>	<b>t/a</b>	<b>31.145</b>	<b>21.815</b>
CO <sub>2</sub> -Äquivalente Stadt (ohne DC)	t/a	458.800	458.800
<b>Fernwärme aus Heizkraftwerk</b>			
Wärmebedarf alle Objekte	MWh/a	84.235	58.965
Netzverluste	%	10,0%	10,0%
Wärmebedarf am Heizkraftwerk	MWh/a	93.594	65.516
Stromkennzahl Heizkraftwerk		0,25	0,25
Kraftwerkswirkungsgrad	%	84,0%	84,0%
Erdgaseinsatz für Fernwärmeauskopplung	MWh/a	139.277	97.494
bezogene Stromproduktion	MWh/a	23.399	16.379
<b>Emissionsbilanzierung</b>			
CO <sub>2</sub> -Äquivalente Erdgas für Kraftwerk	t/a	39.416	27.591
Emissionsgutschrift Strom	t/a	17.338	12.137
<b>Resultierende CO<sub>2</sub>-Äquivalente FW</b>	<b>t/a</b>	<b>22.077</b>	<b>15.454</b>
<b>Reduktion durch Fernwärmeauskopplung</b>	<b>t/a</b>	<b>9.068</b>	<b>6.361</b>
<b>Reduktion durch FW und Wärmedämmung</b>	<b>t/a</b>	<b>9.068</b>	<b>15.691</b>
<b>Einsparung relativ zu Stadt (ohne DC)</b>	<b>%</b>	<b>2,0</b>	<b>3,4</b>



# Klimaschutzkonzept Sindelfingen

Betrachtet man den Istzustand, entlastet die Versorgung der für das Szenario 2005 berücksichtigten Objekte mit Fernwärme, die Sindelfinger Treibhausgasbilanz um rund 9.100 Tonnen. Im Vergleich zum heutigen Emissionsniveau dieser Objekte bedeutet das einen Rückgang um knapp 30 %.

Wird zusätzlich zum Fernwärmeanschluss, infolge Verbesserung des Wärmedämmstandards oder Verbesserung von Prozessabläufen, 30 % Wärme eingespart, wird der Ausstoß von Treibhausgasen um 15.700 Tonnen reduziert. Bezogen auf die Gesamtstadt (ohne das Daimlerwerk) kann somit bis 2005 eine Einsparung von 2 % bzw. 3,4 % bei den CO<sub>2</sub>-Äquivalenten erreicht werden.

## Investitionskosten

Die bisherigen Investitionen für die Fernwärmeauskopplung aus dem Heizkraftwerk von DaimlerChrysler setzen sich wie folgt zusammen:

**Tabelle 2.3: Übersicht über die Investitionskosten für die Fernwärmeauskopplung aus dem Daimler-HKW**

Komponente	Kosten
Fernwärmeleitungen	4,1 Mio. DM
Anteil Energietunnel für Fernwärme	0,5 Mio. DM
Übergabestation Fernwärme	0,5 Mio. DM
Dampfleitungen zu STP	1,53 Mio. DM
Anteil Energietunnel für Dampf	0,72 Mio. DM
Systemeinbindung Dampf	1,1 Mio. DM
<b>Summe</b>	<b>8,46 Mio. DM</b>

## Ausblick

Die Wärmebedarfsanalyse in den Vorranggebieten hat gezeigt, dass auch bei größeren Objekten noch ein erhebliches Potenzial für die Stadtwerke besteht, mit der Fernwärme aus dem Heizkraftwerk in die Wärmeversorgung einzusteigen. So gibt es auf dem Goldberg auch eine ganze Reihe großer Wohngebäude, die im Szenario 2005 noch nicht berücksichtigt wurden. Ebenso bieten die Betriebe im Industriegebiet Schwertstraße noch ein erhebliches Potenzial. Die Innenstadt weist neben den bereits fest für den Anschluss vorgesehenen Objekten, noch einige Verbrauchsschwerpunkte auf wie den Handelshof in der Alexanderstraße, den Gebäudekomplex am Corbeil-Essonnes-Platz, die AOK und die Klosterschulen um nur einige zu nennen. Außerdem hat die Innenstadt den Vorteil, dass es auch viele Objekte mit mittlerem Wärmebedarf gibt (einige 100 MWh/a), die sehr dicht beieinander liegen.

Darüber hinaus gibt es Überlegungen, den neuen Stadtteil auf dem ehemaligen Flughafen-gelände zwischen Sindelfingen und Böblingen mit Fernwärme aus dem HKW zu versorgen und eine Leitung bis nach Böblingen zum Standort des Müllheizkraftwerks zu bauen.

Mittelfristig steht die Fernwärmeversorgung vor der Frage, wie weitgehend das Netz in der Fläche im Zentrum Sindelfingens verdichtet und zusätzlich zu den großen Objekten, kleine Wohn- und Nichtwohngebäude angeschlossen werden sollen. Einerseits würde dadurch die sowieso schon vorhandene Konkurrenz zum Erdgas immer größer, andererseits stellt sich natürlich auch bei den vielen kleinen Gebäuden die Frage (allein in der Innenstadt, in Goldberg und Lange Anwanen stehen 1.700 Wohngebäude vom Einfamilienhaus bis zum middle-

ren Mehrfamilienhaus), welche unter dem Gesichtspunkt des Klimaschutzes langfristig tragfähigen Wärmeversorgungsstrukturen dort aufgebaut werden.

### 2.1.3 Wesentliche Merkmale einer klimaverträglichen Wärmeversorgung

Wie die Bilanzierung der Treibhausgasemissionen zeigte, trägt der Anwendungsbereich der Raumwärme am stärksten zu den Gesamtemissionen der Stadt bei. Die zur Reduktion des Ausstoßes von Treibhausgasen erforderlichen Maßnahmen erfordern eine schrittweise Umstrukturierung der Wärmeversorgung von Gebäuden. Bei genauerer Betrachtung sind dafür vier verschiedene Faktoren von Bedeutung:

<b>Wärmedämmung</b>	Im Gebäudebestand besteht ein riesiges technisches Potenzial zur Reduktion des Wärmebedarfs von Gebäuden mit Hilfe verbesserter Wärmedämmung. Viele Maßnahmen sind, wenn sie im Zuge einer sowieso fälligen Sanierung der Gebäudehülle durchgeführt werden, auch bei heutigen Brennstoffpreisen schon wirtschaftlich. Steigende Ölpreise, wie im Herbst 2000, verbessern die wirtschaftlichen Grundlagen der Wärmedämmung zusätzlich. Eine umfassende Dämmung des Gebäudebestands ist die Voraussetzung dafür, dass erneuerbare Energien langfristig zu einer tragenden Säule bei der Wärmeversorgung von Gebäuden werden können.
<b>Erneuerbare Energien</b>	Biomasse, Erdwärme und die Nutzung der direkten Solarstrahlung tragen zu einer umweltschonenden Wärmeversorgung auf der Basis unerschöpflicher Energiequellen bei. Das Angebot dieser Energieträger ist im Gegensatz zu den fossilen Energieträgern räumlich überaus gleichmäßig verteilt und kann somit praktisch überall genutzt werden.
<b>Blockheizkraftwerke</b>	Blockheizkraftwerke sind bezüglich Leistungsgröße und Einsatzmöglichkeiten verschiedener Brennstoffe eine sehr flexible Technologie. Durch die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung entsteht auch bei Einsatz fossiler Brennstoffe bereits ein erheblicher Klimanutzen. Werden biogene Energieträger verwendet, können Strom und Wärme gleichzeitig aus erneuerbaren Energien erzeugt werden. Blockheizkraftwerke stehen hier auch stellvertretend für alle technischen Lösungen zur dezentralen Kraft-Wärme-Kopplung.
<b>Nahwärmenetze</b>	Nahwärmenetze bieten die notwendige Infrastruktur, um erneuerbare Energien und die Kraft-Wärme-Kopplung in großem Maßstab in die Wärmeversorgung einzubinden. Sie verbinden die einzelnen Gebäude mit der Heizzentrale, in der effiziente und abgasarme sowie kostengünstige Umwandlungstechniken zur Wärme und Stromerzeugung installiert werden können. Ebenso wird die saisonale Wärmespeicherung durch den Nahwärmeverbund technisch erst möglich.

Durch den Beginn der Fernwärmeauskopplung aus dem Heizkraftwerk von DaimlerChrysler, ist ein Schritt in die oben skizzierte Richtung bereits getan. Der Einsatz der Kraft-Wärme-Kopplung im erdgasgefeuerten HKW vermindert den Ausstoß von Treibhausgasen, im Vergleich zur bisherigen Wärmeversorgung der angeschlossenen Objekte.

Die Fernwärmeauskopplung ist nach dem derzeitigen Stand der Planung auf die Gebiete Innenstadt, Goldberg und das Gewerbegebiet Schwertstraße begrenzt. In einem weiteren Ausbauschnitt ist ein weiterer Leitungsabschnitt durch den Stadtteil Rotbühl bis zum Hallenbad vorgesehen. Zudem ist auch die Versorgung des geplanten neuen Stadtteils auf dem ehemaligen Flughafengelände und eine Leitung nach Böblingen im Gespräch.

# Klimaschutzkonzept Sindelfingen

Doch auch in den übrigen Stadtteilen der Kernstadt Sindelfingen, sowie in den eingemeindeten Teilorten Maichingen und Darmsheim ist eine Umstrukturierung der Wärmeversorgung von grundlegender Bedeutung.

Die Analyse im Rahmen des Klimaschutzkonzepts hat gezeigt, dass auch in diesen Bereichen der Stadt eine ganze Reihe Ansatzpunkte bestehen, dezentrale Nahwärmenetze aufzubauen und dabei die Kraft-Wärme-Kopplung sowie erneuerbare Energien zu nutzen. Versorgungsstrukturen mit den folgenden Merkmalen bieten sich für eine detaillierte Untersuchung an:

- Bestehende Heizzentralen, aus denen große Wohngebäude mit Wärme versorgt werden, sowie weitere, in der direkten Umgebung liegende Objekte
- Gebiete ohne Erdgasversorgung, bzw. mit einem sehr geringen Erdgasanteil

In den folgenden Abschnitten werden dazu einige Vorschläge mit Modellcharakter vorgestellt.

## 2.1.4 Dezentrale Nahwärme und Kraft-Wärme-Kopplung

### Vorbemerkung

Wird in den Blockheizkraftwerken Erdgas als Brennstoff eingesetzt, gerät die Wärmeversorgung über ein Nahwärmenetz nicht in dem Maße in Konkurrenz zur vorhandenen Erdgasversorgung, wie das z.B. bei Brennstoffen aus Biomasse der Fall wäre. Durch die gleichzeitige Stromerzeugung in den BHKW erhöht sich im Gegenteil sogar der Erdgasabsatz und die Eigenstromerzeugung der Stadt wächst. Lediglich die Hausanschlussleitungen für das Gas werden durch das Nahwärmenetz verdrängt.

### Verbrauchsschwerpunkte mit Heizzentrale und Nahwärmeverbund

Die Analyse des Gebäudebestands und der derzeitigen Beheizungsstruktur Sindelfingens zeigt, dass es bereits einige lokale Nahwärmeinseln gibt. Die Wärmeerzeugung erfolgt in den meisten Fällen mit Erdgas, teilweise auch mit Heizöl und in einem bekannten Fall sogar mit Strom.

**Tabelle 2.4** gibt einen Überblick über interessante Anlagen mit Erdgaskessel, ohne Anspruch auf Vollständigkeit.

Die im oberen Teil der Tabelle genannten Objekte umfassen überwiegend große bis sehr große Wohngebäude. Alle vier gehören entweder der Sindelfinger Wohnstätten GmbH oder werden von ihr verwaltet (Friedrich-Ebert-Straße 11-13). In den insgesamt 51 Gebäuden befinden sich fast 1.600 Wohnungen. Der für den Urzustand berechnete Heizwärmebedarf in Höhe von 17.300 MWh/a spiegelt im Wesentlichen auch die heutigen Verhältnisse wieder, da sich praktisch alle Gebäude wärmetechnisch gesehen noch im Urzustand befinden /Wohnstätten 2000/. Lediglich im Gebiet Sommerhofenstraße wurde begonnen, die ersten Einheiten mit einem verbesserten Wärmeschutz zu versehen.

In direkter Nachbarschaft zu den oben aufgezählten Orten befinden sich weitere Gebäude, bei denen es auf Grund ihrer Größe und ihrer Nähe zu den vorhandenen Heizzentralen interessant wäre, sie in einen Nahwärmeverbund mit Blockheizkraftwerk zu integrieren. Es handelt sich um weitere 11 große Wohnblöcke bzw. Hochhäuser mit nochmals rund 770 Wohneinheiten. Der gesamte derzeitige Heizwärmebedarf läge dann bei ca. 24.500 MWh/a. Zählt man die Warmwasserbereitung dazu, erhöht sich dieser Wert nochmals um 4.200 MWh/a.

**Tabelle 2.4: Lokale Nahwärmeinseln für große Wohngebäude; Wärmeerzeugung durch Erdgas**

Heizzentralen mit Erdgaskessel	Anzahl Gebäude	Anzahl WE	Anzahl G. Strom	Heizwärmebedarf [MWh/a]	
				Urzustand	voll saniert
Si-Eichholz Watzmannstr. 6-21	16	512	0	6.246	2.611
Si-Spitzholz Friedrich-Ebert-Straße 11-13	2	242	0	2.275	1.016
Si-Eschenried Sommerhofenstr. 205-237 u. 242-244	19	382	0	4.660	1.948
Si-Viehweide Ernst-Barlach-Str. 20-33	14	426	0	4.102	1.820
<b>Summe</b>	<b>51</b>	<b>1.562</b>	<b>0</b>	<b>17.284</b>	<b>7.396</b>
<b>Zusätzliche Objekte</b>					
Si-Eichholz Theodor-Heuß-Str. 105	1	128	0	1.203	538
Si-Spitzholz Friedrich-Ebert-Straße 5,7,9,15,17	5	487	0	4.578	2.045
Si-Viehweide E.-B. 4-16; Max Liebermannweg 14-16	5	153	0	1.438	643
<b>Summe</b>	<b>11</b>	<b>768</b>	<b>0</b>	<b>7.219</b>	<b>3.226</b>
<b>Warmwasserbereitung</b>				<b>4.180</b>	<b>4.180</b>
<b>Gesamtsumme</b>					
	<b>62</b>	<b>2.330</b>	<b>0</b>	<b>28.683</b>	<b>14.802</b>

### Dezentrales KWK-Modellprojekt Sindelfingen-Eichholz

Als Beispiel für den Einstieg in die dezentrale Nahwärme mit Blockheizkraftwerk soll hier ein Projekt im Stadtteil Eichholz vorgeschlagen werden, das auf dem vorhandenen Wärmeverbund der Wohngebäude in der Watzmannstraße aufbaut. Weitere interessante Objekte für ein erweitertes Nahwärmenetz sind das Wohngebäude Theodor-Heuß-Straße 109 mit 128 Wohneinheiten, sowie die Grund- und Hauptschule Eichholz südlich davon. Zusätzlich zum vorhandenen Netz müssen nur 300 m Leitung neu verlegt werden. Der Lageplan in **Abbildung 2.3** verdeutlicht die räumlichen Verhältnisse im Einzelnen.

Im Folgenden werden zwei Varianten der Auslegung betrachtet und miteinander verglichen. Zum einen die Dimensionierung des BHKW entsprechend dem heutigen Wärmebedarf der Gebäude und zum Zweiten ein integrierter Ansatz, gekennzeichnet durch verbesserte Wärmedämmung und BHKW-Auslegung auf deutlich reduzierten Wärmebedarf. Die wesentlichen Parameter zur Beschreibung beider Pfade zeigt **Tabelle 2.5**.

Bei den Wärmebedarfsberechnungen für die Wohngebäude wurde zur Beschreibung des Istzustandes ein im Vergleich zum Urzustand um 10 % verbesserter Dämmstandard angenommen, der in Wirklichkeit bisher jedoch noch gar nicht realisiert wurde (siehe oben).

# Klimaschutzkonzept Sindelfingen

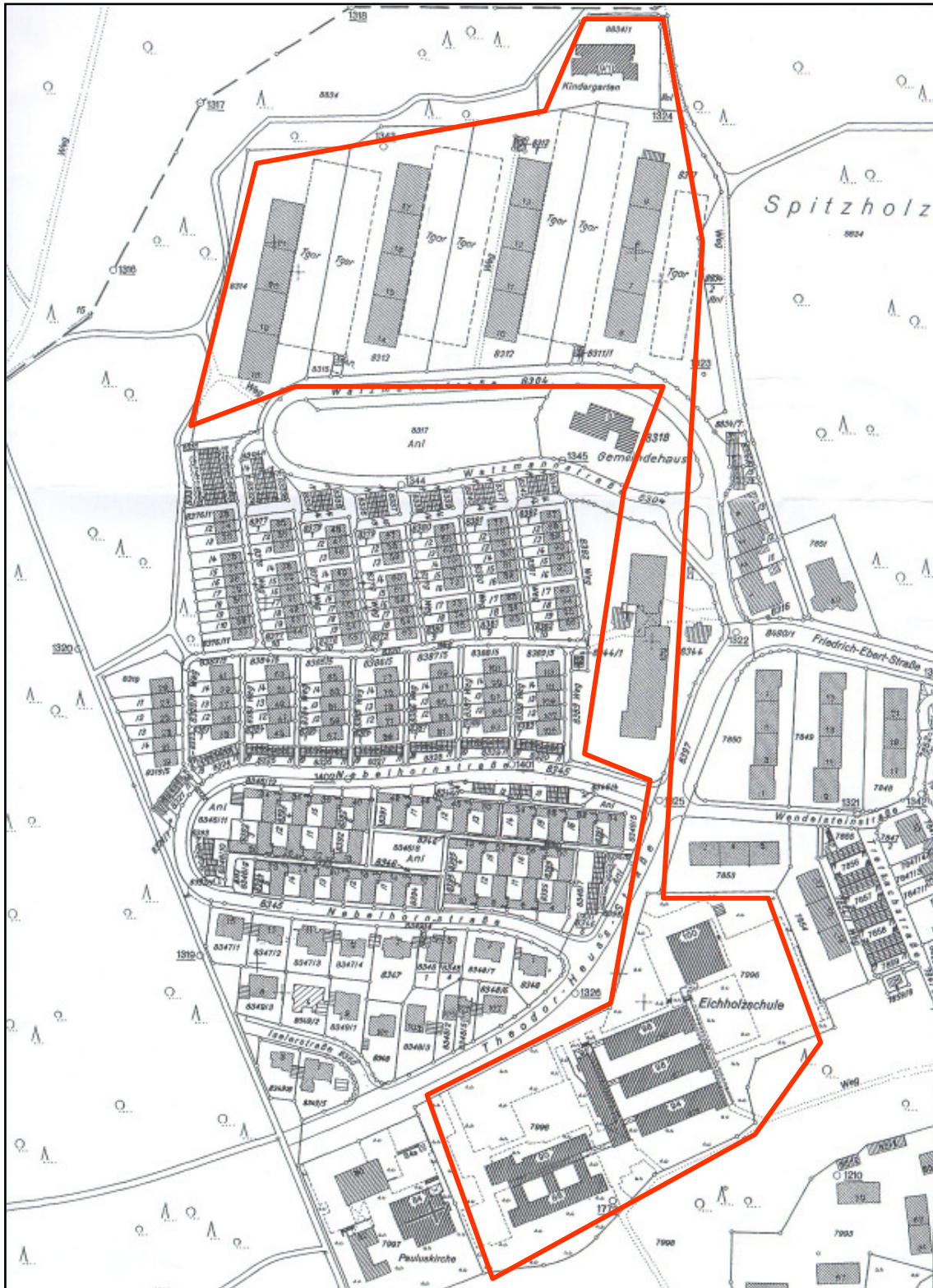


Abbildung 2.3: Erweiterter Nahwärmeverbund in Sindelfingen-Eichholz

**Tabelle 2.5: Überblick über die wichtigsten technischen Daten des Nahwärmeverbunds mit BHKW in Sindelfingen-Eichholz**

<b>Wärmebedarf</b>		<b>Istzustand</b>	<b>gedämmt</b>
Heizwärmebedarf Wohngebäude	MWh/a	6.700	3.600
Heizwärmebedarf Schule	MWh/a	1.400	920
Heizwärmebedarf Gesamt	MWh/a	8.100	4.500
Nutzwärmebedarf Warmwasser	MWh/a	900	900
Netzverluste	MWh/a	150	150
Gesamter Nutzwärmebedarf Heizzentrale	MWh/a	9.150	5.550
Wärmehöchstlast	kW	5.100	3.100
<b>Technik</b>			
Elektrische Leistung BHKW-Modul	kW	1.290	610
Thermische Leistung BHKW-Modul	kW	1.566	800
Laufzeit BHKW-Modul	h/a	4.700	5.100
Wärmeerzeugung	MWh/a	7.357	4.073
Stromerzeugung	MWh/a	6.063	3.111
Erdgaseinsatz $H_u$ BHKW-Modul	MWh/a	15.700	8.400
Energieerzeugung Spitzenkessel	MWh/a	1.793	1.477
Erdgaseinsatz $H_u$ Spitzenkessel	MWh/a	1.906	1.489
<b>Gesamter Erdgaseinsatz bei KWK (<math>H_u</math>)</b>			
	<b>MWh/a</b>	<b>17.554</b>	<b>9.874</b>

Im Fall der Auslegung nach heutigem Wärmebedarf, wird ein BHKW-Modul mit einer thermischen Leistung von rund 1.570 kW benötigt, um annäherungsweise ein Drittel der Wärmelast decken zu können. Die elektrische Leistung liegt bei 1.290 kW. Über die gesamte zu erwartende Laufzeit von 4700 h/a werden 80 % des Wärmebedarfs aus Kraft-Wärme-Kopplung gedeckt und nur 20 % aus den Spitzenlastkesseln. Gleichzeitig werden mehr als 6.000 MWh/a pro Jahr Strom ins Netz eingespeist.

Da alle Gebäude bisher schon über Erdgas mit Wärme versorgt werden und die Kessel noch nicht abgeschrieben sind, muss im Fall einer konkreten Realisierung untersucht werden, ob die vorhandenen Kessel als Spitzenkessel eingesetzt werden können.

Werden vor dem Bau des BHKW alle Gebäude umfassend wärmegeklämt, sieht die Auslegung des BHKW ganz anders aus. Der Wärmebedarf reduziert sich insgesamt um 40 %, wobei im Fall der Wohngebäude das technische Potenzial zu 90 % ausgenutzt wurde und im Fall der Schule eine Reduktion um 30 % unterstellt wird. Das Blockheizkraftwerk weist diesmal eine thermische Leistung von 800 kW auf, respektive 610 kW auf der elektrischen Seite. Bei etwas längerer Laufzeit deckt das BHKW 74 % des Wärmebedarfs. Die pro Jahr erzeugte thermische und elektrische Energie wird entsprechend niedriger.

### **Reduktion der Treibhausgasemissionen**

Wie bei der Fernwärmeauskopplung aus dem HKW von Daimler, werden auch hier durch die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung Treibhausgasemissionen reduziert. Wie hoch diese für den Modellfall Sindelfingen-Eichholz sind, zeigt **Tabelle 2.6**.

# Klimaschutzkonzept Sindelfingen

**Tabelle 2.6: Überblick über die Reduktion der Treibhausgasemissionen für das KWK-Modellprojekt Sindelfingen-Eichholz**

		Istzustand	gedämmt
CO <sub>2</sub> -Äquivalente Stadt (ohne DC)	t/a	459.000	459.000
CO <sub>2</sub> -Äquivalente Istzustand ohne KWK u. WD	t/a	2.484	2.484
CO <sub>2</sub> -Äquivalente Erdgaseinsatz KWK	t/a	4.968	2.794
Gutschrift für Stromeinspeisung	t/a	4.491	2.301
Resultierende CO <sub>2</sub> -Äquivalente KWK	t/a	477	493
<b>Einsparung absolut</b>	<b>t/a</b>	<b>2.007</b>	<b>1.991</b>
<b>Einsparung relativ</b>	<b>%</b>	<b>0,44%</b>	<b>0,43%</b>

Bei der BHKW-Auslegung ohne Wärmedämmung entstehen durch den hohen Erdgaseinsatz hohe Emissionen, der jedoch auch eine hohe Emissionsgutschrift für die Stromeinspeisung gegenüberstehen. Wird zuerst wärmegeklämt und dann das BHKW gebaut, ist der Erdgaseinsatz für das BHKW deutlich geringer, was dann jedoch auch für die Stromgutschrift bei den Emissionen gilt. Letztendlich zeigt sich, dass beide Vorgehensweisen denselben Klimanutzen aufweisen.

Das Ergebnis unterscheidet sich deutlich vom Emissionsvergleich im Fall der Fernwärmeauskopplung. Dort brachten Einsparmaßnahmen beim Wärmebedarf einen deutlichen zusätzlichen ökologischen Vorteil, während das im Fall des Blockheizkraftwerks in Eichholz nicht der Fall ist. Der Grund liegt darin, dass das BHKW eine deutlich höhere Stromkennzahl (0,76 bis 0,82), als das Heizkraftwerk von Daimler (0,25) aufweist. Damit ist die erzeugte Strommenge höher und somit auch die Emissionsgutschrift infolge Stromeinspeisung.

## Investitionskosten

Für die technischen Installationen in der Heizzentrale, sowie die Erweiterung des Nahwärmenetzes wurden den Auslegungsfall „Istzustand“ Investitionskosten in Höhe von 3,3 Mio. DM ermittelt. Berücksichtigt ist dabei, dass für das große BHKW-Modul aus Platzgründen eine extra Heizzentrale errichtet werden muss (Kosten ca. 0,5 Mio. DM). Die Investitionskosten für die Anlagentechnik im Auslegungsfall „wärmegeklämt“ betragen lediglich 1,8 Mio. DM. Dem liegt die Annahme zu Grunde, dass das kleinere BHKW-Modul in vorhandenen Räumen Platz hat.

Für die Erweiterung des Nahwärmenetzes um rund 300 m wurden pauschal Kosten in Höhe von 210.000 DM angesetzt.

Wird zunächst der Dämmstandard erhöht, verursacht auch die Gebäudedämmung zusätzlich zur Anlagentechnik Kosten. Eine überschlägige Kostenberechnung ist im Anhang 2.1.3 dokumentiert.

Die gesamten Investitionskosten der damit verbundenen Maßnahmen an den Gebäuden betragen rund 12,7 Mio. DM. Ein großer Teil davon sind jedoch Kosten, die nichts mit der Verbesserung des Wärmeschutzes zu tun haben, sondern bei jeder Sanierung der Gebäudehülle auch ohne Wärmedämmung auftreten. Ohne diesen Anteil liegen die Mehrkosten für Wärmedämmung bei 2,7 Mio. DM. Ein Großteil der Differenz rührt von den Fensterkosten her. Wärmeschutzverglasung ist heutzutage Standard auf dem Markt. Wenn die Fenster auf Grund ihres Zustandes sowieso ausgetauscht werden müssen, erhält man automatisch mit dem derzeitigen Standard einen verbesserten Wärmeschutz.



## Ausblick

Das KWK-Projekt in Eichholz kann als Modellfall für alle anderen in Tabelle 2.6 erwähnten Gebiete gelten. Die Gebäude sind oftmals in der Hand einer Wohnbaugesellschaft, was den Vorteil hat, dass die Stadtwerke als möglicher Betreiber einer solchen Anlage bei der Umsetzung es nur mit einem Ansprechpartner zu tun haben. Werden kommunale Liegenschaften in den Nahwärmeverbund integriert, kommt auch noch die Stadt als Ansprechpartner hinzu.

Die hohen Wärmebedarfsdichten und der hohe Wärmebedarf erlauben den Aufbau von sehr kompakten Netzen. Die Kosten für die Wärmeverteilung sind in diesem Fall vergleichsweise sehr gering. Zusätzlich können BHKW-Module in Leistungsbereichen eingesetzt werden, wo die Stromkennzahlen sehr hoch (bis 0,8 und mehr) und spezifischen Investitionskosten sehr niedrig sind (800 – 1.000 DM/kW<sub>el</sub>).

Die in direkter Nachbarschaft zu den großen Wohnblöcken liegenden Einfamilienhäuser und Reihenhäuser weisen eine sehr hohe Bebauungsdichte auf und sind unter diesem Gesichtspunkt für den Anschluss an das Nahwärmenetz sehr gut geeignet. Der Anschluss dieser Häuser sollte deshalb mittel- bis langfristig ebenfalls angestrebt werden. Momentan stützt sich die Beheizung noch zu 71 % auf Erdgas und zu 10 % auf Strom.

Als Einstieg wäre es u. U. möglich, den Gebäuden mit Ölheizung einen Nahwärmeanschluss anzubieten, damit es positive Beispiele für die Besitzer anderer Häuser gibt. Die Ausweitung in die Bereiche, die derzeit mit Gas versorgt werden kann dann nach und nach erfolgen.

Grundlage dieser Strategie könnte sein, dass das BHKW zunächst auf den heutigen Wärmebedarf der anschlusswilligen großen Objekte ausgelegt wird und bei Wärmedämmmaßnahmen an den GMH Schritt für Schritt ein neuer Wärmeabsatz im Bereich der umliegenden EFH und RH gesucht wird.

### 2.1.5 Dezentrale Nahwärme und erneuerbare Energien

#### Gebiete ohne oder mit sehr geringem Erdgasanteil

Sechs Gebiete, in denen die Erdgasversorgung derzeit keine Rolle spielt, werden hier näher betrachtet. Deren Lage und ihre Beschreibung mit den wichtigsten Parametern, sind in **Tabelle 2.7** zusammengefasst.

**Tabelle 2.7: Teilgebiete oder Ansammlung von Objekten ohne Erdgasversorgung**

Teilgebiete / Ansammlung von Objekten	Anzahl Gebäude	Anzahl WE	Anzahl G. Strom	Nutzwärmebedarf [MWh/a]	
				Urzustand	voll saniert
Maichingen GMH u. HH (Schwenninger-, Hölderlinstr.)	24	636	9	5.495	2.463
Maichingen Kleines Egart	13	173	0	1.879	841
Maichingen Landhaussiedlung	300	454	20	12.372	4.665
Sindelfingen-Viehweide (ohne GMH und HH)	138	494	11	7.223	3.175
Si-Eschenried Auf der Stelle 1-31/Dachsklingenweg 1-19	28	476	3	3.284	1.618
Si-Rotbühl Pfarrwiesenalle 49-53/Warmbronnerstr. 5-47	35	570	0	6.707	2.876
<b>Summe</b>	<b>538</b>	<b>2.803</b>	<b>43</b>	<b>36.960</b>	<b>15.639</b>
<b>Warmwasserbereitung</b>				<b>4.448</b>	<b>4.448</b>
<b>Gesamtsumme</b>	<b>538</b>	<b>2.803</b>	<b>43</b>	<b>41.409</b>	<b>20.087</b>



## Klimaschutzkonzept Sindelfingen

Die Aufstellung umfasst unterschiedlich strukturierte Gebiete. Bei der Landhaussiedlung in Maichingen und dem Gebiet Viehweide in Sindelfingen (ohne Berücksichtigung der Hochhäuser und großen Mehrfamilienhäuser) handelt es sich um eine Ansammlung kleiner Wohnhäuser vom Einfamilienhaus bis zum kleinen Mehrfamilienhaus.

Die vier weiteren Gebiete weisen dagegen einen Gebäudebestand auf, in dem die großen Wohngebäude überwiegen, was auch an der Relation zwischen Nutzwärmebedarf und Anzahl der Gebäude sichtbar wird.

Insgesamt repräsentieren die in Tabelle 20a genannten Gebiete rund 2.800 Wohneinheiten mit einem Raumwärmebedarf im Urzustand von rund 37.000 MWh/a. Das entspricht ca. 8,5 % des Raumwärmebedarfs der Gesamtstadt. Zählt man auch die Warmwasserbereitung dazu, müssen insgesamt 41.500 MWh/a bereitgestellt werden. Mit Hilfe der Wärmedämmung ist es möglich, den Gesamtbedarf auf 20.000 MWh/a zu halbieren.

### Modellprojekt Holzheizzentrale und Nahwärme in Maichingen-Landhaussiedlung

Die Landhaussiedlung erstreckt sich südlich und nördlich der Stuttgarter Straße, die von Maichingen aus Richtung Nordosten führt. Es umfasst insgesamt 300 Wohngebäude, wovon allein 258 Einfamilienhäuser sind. Der Rest teilt sich auf Reihenhäuser und einige wenige kleine Mehrfamilienhäuser. Die Altersstruktur der Gebäude weist auf ein Baugebiet aus der Nachkriegszeit, das in den 50er-Jahren erschlossen wurde, die stärkste Bautätigkeit in den 60er- und 70er-Jahren erlebte und danach noch an einigen Punkten verdichtet wurde. Die Verteilung auf die Baualterklassen sieht folgendermaßen aus:

**Tabelle 2.8: Altersstruktur der Wohngebäude in Maichingen-Landhaussiedlung**

Baualterklasse	Anzahl Geb.
C (1949 – 1957)	49
D (1958 – 1968)	120
E (1969 – 1978)	80
F (1979 – 1983)	29
G (1984 – 1994)	14
H (ab 1995)	4

Die Wärmeversorgung der Gebäude erfolgt derzeit zum weit überwiegenden Teil mit Heizöl. Insgesamt 280 Gebäude haben eine Öl-Zentralheizung, 20 Gebäude werden mit Strom beheizt. Das Alter der Heizungsanlagen ist nicht bekannt.

Da mehr als die Hälfte aller Gebäude aus der Zeit vor 1968 stammt, ist davon auszugehen, dass in absehbarer Zeit bei vielen Häusern die Gebäudehülle erneuert und modernisiert werden muss. Im Zuge der Sanierung bietet sich die günstige Gelegenheit, den passiven Wärmeschutz zu verbessern und dadurch den Raumwärmebedarf deutlich zu senken.

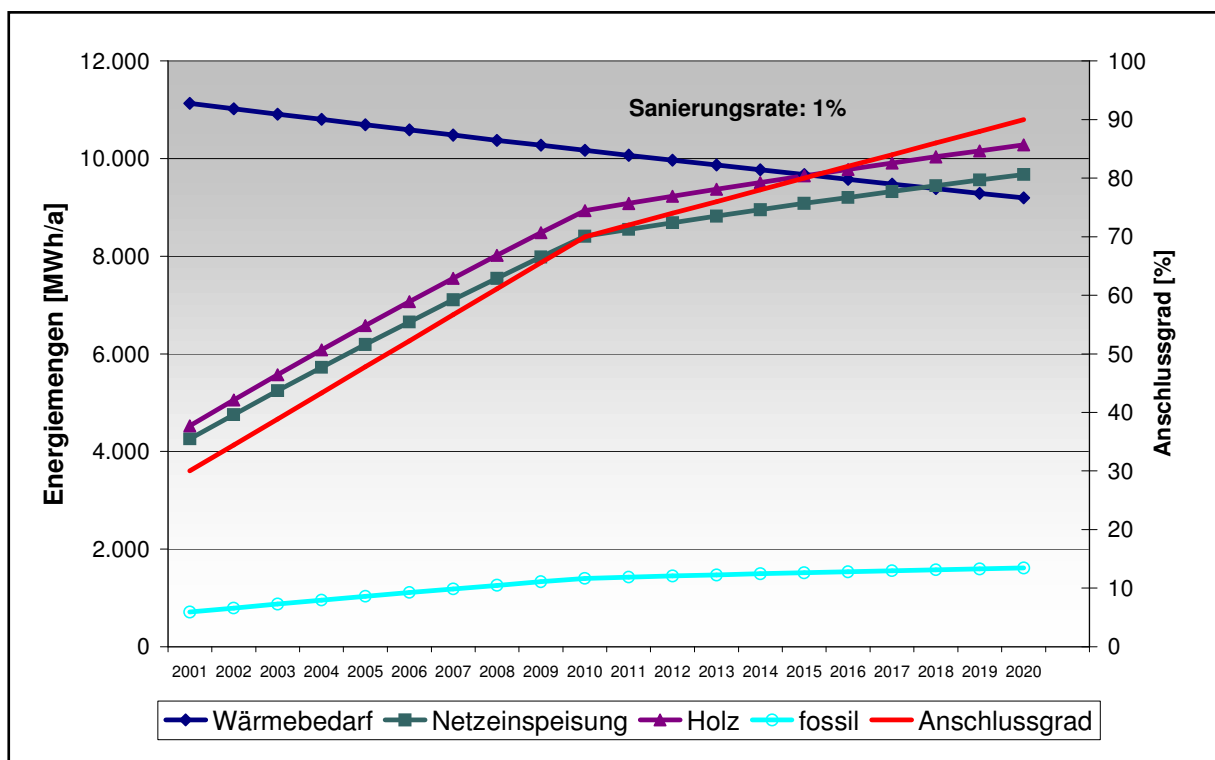
Der berechnete Raumwärmebedarf entsprechend des Urzustandes der Gebäude beträgt rund 12.400 MWh/a. Die Einwohnerzahl wurde mit 900 abgeschätzt (1,5 Wohnungen pro Gebäude; 2 Bewohner pro Wohneinheit). Daraus errechnet sich ein Wärmebedarf für die Warmwasserbereitung von 540 MWh/a.

## Ansatzpunkte für einen verbesserten Klimaschutz

Zur Bestimmung der Netzlänge wurde eine erste Grobabschätzung durchgeführt. Demnach ist eine Gesamtlänge von 8.100 m zu erwarten. Davon würden 4.500 m auf die Hauptleitung und 3.600 m auf die Hausanschlüsse entfallen. Der dabei zugrundegelegte Standort der Heizzentrale liegt auf dem Gelände östlich des Minigolfplatzes an der Stuttgarter Straße, genannt „Obere Furt“.

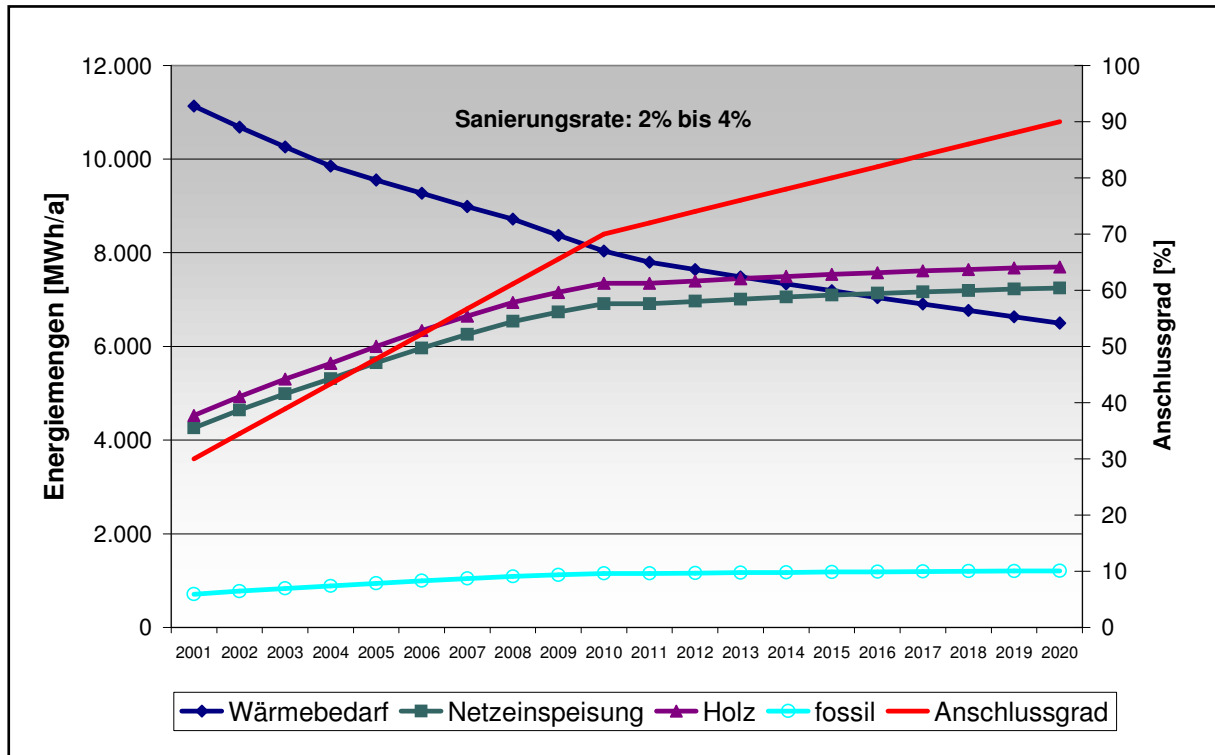
Die technische Auslegung der wichtigsten Komponenten in der Heizzentrale (Holzkessel, fossil befeuerter Spitzenkessel) ist abhängig von der zeitlichen Entwicklung des Wärmebedarfs auf Grund von Wärmedämmmaßnahmen. Zur Verdeutlichung dieses Sachverhalts wurden zwei verschiedene Szenarien untersucht. Beide sind dadurch gekennzeichnet, dass sich der Anschlussgrad von 30 % am Anfang auf 70 % nach 10 Jahren erhöht. Nach weiteren 10 Jahren wird ein Wert von 90 % zugrundegelegt. Der Unterschied liegt im Wärmebedarf. Im ersten Fall wird angenommen, dass 1 % der Häuser pro Jahr wärmedämmt werden, während im zweiten Fall die Rate zwischen 2 und 4 % variiert. Den Verlauf von Gesamtwärmebedarf, Wärmebedarf am Netzeinspeisepunkt, Brennstoffbedarf für die Kessel in der Heizzentrale und Anschlussrate zeigen **Abbildung 2.4** und **Abbildung 2.5**.

Die stärkere Reduktion des Wärmebedarfs wirkt sich deutlich auf den Brennstoffbedarf bei Holz und bei der fossilen Feuerung des Spitzenkessels aus.



**Abbildung 2.4:** Szenario 1 (Sanierungsrate 1 %): Nahwärmeversorgung Maichingen Landhaussiedlung

# Klimaschutzkonzept Sindelfingen



**Abbildung 2.5:** Szenario 2 (Sanierungsrate 2 bis 4 %): Nahwärmeversorgung Maichingen Landhaussiedlung

## Reduktion der Treibhausgasemissionen

Der Ausstoß von Treibhausgasen wird durch den allmählichen Anstieg des Anschlussgrades und die schrittweise Verringerung des Wärmebedarfs kontinuierlich geringer. Einen Überblick über die Entwicklung für die CO<sub>2</sub>-Äquivalente in beiden Szenarien zeigt folgende Tabelle:

**Tabelle 2.9:** Eingesparte Treibhausgasemissionen über die Projektdauer

Zeitpunkt	Szenario 1	Szenario 2
Jahr 1	1.153 t/a	1.153 t/a
Jahr 10	3.107 t/a	3.429 t/a
Jahr 20	3.902 t/a	4.130 t/a

Auf Grund des Einsatzes des CO<sub>2</sub>-neutralen Brennstoffs Holz können in beiden Fällen nahezu gleichviel Emissionen (ausgedrückt in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten) eingespart werden. Der geringe Unterschied rührt lediglich daher, dass im Szenario 1 auch für den Spitzenkessel mehr fossiler Brennstoff benötigt wird. Die Holzmenge, die im Fall geringerer Wärmedämmung (Szenario 1) benötigt wird, ist jedoch auf Grund des höheren Wärmebedarfs bedeutend größer als in Szenario 2.

Bezogen auf die Gesamtstadt (ohne das Werk von DaimlerChrysler), können die Treibhausgasemissionen durch den Betrieb eines Holzheizwerkes in Maichingen-Landhaussiedlung um 0,9 % reduziert werden (Szenario 2). Erreicht man einen Anschlussgrad von 100 %, beträgt das Reduktionspotenzial ca. 1 %.

## Investitionskosten

Die Investitionskosten für die Nahwärmeversorgung Maichingen-Landhaussiedlung betragen insgesamt rund 9 Mio. DM. Davon entfallen 6,5 Mio. DM auf die Wärmeverteilung (einschl. Hausstation) und 2,5 Mio. auf Anlagentechnik und Gebäude für die Heizzentrale. Dies sind Kosten, die der Betreiber der Anlage aufbringen muss.

Weitere Kosten, die von den Hausbesitzern getragen werden müssen, werden durch die Erneuerung der Gebäudehüllen und die gleichzeitig durchgeführten Maßnahmen zur Verbesserung der Wärmedämmung verursacht. Bei der Kostenbetrachtung wird unterschieden zwischen den Investitionskosten insgesamt, die die Maßnahmen zur Werterhaltung und zur Verbesserung des Dämmstandards umfassen und den reinen Dämmkosten (s. Anhang 2.1.5). Einen Überblick gibt folgende Tabelle:

**Tabelle 2.10: Kostenvergleich für Sanierung der Gebäudehülle und reine Dämmkosten**

	<b>Szenario 1</b>	<b>Szenario 2</b>
Gesamte Sanierungskosten	3,16 Mio. DM	8,89 Mio. DM
Dämmkosten	1,23 Mio. DM	3,51 Mio. DM

## Ausblick

Es bietet sich an, die schrittweise Umstellung der Wärmeversorgung außerhalb der Fernwärme-Vorranggebiete entsprechend der in Abschnitt 2.1.3 erläuterten Merkmale dort zu beginnen, wo es derzeit noch keine Erdgasversorgung gibt. Anstatt noch nachträglich ein Erdgasnetz zu installieren, ist es sinnvoll gleich Nahwärmenetze aufzubauen und die Nutzung erneuerbarer Energien zu integrieren. Die in Tabelle 2.7 genannten Gebiete müssen in diesem Zusammenhang als Vorranggebiete betrachtet werden.

Der technische und wirtschaftliche Erfolg der Nahwärmeversorgung im Gebäudebestand, wie z.B. im Gebiet Maichingen-Landhaussiedlung, steht und fällt mit der Akzeptanz der Hausbesitzer, ihr Gebäude an das Netz anzuschließen. Deshalb ist es sinnvoll am Anfang solche Techniken zur Nutzung erneuerbarer Energien einzusetzen, die auch wirtschaftlich konkurrenzfähig zur Öl-Zentralheizung sind. Steigende Ölpreise wie zuletzt im Herbst des letzten Jahres können da nur behilflich sein.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist, dass zur Planung solcher Anlagen auch die Kommunikation mit den Einwohnern gehört, um die Konzepte vor Ort zu vermitteln und die Akzeptanz bei den Menschen für die neuen Formen der Wärmeversorgung zu steigern.

### 2.1.6 Maßnahmen zur Steigerung der Akzeptanz von Nahwärme

Die hier gemachten Ausführungen zielen auf Gebiete im Gebäudebestand, wo viele Hausbesitzer bzw. Einwohner überzeugt werden müssen, wenn die Wärmeversorgung auf Nahwärme umgestellt werden soll.

Betrachtet man Maichingen-Landhaussiedlung als Modellfall, wird hier stichwortartig festgehalten, wie eine Kommunikationskampagne aussehen könnte, mit der den Einwohnern das Nahwärme-Konzept vermittelt und die damit verbundenen Zukunftsperspektiven aufgezeigt werden könnten. Die Ausführungen bauen auf den Erfahrungen auf, die im Rahmen eines EU-Projektes gemacht wurden. Modellgebiet war in diesem Fall ein Teilort mit 1.100 Einwohnern einer Landgemeinde im Enzkreis.

## Klimaschutzkonzept Sindelfingen

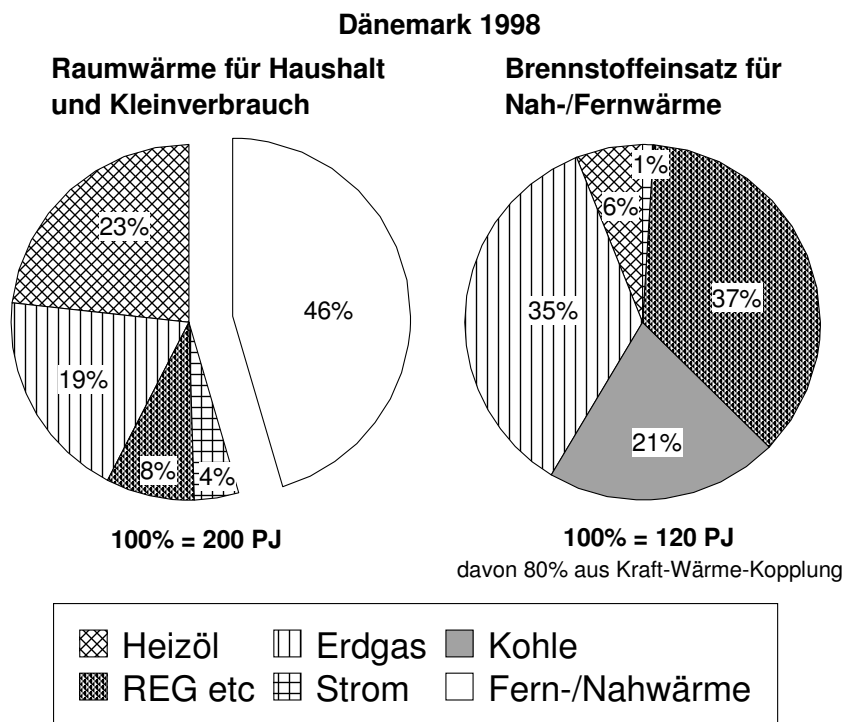
- Ausarbeitung eines Nahwärmekonzepts für das gesamte Gebiet mit Holzhackschnitzelkessel als Wärmeerzeuger. Berechnung des Wärmebedarfs auf der Basis der Sindelfinger Gebäudetypologie und einer angenommenen Entwicklung beim Wärmebedarf.
- Technische Auslegung der Heizzentrale für 100 % Anschlussgrad und Wirtschaftlichkeitsberechnung nach der Annuitätenmethode.
- Analyse verschiedener Varianten der Anschlussgradentwicklung mit Hilfe der Barwertmethode. Ziel sollte sein, in erster Näherung den einmaligen Anschlusskostenbeitrag der Hausbesitzer, sowie Grund- und Wärmepreis für die gelieferte Wärme abzuschätzen.
- Ökologische Bilanzierung der verschiedenen Szenarien hinsichtlich Luftschadstoffen und Treibhausgasemissionen.
- Erste Vorüberlegungen zum Standort der Heizzentrale in Zusammenarbeit mit den Stadtwerken Sindelfingen und den zuständigen Stellen der Stadt.
- Verteilung der Informationsbroschüre „Die Zukunft der Wärmeversorgung“ flächendeckend an alle Haushalte. Gleichzeitig Bewohner zu einer Informationsveranstaltung einladen. Durchführung dieser Veranstaltung gemeinsam mit Stadtwerken und Stadtverwaltung.
- Je nach Resonanz auf diese Informationsveranstaltung, Beratungsgespräche in kleinem Kreis (ca. 3 bis 6 Teilnehmer) anbieten.
- Parallel muss Überzeugungsarbeit bei Maichinger Ortschaftsräten und bei Stadträten der Gesamtstadt geleistet werden.
- Für den Fall, dass es eine kommunale Förderung von Wärmedämmmaßnahmen gibt, sind diese bei Gesprächen mit der Stadt in den Vordergrund zu stellen. Dämmmaßnahmen sind auf die Baualtersklassen C und D (sowie eventuelle E) zu konzentrieren.
- Verfeinerung des Nahwärmekonzepts u.a. mit Hilfe einer Einwohnerbefragung zum tatsächlichen Energiebedarf für Raumheizung und Warmwasser, um die auf die Gebäudetypologie gestützte erste Iteration zu verbessern. Außerdem müssen technische Alternativen betrachtet werden, wie zentrale, solare Brauchwassererwärmung oder eine 100%-ige Versorgung mit Holz. Wichtig ist auch die Untersuchung von technischen Möglichkeiten, Strom und Wärme aus nachwachsenden Rohstoffen gleichzeitig zu erzeugen.
- Konkretisierung der Kosten- und Wirtschaftlichkeitsrechnung. Darstellung in Abhängigkeit der Entwicklung des Anschlussgrades.
- Frage nach dem Betreiber und der Organisationsform der Gesellschaft klären.
- Präsentation der Ergebnisse des verbesserten Konzepts in einer weiteren Veranstaltung bzw. in Infobriefen.
- Herbeiführen einer Grundsatzentscheidung im Maichinger Ortschaftsrat und/oder im Sindelfinger Stadtrat.
- Um belastbare Aussagen darüber zu erhalten, wie hoch der anfängliche Anschlussgrad und die Entwicklung danach sein wird, müssen interessierte Hausbesitzer Verpflichtungserklärungen unterschreiben. Nur dadurch lässt sich eine Planungs- und Investitionssicherheit herstellen.

### Das dänische Beispiel

Der Ausbau von Nah- und Fernwärmenetzen spielt für den Klimaschutz im Wärmemarkt eine entscheidende Rolle. Die weltweit umfassendsten Erfahrungen mit Nahwärmesystemen liegen in Dänemark vor. Dies zeigt sich bereits an einer Analyse der dortigen Beheizungsstruktur (**Abbildung 2.6**). Fast die Hälfte des Raumwärmebedarfs wird durch Nah- oder Fernwärme gedeckt, mehr als die Hälfte aller Wohnungen sind angeschlossen (in Deutschland nur ca. 12 %). Auch die Vorteile für den Klimaschutz sind aus der Grafik ablesbar: 80 % der verteilten Wärme wurde in KWK-Anlagen erzeugt, teilweise unter Nutzung regenerativer (REG) Brennstoffe, welche insgesamt einen Anteil von 37 % am Brennstoffeinsatz für Nah- und Fernwärme haben.

Äußerst wichtig für eine stärkere Verbreitung von Nahwärme in Deutschland ist eine Minderung der hohen Kosten für die Verlegung der Rohrleitungen. Dass es hier noch Spielraum

gibt, zeigt **Abbildung 2.7**. Typischerweise liegen die deutschen Kosten um einen Faktor 3(!) über den dänischen. Eine vollständige und schlüssige Erklärung für diese enorme Kostenspanne gibt es bis heute nicht. Einige Erklärungsansätze finden sich im Anhang 2.1.6. Sicher ist jedoch, dass Deutschland und damit auch Sindelfingen vom dänischen Beispiel profitieren können (siehe Kapitel „Maßnahmen“).

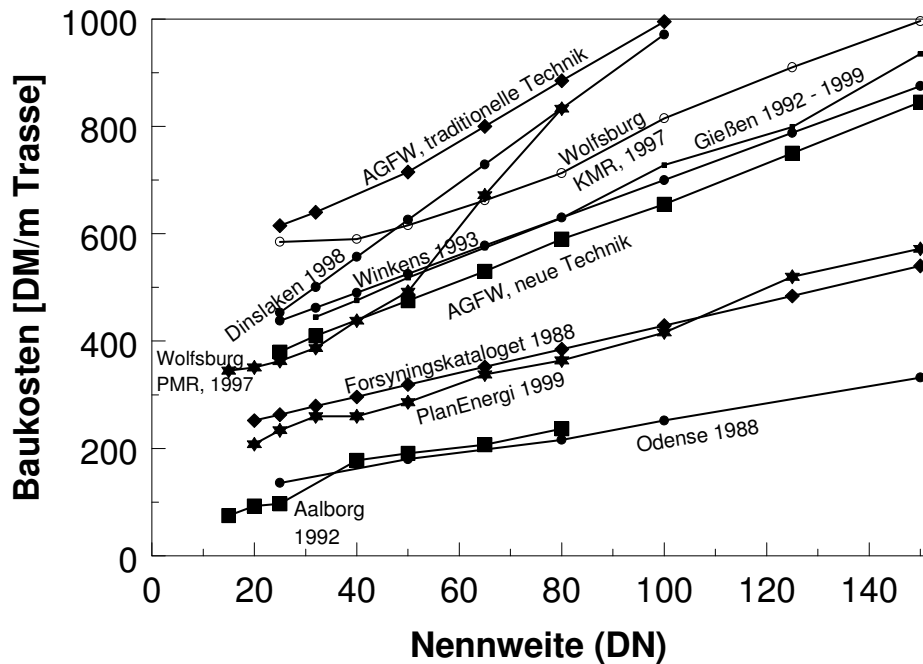


District.pre.

**Abbildung 2.6: Struktur des Raumwärmemarktes in Dänemark<sup>16</sup>**

<sup>16</sup> In dem Brennstoffeinsatz für Nah/Fernwärme von 120 PJ sind im Unterschied zum linken Tortendiagramm der industrielle Verbrauch und die Umwandlungs- und Netzverluste enthalten.

# Klimaschutzkonzept Sindelfingen



Nahkost.pre

Abbildung 2.7: Vergleich der Baukosten für Fernwärmeleitungen in Deutschland und Dänemark

## 2.1.7 Erneuerbare Energien

### 2.1.7.1 Biomasse

Es gibt vielfältige Möglichkeiten, Biomasse energetisch zu nutzen. Im Folgenden werden Holz und Grüngut, Biogas aus Gülle sowie der Anbau von Raps zur Produktion von Biodiesel getrennt behandelt, da sowohl deren Potenziale voneinander unabhängig als auch die Nutzungstechniken völlig verschieden sind.

#### Holz

Die Verfeuerung von Holz ist die kostengünstigste Möglichkeit erneuerbare Energien zu nutzen. Sindelfingen verfügt über einen vergleichsweise großen Stadtwald mit einer Fläche von 2.091 ha. Der Brennholzverkauf einschließlich des von Flächenlosen gesammelten Holzes liegt im Mittel bei etwa 2.000 fm/a, was einem Heizwert von 5,5 GWh/a entspricht. Der Brennholzverkauf schwankt sehr stark von Jahr zu Jahr, sodass weder eine tendenzielle Zunahme noch eine Abnahme erkennbar ist.

Bereits nach den Frühjahrsstürmen des Jahres 1991 wurde das Holzpotenzial aus dem Sindelfinger Forst in einer Referendararbeit „Thermische Verwertung und Bereitstellung von Industrieholz aus dem Sindelfinger Stadtwald“ näher untersucht. Dabei wurden die maximal verfügbaren Holzmengen ermittelt, indem u.a. das Industrieholz, welches bisher nur zu geringen Preisen an die Spanplatten- und Papierindustrie verkauft werden kann, mit zum möglichen Energieholzpotenzial gerechnet wurde. Im Ergebnis stehen dann jährlich 10.660 fm für die Verbrennung zur Verfügung.

## Ansatzpunkte für einen verbesserten Klimaschutz

Eine Untergrenze für die mögliche energetische Nutzung von Restholz aus dem Sindelfinger Forst ergibt sich durch flächendeckende aktuelle Untersuchungen für ganz Baden-Württemberg /Joos 2000/. Im Mittel ergibt sich ein sofort nutzbares Potenzial von 1,3 fm/ha in Form von Hackschnitzeln bei für den Forst auskömmlichen Bereitstellungskosten von 30-40 DM/srm (frei Verbraucher), welches derzeit anderweitig nicht genutzt werden kann. Heruntergebrochen auf Sindelfingen bedeutet dies ein Potenzial von 3.500 fm/a.

Auf Grund des hohen Anteils von Laubholz kann für Sindelfingen mit einem Energiegehalt des Holzes von 2.780 kWh/fm gerechnet werden. Damit errechnet sich ein maximaler Anteil für Holzheizungen am Wärmebedarf Sindelfingens zwischen 1,5 % und 4,5 %.

Zusätzliche Nutzungspotenziale für unbehandeltes Holz ergeben sich durch die energetische Nutzung von Resthölzern aus der Säge- und Holzverarbeitungsindustrie (sog. Nebenprodukte), welche heute für geringes Entgelt (10-20 DM/srm) an die Spanplatten- und Papierindustrie abgegeben werden müssen. In den Sägewerken fällt beim Einschnitt ca. 1/3 der angelieferten Stammholzmenge als derartiges Restholz an. Auf der Gemarkung Sindelfingens gibt es in Dagersheim ein kleines, in der benachbarten Gemeinde Ehningen ein großes Sägewerk (Einschnitt ca. 5.000 fm/a bzw. 30.000 fm/a). Hierdurch fallen lokal jährlich weitere ca. 12.000 fm kostengünstiger Resthölzer<sup>17</sup> mit einem Energiegehalt von 39 GWh an.

Weitere vergleichsweise geringe Holz mengen fallen bei landschaftspflegerischen Maßnahmen an. Auf den Häckselplätzen des Landkreises Böblingen werden 95.000 m<sup>3</sup>/a an Grüngut angeliefert. Dieses wird in seine nieder- und hochkalorischen (= Holz) Anteile getrennt. Das anfallende Holz wird gehakt und dann kompostiert oder als Brennstoff verwendet. Je m<sup>3</sup> angelieferten Grünguts kann mit einer Holz ausbeute von ca. 500 kWh<sub>Hu</sub> gerechnet werden, sodass sich für den gesamten Landkreis Böblingen ein Potenzial von 47 GWh<sub>Hu</sub>/a ergibt.

Auf der Gemarkung Sindelfingen gibt es nur einen kleinen Häckselplatz, vermutlich lagern die Sindelfinger Bürger den größeren Teil ihres Grüngutes auf den Häckselplätzen anderer Kommunen ab. Bezogen auf die Einwohnerzahl ist Sindelfingen rechnerisch ein Anteil von 17 % am Potenzial zuzuordnen, also 8 GWh<sub>Hu</sub>/a.

Das Grüngut musste bisher i.Allg. entsorgt werden, es steht daher kostengünstig (knapp 2 Pf/kWh<sub>Hu</sub>) zur Verfügung. Zu beachten ist allerdings, dass dieses Holz einen hohen Feuchtegehalt aufweist und dementsprechend hohe Anforderungen an die Feuerungstechnik gestellt werden müssen.

Prinzipiell ist es nicht notwendig, sich auf die lokalen Energieholzpotenziale zu beschränken. Es gibt in Baden-Württemberg einen funktionierenden Markt für Hackschnitzel, welcher Energieholz für ca. 2 Pf/kWh frei Verbraucher zur Verfügung stellt.

### Technik

Auf der technischen Seite kann Holz in kleineren Anlagen zur Beheizung einzelner Gebäude oder für Nahwärmesysteme mit großen Kesseln (> 200 kW) genutzt werden. Die Feuerungstechnik hat während der letzten 15 Jahre ganz erhebliche Fortschritte gemacht. So sank der Ausstoß von CO um den Faktor 100. Dementsprechend sind heute generelle Verbote für feste Brennstoffe aufzuheben und durch (strenge) Grenzwerte für die zulässigen Emissionen zu ersetzen. Diese können von modernen Kesseln zuverlässig erfüllt werden. Bei den Heizzentralen für Nahwärmesysteme sind noch schärfere Grenzwerte wirtschaftlich vertretbar als bei Einzelf Feuerungen. Diese können auch dann noch sicher eingehalten werden, wenn billigere Holzsortimente, wie z.B. für Kleinfeuerungen ungeeignete nasse Rinde, genutzt wer-

---

<sup>17</sup> Überwiegend Laubholz mit einem Energiegehalt von 3.250 kWh<sub>Hu</sub>/fm.



## Klimaschutzkonzept Sindelfingen

den. Hemmend auf die weitere Verbreitung von Holzheizungen wirken sich die höheren Investitionskosten aus. Gute Holzkessel sind wenigstens doppelt so teuer wie Ölkessel. Hinzu kommen noch Aufwendungen für das Holzlager und den (automatischen) Transport des Brennstoffs in den Feuerraum. Im Gebäudebestand ist es daher kaum möglich, bestehende Öl- oder Gaskessel durch Holzfeuerungen zu ersetzen. Für Nahwärmesysteme entfallen diese Hemmnisse. Auch die Wirtschaftlichkeit ist gut, allerdings nur unter der Voraussetzung, dass alle potenziellen Verbraucher sich sofort an die Nahwärme anschließen. Diese Bedingung ist wenigstens im deutschen Bestand kaum erfüllbar. In anderen Ländern, wo teils auf Grund historisch gewachsener Tradition günstigere Randbedingungen für die Nutzung von Nahwärme anzutreffen sind, können nachahmenswerte Beispiele aufgezeigt werden. So werden im südtiroler Pustertal von dem Gelände eines Sägewerks aus die Ortschaften Ober- und Niederrasen nahezu komplett mit Nahwärme versorgt. Die Entfernung zwischen Holzheizwerk und der Ortsmitte von Oberrasen beträgt hier rund 3 km (Luftlinie), also kaum weniger als zwischen dem Sägewerk in Ehningen und Dagersheim. Wichtige Vorteile von Holzheizwerken auf dem Gelände großer Sägewerke sind, dass erstens der Transport von Hackschnitzeln entfallen kann und zweitens ohnehin Lagerkapazität für Restholz auf dem Werksgelände vorgehalten werden muss.

Eine vielversprechende Entwicklung der letzten Jahre stellen Pelletsheizungen dar. Hierbei wird das (Rest-)Holz zunächst zerkleinert und zu kleinen Pellets gepresst. Diese lassen sich von Tankwagen in den Heizungskeller, welcher nicht mehr Volumen als der bisherige Ölkeller benötigt, einfüllen. Durch die definierten Abmessungen der einzelnen Pellets sowie durch eine gleichbleibende Qualität des Brennstoffs sind zuverlässige und kostengünstige Lösungen für den Transport der Pellets in den Feuerungsraum und eine schadstoffarme Verbrennung möglich. Hemmend wirken sich die zusätzlichen Kosten für die Pelletierung des Holzes aus, da hierdurch die Brennstoffkosten um gut 1 Pf/kWh höher als bei sonstigen Holzheizungen ausfallen. Dennoch scheinen Pellets geeignet, in Marktsegmente vorzudringen, die bisher anderen Energieträgern vorbehalten waren.

Vom technischen Gesichtspunkt ist die Kraft-Wärme-Kopplung mit Holz als Brennstoff hochinteressant. Stand der Technik sind holzgefeuerte Dampfkessel, bei denen Strom aus einer Dampfturbine gewonnen und die Abwärme genutzt wird. Die Anlagen müssen allerdings sehr groß sein (> 5 MW Feuerungsleistung) und der elektrische Wirkungsgrad ist mit ca. 15 % sehr gering. Verbesserungen sowohl bei der Mindestgröße der Anlagen als auch beim elektrischen Wirkungsgrad werden durch die Vergasung des Holzes mit anschließender Nutzung des entstehenden Holzgases zum Antrieb eines Motor-BHKW oder einer Gasturbine erwartet. Bisher ist es jedoch noch nicht gelungen, mit vertretbarem Aufwand die erforderliche Reinheit des Gases zu erreichen. Auch die Nutzung von Holz in Stirling-Motoren befindet sich noch im Versuchsstadium.

### **Biogas**

Die Nutzung von Biogas ist in mehrfacher Hinsicht empfehlenswert:

- es werden fossile Brennstoffe eingespart
- es wird weniger klimaschädliches Methan emittiert wie bei der konventionellen Güllelagerung /Rünzi 1997/. Dieser Klimateffekt ist mindestens ebenso groß wie durch die Einsparung fossiler Brennstoffe
- die Landwirtschaft kann sich eine zusätzliche Einkommensquelle erschließen
- die Geruchsbelästigung der Umgebung durch unbehandelte Gülle wird stark vermindert

Voraussetzung einer wirtschaftlichen Nutzung von Biogas in der Landwirtschaft ist eine hinreichende Menge tierischer Exkrememente, welche in großen, gülleähnlichen Fermentern innerhalb von ca. 3-4 Wochen zu Biogas und homogenem, dünnflüssigem Substrat vergoren

werden kann. Die Struktur der Viehhaltung auf der Gemarkung Sindelfingens gibt **Tabelle 2.11** wieder.

**Tabelle 2.11: Nutztierhaltung 1996 (Quelle: Statistisches Landesamt)**

	<b>Rindvieh</b>	<b>Schweine</b>	<b>Hühner</b>	<b>Pferde</b>	<b>Schafe</b>
<b>Anzahl Betriebe</b>	18	9	25	21	8
<b>Anzahl Tiere</b>	759	146	8.251	152	50

Die Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen verbessert sich mit wachsender Betriebsgröße, da die spezifischen Investitionskosten je GV (= Großvieheinheit, entsprechend 500 kg Lebendgewicht) sinken und außerdem größere BHKW, welche das erzeugte Biogas als Kraftstoff nutzen, einen besseren Wirkungsgrad aufweisen. Ab etwa 100 GV kann im Mittel mit einem positiven Betriebsergebnis gerechnet werden. Die Wirtschaftlichkeit einer Anlage kann verbessert werden, wenn auch von benachbarten Betrieben Gülle mit vergoren wird.

Der gesamte Viehbesatz Sindelfingens liegt bei gut 900 GV. Nach Schätzungen des Landwirtschaftsamtes Herrenberg gibt es bis zu 5 Großbetriebe, mit insgesamt ca. 500 GV, für welche eine Biogasanlage interessant sein könnte. Dabei ist bereits berücksichtigt, dass auf Grund von Betriebsstilllegungen die verbleibenden Betriebe wachsen. Da bei zunehmender Betriebsgröße auch der Bedarf an Lagerkapazität für Gülle zunimmt, sind auch in Zukunft in diesem Bereich bauliche Maßnahmen notwendig. Diese günstigen Gelegenheiten können genutzt werden, um auf Biogas umzustellen. Die Kommune kann hierbei unterstützend wirken und gleichzeitig eigenen Nutzen daraus ziehen, indem sie das bei ihr anfallende, sonst anderweitig zu deponierende Grüngut auf diesem umweltfreundlichen Wege in der Anlage mitentsorgt.

Wird das Potenzial von 500 GV zur Biogaserzeugung voll ausgenutzt, so werden jährlich 274.000 m<sup>3</sup> Biogas erzeugt. Mit diesem kann eine Strommenge von ca. 500 MWh im Wert von 100.000 DM erzeugt und außerdem eine Wärmemenge von 300 MWh zur Beheizung von Gebäuden und Ställen genutzt werden. Auf ganz Sindelfingen bezogen ist der mögliche Beitrag des Biogases zur Energieerzeugung erwartungsgemäß gering.

Die Potenziale von Biogas können geringfügig erhöht werden, wenn Grünabfälle oder Fettreste mit vergoren werden. Für die Verwertung dieser Reststoffe kann der Landwirt Entsorgungserlöse erzielen und insbesondere bei Fetten die Gasausbeute erhöht werden. Dem entgegen stehen allerdings in vielen Fällen erhöhte Auflagen, wie beispielsweise eine Hygienisierungsstufe für die außerbetrieblichen Reststoffe sowie Unsicherheiten über langfristige Erlöse aus der Beseitigung von Abfallprodukten von Bürgern, Gastgewerbe oder der Lebensmittelindustrie.

### **Biodiesel**

Der Grundstoff für Biodiesel ist Rapssaat. Diese darf zu Zwecken der energetischen Nutzung auch auf nach den Regelungen der EU stillgelegten landwirtschaftlichen Flächen angebaut werden, ohne die Stilllegungsprämien zu gefährden. Der Absatz von Biodiesel ist in den letzten Jahren sehr stark angestiegen. Ursache hierfür sind u.a. die stark steigenden Rohölpreise. Bei unveränderten Randbedingungen könnte auch in Zukunft mit einem gesicherten Absatz für Rapssaat gerechnet werden. Es besteht jedoch die Möglichkeit, dass als Ersatz für Schwefel demnächst RME dem normalen Dieselmotorkraftstoff zugemischt wird. Die Steuervorteile für RME entfallen und deutsches Rapsöl steht dann in unmittelbarer Konkurrenz mit den billigeren kanadischen Importen.

## Klimaschutzkonzept Sindelfingen

Raps kann auf Grund der notwendigen Fruchtfolge höchstens auf 25 % der Ackerfläche angebaut werden. Für die Sindelfinger Landwirte steht daher maximal eine Fläche von 200 ha für den Anbau von Raps zur Verfügung. Je Hektar können etwa 31 dt/a an Rapssaat geerntet werden, welche zu 1.300 l Biodiesel weiterverarbeitet werden kann. Der Energiegehalt von Biodiesel ist um 8 % geringer als der von normalem (fossilem) Diesel. Insgesamt kann damit von den Sindelfinger Feldern eine Kraftstoffmenge geerntet werden, welche 240 m<sup>3</sup>/a normalem Diesel oder 2,4 GWh/a entspricht. Diese Menge reicht für den Betrieb von etwa 120 Pkw (25.000 km/a, 8 l/100 km). Dies ist nicht ausreichend, um einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz zu liefern.

Der prinzipielle Nutzen von Biodiesel für den Klimaschutz ist immer wieder Thema von kontroversen Diskussionen. Nach Untersuchungen im Auftrag des UBA /IFEU 1993/ werden je substituiertem kg fossilen Diesels zwar zunächst 3,5 kg CO<sub>2</sub> eingespart. Werden aber die Aufwendungen in der Landwirtschaft und die weitere Verarbeitung sowie zusätzliche Nutzungen der bei der Verarbeitung anfallenden Nebenprodukte (Rapsschrot als Viehfutter, Glycerin zur thermischen Verwertung) gegengerechnet, so werden je eingespartem kg Diesel nur noch 2 kg CO<sub>2</sub> eingespart. Unvermeidliche Emissionen von N<sub>2</sub>O, welches ein sehr stark klimawirksames Gas ist, aus der Düngung der Felder sind dabei noch nicht berücksichtigt. Nach neueren Untersuchungen /UBA 1999/ ist daher der Klimanutzen von Biodiesel nochmals um 0,5 kg CO<sub>2</sub>/kg Dieseläquivalent zu mindern. Bezogen auf die Ackerfläche verbleibt damit ein Klimanutzen von nur 1.500 kg CO<sub>2</sub>/ha. Der gleiche Effekt ergibt sich, wenn 500 l Diesel oder Heizöl eingespart werden. Durch den Anbau von Energiepflanzen zur direkten Verbrennung in Heizwerken könnte auf der gleich Fläche ein Vielfaches dieses Wertes eingespart werden. Da auch die wirtschaftlichen Erfolge von Biodiesel allein auf die erlassene Mineralölsteuer sowie Stilllegungssubventionen der EU zurückzuführen sind, stellte das UBA 1999 fest:

„Aus Sicht des Umweltschutzes und aus ökonomischen Gründen ist eine Förderung des Einsatzes von Rapsöl und RME im Kraftstoffbereich auch weiterhin nicht zu befürworten.“

### 2.1.7.2 Solarkollektoren

Auf den Dächern Sindelfingens können Solaranlagen mit einer Sammlerfläche von insgesamt 424.000 m<sup>2</sup> installiert werden<sup>18</sup> (siehe Abschnitt 2.1.7.3). Die Hälfte dieser Fläche wird für Photovoltaikanlagen zur Stromerzeugung reserviert. Innerhalb der Siedlungsstruktur können weitere Stellflächen für Kollektoren gefunden werden, z.B. über Parkplätzen, entlang der Eisenbahntrasse oder als Lärmschutzwände an der A81. Das Potenzial für Solarkollektoren zur Wärmeerzeugung erhöht sich dadurch um knapp 100.000 m<sup>2</sup> auf insgesamt 310.000 m<sup>2</sup>. Das zugehörige energetische Potenzial errechnet sich zu 93 GWh/a und die mögliche CO<sub>2</sub>-Einsparung zu jährlich 27.000 t CO<sub>2</sub>-Äquivalent.

Für die Erzeugung von solar erwärmtem Brauchwasser genügen kleine Solaranlagen. Von dem gesamten Dachflächenpotenzial wird dabei nur ein geringer Teil benötigt. Mit größeren Anlagen können auch Teile des Raumwärmebedarfs gedeckt werden. Wenn sich mehrere benachbarte Gebäude zusammenschließen, können Kosten gespart werden, da dann ein einziger großer Speicher viele kleine Speicher ersetzen kann. Die beteiligten Gebäude werden dabei über ein Nahwärmesystem mit dem großen Speicher und einer Heizzentrale verbunden. Es entsteht ein sogenanntes solares Nahwärmesystem. Da große Speicher nur langsam auskühlen, ist es mit diesem System auch möglich, im Sommer gesammelte Wärme bis in den Winter zu speichern. Während bei Kleinanlagen nur ein Teil des Brauchwassers solar erwärmt werden kann, besteht bei solarer Nahwärme die Möglichkeit, bis zu 80 %

---

<sup>18</sup> Ohne Dachflächen auf dem Werksgelände von DaimlerChrysler.

## Ansatzpunkte für einen verbesserten Klimaschutz

des gesamten Wärmebedarfs (Raumwärme und Warmwasser) durch Sonnenenergie zu decken. Das macht solare Nahwärme für den Klimaschutz besonders interessant. Größere Anlagen dieser Art werden bereits in Friedrichshafen, Hamburg und Neckarsulm erfolgreich betrieben.

Auch aus wirtschaftlicher Sicht bieten große Anlagen Vorteile. Die Investitionskosten je m<sup>2</sup> Kollektorfläche können gegenüber Kleinanlagen mehr als halbiert werden. Bei steigenden Brennstoffpreisen werden daher Großanlagen früher die Schwelle der Wirtschaftlichkeit erreichen als die heute den Markt beherrschenden Kleinanlagen. Eine langfristig angelegte Strategie zur verstärkten Nutzung solarer Wärme muss daher so angelegt werden, dass gezielt Impulse für die Markteinführung der heute noch seltenen solaren Großanlagen gegeben werden.

Für die Installation von solaren Großanlagen müssen entsprechende Dachflächen gefunden werden. Für Anlagen mit einer Kollektorfläche von 1.300 m<sup>2</sup> können in Sindelfingen 22 Gebäude mit hinreichend großer Dachfläche nachgewiesen werden. Bis auf eine Schule sind alle diese Gebäude dem gewerblichen Bereich zuzuordnen. Bei einer zusammenhängenden Kollektorfläche von wenigstens 500 m<sup>2</sup> erhöht sich die Anzahl geeigneter Dächer bereits auf über 100, davon 22 öffentliche Gebäude, meist Schulen.

Neben der Dachfläche gibt es noch eine Reihe weiterer Kriterien, die bei der Auswahl eines geeigneten Objektes für eine solare Großanlage zu beachten sind:

- Das Dach muss eine zusätzliche statische Last von etwa 20 kg/m<sup>2</sup> aufnehmen können.
- Das Dach sollte wenig strukturiert sein (wenig Aufbauten oder Lichtschächte).
- Ein hinreichender Wärmebedarf muss vorhanden sein, bevorzugt in den Sommermonaten.
- Das Gebäude sollte nicht bereits an die Fernwärmeversorgung angeschlossen sein, da sonst durch die Sonne ein Energieträger verdrängt würde, der ohnehin schon vergleichsweise klimaschonend ist.
- Der Besitzer des Gebäudes muss der Installation zustimmen, es müssen ein geeigneter Betreiber und hinreichend finanzielle Fördermittel vorhanden sein.

**Tabelle 2.12** zeigt beispielhaft die Eigenschaften einer solaren Großanlage im Vergleich mit einem heute üblichen solaren Brauchwassersystem.

Trotz des geringeren spezifischen Jahresenergieertrags der großen Anlage auf Grund der längeren Speicherzeiten ergibt sich gegenüber der Kleinanlage ein Kostenvorteil von mehr als einem Faktor 2. Zudem ist das zukünftige Kostenreduktionspotenzial von Großanlagen höher einzustufen, da hier der Anteil konventioneller Komponenten (z.B. Verrohrung zwischen Dach und Speicher im Keller) geringer ist.

Es wird empfohlen, mittelfristig auf einem der größeren Dächer Sindelfingens eine große Solaranlage mit einer Kollektorfläche von wenigstens 500 m<sup>2</sup> zu errichten. Das im Stadtleitbild 2000 plus vorgesehene Förderprogramm für Solarkollektoren sollte öffentlichkeitswirksam auf diese Anlage konzentriert werden. Da mit dieser Anlage auch die Kostenvorteile von Großanlagen demonstriert werden sollen, sind spezifische Kosten für die gesamte Solaranlage einschließlich Speicher von weniger als 800 DM je m<sup>2</sup> Kollektorfläche anzustreben. Als geeignete Objekte kommen zukünftig auch die geplanten großen Gebäude des ehemaligen Flughafens in Betracht. Bei solaren Deckungsanteilen unter 30 % sollten unter den dort voraussichtlich günstigen Randbedingungen die spezifischen Kosten bei weniger als 600 DM/m<sup>2</sup> liegen.

# Klimaschutzkonzept Sindelfingen

**Tabelle 2.12: Charakteristische Kennwerte für eine kleine und eine große Solaranlage**

	Einheit	Kleinanlage	Großanlage
Kollektorfläche	m <sup>2</sup>	5,0	1300
Speichervolumen	m <sup>3</sup>	0,35	350
Wärmebedarf 1)	MWh/a	3,3 5)	1500
Kollektorausbeute 2)	kWh/m <sup>2</sup> ,a	482	364
Einspeisung 3)	kWh/m <sup>2</sup> ,a	307	329
Solarer Deckungsanteil	%	59 5)	28
Jahresenergieertrag 3)	MWh/a	1,9	420
"	kWh/m <sup>2</sup> ,a	383	323
<b>Betriebstemperaturen</b>			
- Vorlauftemperatur	°C	55	75-95
- Rücklauftemperatur	°C	10	30-50
- max. Speichertemperatur	°C	95	95
<b>Kosten (DM 1997)</b>			
Bauzeit	a	0,1	0,3
Zins	%	6,0	6,0
Techn. Lebensdauer des Kollektors	a	20	20
<b>Investitionen</b>			
Gesamt	TDM	9,4	882
- Kollektoren	TDM	5,6	677
- Speicher	TDM	3,7 4)	205
<b>Spez. Gesamtinvestitionen</b>	<b>DM/m<sup>2</sup></b>	<b>1.872</b>	<b>678</b>
<b>Betriebskosten</b>			
- Wartung und Betrieb	TDM/a	0,15	15,6
- Kosten für Pumpstrom 6)	TDM/a	0,02	2,1
Jahreskosten	DM/a	986	91.607
Wärmekosten	DM/kWh <sub>th</sub>	0,51	0,22
<b>Bemerkungen</b>			
1) Wärmemenge, die im konventionellen Vergleichssystem z.B. durch einen Ökessel erzeugt werden müsste.			
2) Wärmeabgabe Kollektorfeld an Speicher. TRY Trier, horizontale Globalstrahlung 1017 kWh/m <sup>2</sup> ,a			
3) Wärmeabgabe des Solarspeichers an das konventionelle Verteilungssystem, einschl. Beitrag zur Deckung der Verluste im Bereitschaftsteil des Brauchwasserspeichers.			
4) Keine Gutschrift für ohnehin benötigten Speicher.			
5) nur Warmwasser			
6) 0,25 DM/kWh <sub>el</sub>			

## 2.1.7.3 Photovoltaik

Mit Hilfe der Gebäudetypologie für die Wohngebäude und einer zusätzlichen Analyse der Nichtwohngebäude, wurden für Sindelfingen rund 424.000 m<sup>2</sup> Dachfläche ermittelt, die für die direkte Nutzung der Solarstrahlung geeignet sind. Die Flächen teilen sich in rund 40.000 m<sup>2</sup> auf kleinen Flachdächern, 107.000 m<sup>2</sup> auf großen Flachdächern und 277.000 m<sup>2</sup> auf geneigten Dächern auf.

## Ansatzpunkte für einen verbesserten Klimaschutz

Das Ergebnis der Abschätzung des Potenzials für die photovoltaische Stromerzeugung zeigt **Tabelle 2.13**. Dabei wurden drei technische Entwicklungsschritte angenommen, die auf Grund steigender Wirkungsgrade und verbesserter Effizienz der Systemtechnik zunehmende Stromerträge ermöglichen.

		Dachflächen			Summe
		schräg	flach, klein *	flach, groß *	
Modulflächen	[m²]	276.800	40.000	107.000	<b>423.800</b>
Referenzsystem		1 - 5 kWp	1 - 5 kWp	50 - 100 kWp	
Solarzellenmaterial		multi-c-Si	multi-c-Si	multi-c-Si	
Totalstrahlung in Modulebene	[kWh/m²a]				1.200
<b>Technik 1996</b>					
spez. Energieertrag	[kWhAC/(a kWpDC)]	871,0	871,0	925,0	
Installierbare Leistung	[kWpDC]	33.216,0	4.800,0	12.840,0	<b>50.856</b>
Jahresenergieertrag brutto	[MWhAC]	28.937,8	4.181,8	11.879,6	<b>44.999</b>
Ertragseinbuße **	[%]	5,0	0,0	0,0	
Jahresenergieertrag netto	[MWhAC]	27.490,9	4.181,8	11.879,6	<b>43.552</b>
<b>Technik 2005</b>					
spez. Energieertrag	[kWhAC/(a kWpDC)]	916,0	916,0	961,0	
Installierbare Leistung	[kWpDC]	41.520,0	6.000,0	16.050,0	<b>63.570</b>
Energieertrag brutto	[MWhAC]	38.015,7	5.493,6	15.427,3	<b>58.937</b>
Ertragseinbuße **	[%]	5,0	0,0	0,0	
Jahresenergieertrag netto	[MWhAC]	36.114,9	5.493,6	15.427,3	<b>57.036</b>
<b>Technik 2020</b>					
spez. Energieertrag	[kWhAC/(a kWpDC)]	962,0	962,0	988,0	
Installierbare Leistung	[kWpDC]	47.056,0	6.800,0	18.190,0	<b>72.046</b>
Energieertrag brutto	[MWhAC]	45.230,2	6.536,2	18.139,1	<b>69.905</b>
Ertragseinbuße **	[%]	5,0	0,0	0,0	
Jahresenergieertrag netto	[MWhAC]	42.968,7	6.536,2	18.139,1	<b>67.644</b>
* Modulflächenfaktor = 1/3					
** Ertragseinbuße aufgrund nicht optimaler Ausrichtung der Module auf Schrägdächern (Dachneigung, Dachfirstrichtung)					

**Tabelle 2.13: Potenzialabschätzung für die photovoltaische Stromerzeugung**

Legt man 100 % der für solare Nutzung geeigneten Dachflächen zu Grunde, so ist ein Stromertrag von maximal 67.000 MWh/a möglich. Unter der Annahme, dass 50 % der Dachflächen für die solarthermische Nutzung reserviert sind, halbiert sich der oben genannte Betrag.

Gemessen am Strombedarf der Stadt im Jahr 1999 (ohne Daimler) in Höhe von 320.000 MWh/a, können demzufolge rund 10 % davon solar erzeugt werden.

### Windenergie

Laut Windatlas Baden-Württemberg /LfU 1994/ weist die Gemarkung der Stadt Sindelfingen mittlere jährliche Windgeschwindigkeiten in 10 m Höhe von weniger als 1,5 m/s auf. Für die Stromerzeugung aus Windenergie mit Hilfe von Windkraftanlagen ist das deutlich zu wenig.

Möglicherweise gibt es jedoch eine Ausnahme im Stadtgebiet und zwar die ehemalige Kreismülldeponie in der Dachsklinge nördlich des Stadtteils Eschenried. Der dort aufgeschüttete Hügel erhebt sich rund 40 m über die Umgebung. Sein höchster Punkt liegt auf 543 m über NN.

Die Erste und wichtigste Frage, die vor Installation einer Windkraftanlage beantwortet werden muss, ist die Frage nach dem tatsächlichen Windangebot am Standort. Da die Mülldeponie von ihrer Form her einige Ähnlichkeit mit dem Schutthügel „Grüner Heiner“ westlich

## Klimaschutzkonzept Sindelfingen

von Stuttgart hat, wäre ein erster sinnvoller Schritt zur Standortbewertung, die Betriebsergebnisse der auf dem Grünen Heiner installierten 600 kW-Anlage genauer zu betrachten.

Im Vergleich zu dem Gelände dort, weist der Standort Dachsklinge jedoch einen grundlegenden Unterschied auf, da rundherum alles bewaldet ist. Das hat zur Folge, dass die 40 m Höhenunterschied zur Umgebung aerodynamisch betrachtet auf die Hälfte oder weniger schrumpfen, da die Windgrenzschicht durch die Bäume nach oben verschoben wird. Zudem weist Wald im Vergleich zu offenem, unbebautem Land auch eine höhere Bodenrauigkeit auf, was die Windgeschwindigkeiten zusätzlich reduziert.

Aus den genannten Gründen ist dringend anzuraten, rechtzeitig eine einjährige Windmessung in möglichst großer Höhe durchzuführen, bevor rund 3,5 Mio. DM für eine 1,5 MW Windkraftanlage investiert werden. Die Kosten von grob geschätzt 30.000 DM, die solch eine Windmessung kostet, sind in diesem Fall sicher gut angelegt.




### 2.1.8 Brennstoffzellen

Die Entwicklung von Brennstoffzellen mit einer Vielzahl an Pilot- und Demonstrationsprojekten im mobilen, aber auch im Bereich der Kraft-Wärme-Kopplung verläuft äußerst dynamisch. Die potenziell große energiewirtschaftliche Bedeutung eines zukünftigen Brennstoffzelleinsatzes zeigt sich darin, dass in den Sektoren „Stromerzeugung“ und „Verkehr“, in denen deutlich über 50 % der deutschen CO<sub>2</sub>-Emissionen entstehen, die derzeitigen Nutzungsgrade besonders gering sind. Maßgeblich für den Erfolg von Brennstoffzellen werden jedoch die Erreichbarkeit der Kostenziele und die politische Flankierung in der Einführungsphase sein.

#### Einsatzfelder von Brennstoffzellen

Mögliche Einsatzfelder von Brennstoffzellen in der Energieversorgung sind (**Abbildung 2.8**):

- **die Stromerzeugung (einschließlich Wärmenutzung):** Eigenschaften wie Modularität, flexible Betriebsweise und Teillastverhalten sowie die günstigen Emissionseigenschaften und die Geräuscharmheit favorisieren ihren Einsatz als kleine bis mittlere Kraft-Wärme-Kopplungs (KWK)-Anlagen von ca. 1 kW<sub>el</sub> bis einige MW<sub>el</sub>. Längerfristig ist auch der Einsatz von Hochtemperatur-Brennstoffzellen in der ausschließlichen Stromerzeugung (> mehrere 10 MW<sub>el</sub>) von Interesse, insbesondere in der Kombination mit GuD-Kraftwerken mit möglichen sehr hohen Wirkungsgraden von über 65 %.
- **die Traktion:** Brennstoffzellen eignen sich wegen der oben genannten Eigenschaften, insbesondere aber wegen der im Vergleich zu Verbrennungsmotoren nahezu völligen lokalen Emissionsfreiheit, als Energiequelle für Elektromotoren in Fahrzeugen in Verbindung mit an Bord gespeicherten flüssigen oder gasförmigen Energieträgern.
- Daneben eröffnet sich ein Markt für Brennstoffzellen in **portablen** Anwendungen, beispielsweise in Kommunikationsgeräten, in Notstromaggregaten oder in Inselsystemen.

Sektor	Anwendung	Herausforderungen
portabel 	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Notstrom</li> <li>•Bürokommunikation</li> <li>•Freizeit</li> <li>•Inselbetrieb</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•gewichtsspez. Leistung (Speicher!)</li> <li>•Wiederaufladung, H<sub>2</sub>-Distribution</li> <li>•Zuverlässigkeit, Sicherheit</li> </ul>
mobil 	<ul style="list-style-type: none"> <li>•PKW</li> <li>•Nutzfahrz./Busse</li> <li>•Schienentraktion</li> <li>•Schiffe, Flugzeuge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•<b>6 K</b>: Kosten, Kaltstart, Kilogramm, Kraftstoff (Wirkungsgrad), Kühlung, Kunde</li> </ul>
stationär 	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Hausheizungen</li> <li>•dezentrale BHKWs</li> <li>•industrielle KWK</li> <li>•zentrale Stromerz.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Kosten (liberalisierter Strommarkt!)</li> <li>•Lebensdauer</li> </ul>

**Abbildung 2.8: Anwendungsgebiete von und Herausforderungen an Brennstoffzellen (Fotos: Ballard, Ford, Siemens Westinghouse)**

### Wesentliche Vorteile von Brennstoffzellen

**Hohe Wirkungsgrade.** Der elektrische Wirkungsgrad von Brennstoffzellen im Vergleich zu konventionellen Energiewandlern ist sowohl im mobilen wie auch im stationären Bereich der wesentliche Vorteil. Auf der Basis des Brennstoffs Erdgas beispielsweise sind Brennstoffzellen in allen Größenklassen die effizientesten Energiewandler (**Abbildung 2.9**). Auch im mobilen Bereich ist die Brennstoffzelle vor allem im Wasserstoffbetrieb, aber auch bei Betrieb mit anderen Kraftstoffen deutlich effizienter. In einem typischen PKW-Fahrzyklus beträgt der Nettowirkungsgrad eines modernen Ottomotors 23 % (zukünftig bis 26 %), der eines Brennstoffzellenantriebs zwischen 33 % (Methanol) und nahezu 40 % (Wasserstoff) /Carpetis 2000/.

**Schadstoffemissionen.** Neben den hohen Wirkungsgraden und den damit einhergehenden geringeren CO<sub>2</sub>-Emissionen sind die nahezu zu vernachlässigenden direkten Emissionen ein wesentlicher Vorteil. Bei Wasserstoffbetrieb treten keine Emissionen auf, bei notwendiger Reformierung nur geringste Mengen. Allerdings sind die geringen direkten Schadstoffemissionen und der hohe Wirkungsgrad nicht alleine ausschlaggebend für die Bewertung von Brennstoffzellen. Vielmehr muss der gesamte Lebensweg, also auch die Herstellung der Energieträger und der Anlagen sowie deren Entsorgung, berücksichtigt werden.



## Klimaschutzkonzept Sindelfingen

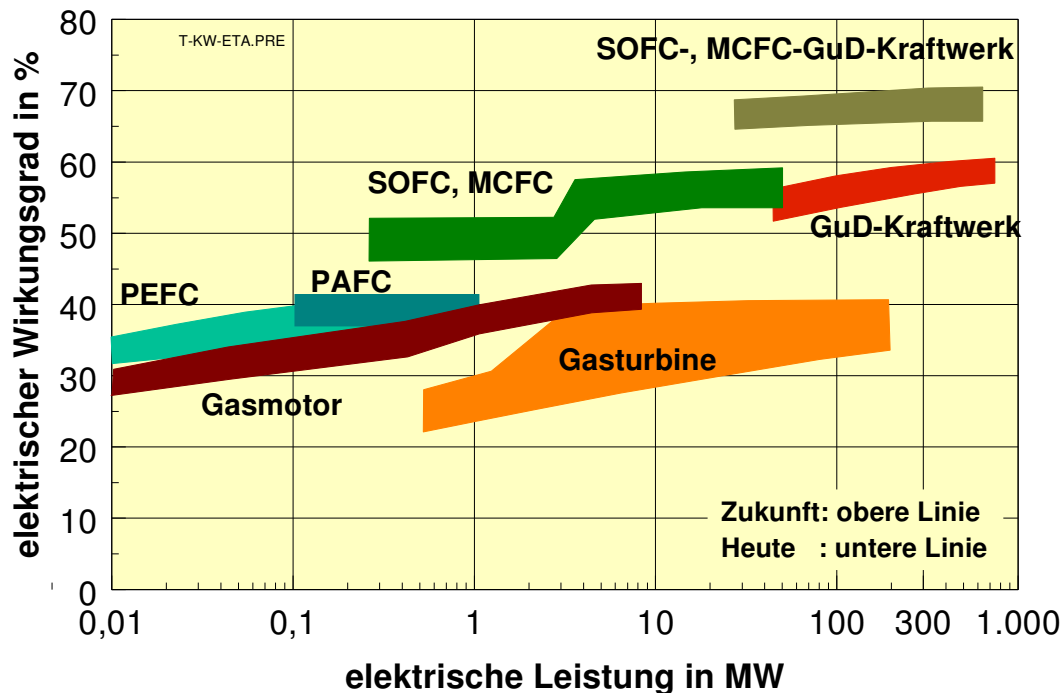


Abbildung 2.9: Elektrischer Wirkungsgrad von Erdgas- (Heiz-) Kraftwerken im Leistungsbereich von 0,01 bis 1 000 MW

Beispielhaft sind in **Tabelle 2.14** die möglichen Reduktionen durch Einsatz von Brennstoffzellen für einige ausgewählte Umweltprobleme als Ergebnis umfassender Ökobilanzen aufgeführt /Pehnt 2000/. Die großen Vorteile im Bereich der Ressourcenschonung und der Treibhausgas-Emissionen, aber insbesondere auch der Umwelteinwirkungen, die auf Schadstoffemissionen zurückgehen (z. B. Versauerung, Eutrophierung (Überdüngung), kancerogene Emissionen) sind ersichtlich. Brennstoffzellen in der KWK vermeiden insbesondere die bei Gasturbinen- oder Motor-BHKWs auftretenden Stickoxid-Emissionen, die in der Umwelt u. a. eine versauernde und eutrophierende Wirkung haben und zudem für die Entstehung bodennahen Ozons verantwortlich sind.

Gleiches gilt für mobile Brennstoffzellenantriebe mit Wasserstoff, die den Treibhauseffekt um knapp 30 % reduzieren, versauernde und eutrophierende Emissionen sogar dritteln. Bei Fahrzeugen mit Kraftstoff Methanol wird der Spielraum der CO<sub>2</sub>-Reduktion (Umwelteinwirkung Treibhauseffekt) deutlich kleiner /Carpetis/Nitsch 2000, Pehnt 1999/, der Verbrauch erschöpflicher Ressourcen steigt durch den im Vergleich zur Benzinerzeugung geringeren Wirkungsgrad sogar an.

**Tabelle 2.14: Mögliche Reduktionen von verschiedenen Umweltwirkungen durch Einsatz von Brennstoffzellen im Vergleich zu fortschrittlichen Vergleichstechnologien (Status 2010). Lesebeispiel: Der Ersatz eines PKWs mit fortschrittlichem Otto-Motor durch ein Wasserstoff-Brennstoffzellenfahrzeug reduziert den Treibhauseffekt um 28 %**

Einsatzfeld	mobil		dezentrale KWK		industrielle KWK		zentrale Stromerzeugung	
	PEFC (H2)	PEFC (MeOH)	PEFC	PEFC	SOFC/GT	SOFC/GT	SOFC/GT	SOFC/GT
Vergleichstechnologie	Otto-Motor*	Otto-Motor*	Motor-BHKW	ungekoppelt**	Gasturbine	ungekoppelt**	Erdgas-GuD	ungekoppelt**
erschöpflich. Energie	-14%	11%	26%	-39%	-12%	-47%	-9%	-36%
Treibhauseffekt	-28%	-13%	3%	-37%	-12%	-47%	-10%	-34%
Versauerung	-66%	-52%	-57%	-81%	-68%	-80%	-31%	-71%
Eutrophierung	-69%	-63%	-84%	-75%	-87%	-69%	-57%	-44%
Kanzerogenität	-98%	-95%	-77%	-89%	-77%	-97%	-54%	-92%

- **Reduktion, + Erhöhung.** PEFC (H2/MeOH): Polymer-Elektrolyt-Membran-Brennstoffzelle mit Brennstoff Wasserstoff/Methanol)

SOFC/GT: Solid Oxide Fuel Cell mit Gasturbine. \* 5 l Benzin/100 km, Euro 4-Grenzwert \*\* mit Strommix und Erdgas-Brenner

# Klimaschutzkonzept Sindelfingen

## Kostenanforderungen an Brennstoffzellen-BHKW

Je kleiner die Systeme sind, um so mehr wächst die zulässige Differenz der Investitionskosten, da die Wirkungsgradvorteile von Brennstoffzellen gegenüber Motor- und Turbinenanlagen für kleine Leistungen steigen. Im Bereich kleiner Hausheizungssysteme sind außerdem die höheren anlegbaren Strompreise für einen Einsatz von Brennstoffzellen vorteilhaft, sodass derartige Systeme auch bei Investitionskosten von 3 000 bis 4 000 DM/kW<sub>el</sub> noch wirtschaftlich attraktiv sein können. Die angestrebten Zielkosten, beispielsweise des Heizkesselherstellers Vaillant, liegen daher in diesem Bereich.

## Brennstoffzellen für den Klimaschutz in Sindelfingen

Brennstoffzellen für die Anwendung in Fahrzeugen werden bei DaimlerChrysler bereits intensiv erforscht und entwickelt. Zu einer beschleunigten Markteinführung stationärer Brennstoffzellen-BHKW kann auch die Stadt Sindelfingen beitragen, indem sie diesbezüglich Projektvorschläge Dritter wohlwollend behandelt. Eigene Impulse der Stadt können bei der Bebauung des ehemaligen Flughafengeländes (EFG) eingebracht werden. Ein Brennstoffzellen-Pilotprojekt auf dem EFG würde auch das innovative Bild dieses neuen Technologiestandortes stärken.

## 2.2 Energieverbrauch

### 2.2.1 Verbesserte Wärmedämmung im Gebäudebestand

#### 2.2.1.1 Technisches Potenzial

Zur Berechnung des **Raumwärmebedarfs nach Dämmung der Wärmehülle** der einzelnen Musterhäuser wurden folgende Dämmmaßnahmen zu Grunde gelegt:

Dämmung mit einem Material der WLG 40 (Wärmeleitfähigkeit = 0,04W/mK) und der nachfolgend angegebenen Dicke:

- von 12 cm bei der Außenwand
- von 6 cm bei der Kellerdecke bzw. dem Boden gegen Erdreich
- von 6 cm bei einem Flachdach
- von insgesamt 18 cm bei Schrägdächern (einschließlich vorhandene Dämmung)
- von 10 cm bei der obersten Geschossdecke zum nicht ausgebauten Dachgeschoss
- Für die sanierten Fenster wurde Wärmeschutzverglasung vorgesehen mit einem k-Wert von 1,3 W/m<sup>2</sup>K.

Für die Baualtersklasse H (ab 1995), die bereits unter die 3.WSVO fällt, sind keine zusätzlichen Sanierungsmaßnahmen vorgesehen. Dem liegt die Annahme zu Grunde, dass die Realisierung eines geringeren Raumwärmebedarfs, sinnvoller durch eine von vornherein darauf ausgelegte Gebäudeplanung und -konstruktion erfolgt (z.B. Niedrigenergiebauweise), als ein nach 3. WSVO gebautes Haus nachträglich zu dämmen. Zudem weisen die Fenster dieser Häuser im Allgemeinen schon einen k-Wert von 1,3 auf und die Dämmung der Dachschrägen ist überwiegend bereits auf eine Stärke von 18 cm ausgelegt. Rein technisch gesehen wären nachträgliche Verbesserungen beim Wärmeschutz der Außenwände zwar möglich, was bei relativ neuen Häusern jedoch erst im Rahmen einer fälligen Sanierung der Gebäudehülle in 30 bis 40 Jahren durchgeführt wird.

Die Berechnungsmethoden des Raumwärmebedarfs durch zusätzliche Wärmedämmung sind die gleichen wie die Berechnung des Raumwärmebedarfs des Urzustandes (Kapitel

1.3.3). Das Ergebnis der Simulationsrechnungen steht in den Tabellen 22 und 23. Sie enthalten neben dem mittleren Raumwärmebedarf der Musterhäuser im Urzustand, auch die Werte mit zusätzlicher Dämmung, die Energiekennzahl sowie das mögliche Einsparpotenzial.

**Tabelle 2.15: Mittlerer Raumwärmebedarf von Einfamilien-, Reihen-, kleinen und mittleren Mehrfamilienhäusern und das Einsparpotenzial durch Wärmedämmung**

Typ	Altersklasse	Urzustand			gedämmt			
		beh. Fläche	W.-bedarf pro Gebäude	EKZ	W.-bedarf pro Gebäude	EKZ	Ersparnis	Ersparnis
		m <sup>2</sup>	MWh/a	kWh/m <sup>2</sup> a	MWh/a	kWh/m <sup>2</sup> a	MWh/a	%
EFH	A (vor 1918)	168,3	62,8	373,1	17,4	103,5	45,4	72
EFH	B (1919-48)	158,7	51,5	324,6	15,4	97,1	36,1	70
EFH	C (1949-57)	131,3	38,7	294,8	12,3	93,9	26,4	68
EFH	D (1958-68)	183,0	47,4	259,1	17,0	93,1	30,4	64
EFH	E (1969-78)	187,6	42,9	228,6	17,1	91,0	25,8	60
EFH	F (1979-83)	186,2	38,6	207,5	16,3	87,6	22,3	58
EFH	G (1984-94)	194,1	30,9	159,4	15,8	81,4	15,1	49
EFH	H (ab1995)	198,8	20,1	100,8	20,1	100,8	0,0	0
REH	B (1919-48)	83,6	31,3	374,4	8,7	104,1	22,6	72
REH	C (1949-57)	107,3	28,1	261,9	9,8	91,3	18,3	65
REH	D (1958-68)	104,6	25,0	239,5	9,5	91,3	15,5	62
REH	E (1969-78)	137,8	29,3	212,9	11,9	86,6	17,4	59
REH	F (1979-83)	116,6	22,4	192,0	10,2	87,3	12,2	55
REH	G (1984-94)	98,4	15,4	156,6	7,3	74,6	8,1	52
REH	H (ab1995)	102,4	9,5	92,8	9,5	92,8	0,0	0
RMH	B (1919-48)	80,5	22,6	280,7	7,4	91,9	15,2	67
RMH	C (1949-57)	118,9	24,8	208,6	9,6	80,7	15,2	61
RMH	D (1958-68)	97,0	18,6	192,0	7,9	81,4	10,7	58
RMH	E (1969-78)	133,3	21,1	158,2	9,9	74,3	11,2	53
RMH	F (1979-83)	116,6	18,2	155,9	7,4	63,1	10,8	60
RMH	G (1984-94)	98,4	13,0	131,8	6,8	69,1	6,2	48
RMH	H (ab1995)	102,4	7,6	74,2	7,6	74,2	0,0	0
KMH	A (vor 1918)	447,7	132,2	295,3	45,5	101,6	86,7	66
KMH	B (1919-48)	422,0	103,5	245,2	34,1	80,7	69,4	67
KMH	C (1949-57)	446,7	90,0	201,5	33,4	74,8	56,6	63
KMH	D (1958-68)	415,8	85,3	205,1	32,3	77,7	53,0	62
KMH	E (1969-78)	424,9	62,9	148,0	31,9	75,1	31,0	49
KMH	F (1979-83)	473,5	59,4	125,4	25,6	54,1	33,8	57
KMH	G (1984-94)	421,1	47,1	111,8	22,3	53,0	24,8	53
KMH	H (ab1995)	364,4	29,9	82,1	29,9	82,1	0,0	0
MMH	C (1949-57)	615,1	135,0	219,5	50,1	81,5	84,9	63
MMH	D (1958-68)	564,6	110,3	195,4	48	85,0	62,3	56
MMH	E (1969-78)	657,9	96,5	146,7	41,7	63,4	54,8	57
MMH	F (1979-83)	626,1	89,1	142,3	38,4	61,3	50,7	57
MMH	G (1984-94)	541,6	59,0	108,9	28	51,7	31,0	53
MMH	H (ab1995)	497,6	32,8	65,9	32,8	65,9	0,0	0

## Klimaschutzkonzept Sindelfingen

**Tabelle 2.16: Mittlerer Raumwärmebedarf der Wohneinheiten von großen Mehrfamilienhäusern und Hochhäusern und ihr Einsparpotenzial durch Wärmedämmung**

Typ	Altersklasse	beh. Fläche	W.-bedarf pro Wohneinheit	EKZ	W.-bedarf pro Wohneinheit	EKZ	Ersparnis	Ersparnis
		m <sup>2</sup>	MWh/a	kWh/m <sup>2</sup> a	MWh/a	kWh/m <sup>2</sup> a	MWh/a	%
GMH	D (1958-68)	82,2	12,2	148,5	5,1	62,1	7,1	58
GMH	E (1969-78)	74,7	9,4	125,9	4,2	56,2	5,2	55
GMH	F (1979-83)	75,9	9,3	122,5	3,9	51,4	5,4	58
GMH	G (1984-94)	68,1	6,9	101,3	3,4	49,9	3,5	51
GMH	H (ab1995)	51,9	3,0	57,9	3	57,9	0,0	0
HH	D (1958-68)	82,2	10,7	130,2	4,8	58,4	5,9	55
HH	E (1969-78)	74,7	9,4	125,9	4,3	57,6	5,1	54

Durch Dämmung der Wärmehülle können also zwischen ca. 50 bis 70 % der Raumwärmeenergie eingespart werden. Mit Hilfe der zugrundegelegten Dämmmaßnahmen können die Gebäude der Baualtersklassen A bis G ungefähr auf denselben Wärmedämmstandard gebracht werden, wie die Häuser der Baualtersklasse H, die nach 3. Wärmeschutzverordnung gebaut wurden.

Im Anhang zu Abschnitt 2.2.1 ist für jeden Gebäudetyp ein repräsentatives Haus aus Sindelfingen abgebildet und das jeweilige Einsparpotenzial – ausgedrückt in der Energiekennzahl im Urzustand und nach der Dämmung – dokumentiert. Gleichzeitig ist die mögliche Einsparung beim Brennstoff dargestellt.

Die Ergebnisse der Hochrechnung auf den Raumwärmebedarf der einzelnen Ortsteile und der Gesamtstadt für den Fall, dass alle Wohnhäuser so wie beschrieben wärmegeklämt werden, sind in **Tabelle 2.17** angegeben.

Bezogen auf die Gesamtstadt mit einem Raumwärmebedarf im Urzustand von **435.000 MWh/a** kann mit den beschriebenen Wärmedämmmaßnahmen eine Minderung auf **172.000 MWh/a** erreicht werden. Dies entspricht einer Absenkung von rund 61 %.

Die vorgeschlagenen Maßnahmen zur wärmetechnischen Sanierung sind einerseits relativ weitgehend (wie z.B. 12 cm Außenwanddämmung), andererseits sind die dafür notwendigen Komponenten oder Systeme ohne weiteres auf dem Markt erhältlich. Bei Fenstern ist es sogar so, dass k-Werte von 1,3 W/m<sup>2</sup>K (Wärmeschutzverglasung) heute bereits Standard sind und gar keine wärmetechnisch schlechteren mehr verkauft werden.

Im Anhang zu Abschnitt 2.2.1 ist der Wärmebedarf der einzelnen Baualtersklassen und der verschiedenen Gebäudearten im wärmegeklämten Zustand – nach Teilgebieten feiner gegliedert – dokumentiert.

Interessant ist der Vergleich, welche Gebäudearten den größten Anteil am Wärmebedarf der Wohngebäude haben und wo das höchste Einsparpotenzial zu finden ist. Das Ergebnis dieser Analyse ist in Abbildung 10 zusammengefasst.

Auf Grund ihrer sehr großen Anzahl überwiegt der aufsummierte Raumwärmebedarf der Einfamilienhäuser den aller anderen Gebäudearten bei weitem. Außerdem ist auf Grund des ungünstigen Oberflächen-Volumen-Verhältnisses auch das relative Einsparpotenzial am größten. Es liegt bei rund 65 %. Aber auch absolut kann bei den Einfamilienhäusern der Raumwärmebedarf weitaus am stärksten reduziert werden. 123 GWh/a sind es allein bei dieser Gebäudeart.

**Tabelle 2.17: Raumwärmebedarf im gedämmten Zustand für Darmsheim, Maichingen, Kernstadt und Gesamtstadt in MWh/a**

		Baualtersklassen								
		A	B	C	D	E	F	G	H	
Darmsheim	EFH	870	862	1.205	1.819	1.248	782	253	925	7.965
	REH	0	0	20	209	559	265	146	608	1.807
	RMH	0	0	0	0	59	67	48	319	493
	KMH	455	443	434	614	1.308	77	201	30	3.562
	MMH	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	GMH	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	HH	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Summe</b>		<b>1.325</b>	<b>1.306</b>	<b>1.659</b>	<b>2.642</b>	<b>3.175</b>	<b>1.191</b>	<b>647</b>	<b>1.882</b>	<b>13.826</b>
Maichingen	EFH	1.636	801	2.927	5.525	3.078	1.304	679	704	16.654
	REH	0	0	39	342	369	347	183	247	1.526
	RMH	0	0	10	71	168	133	7	395	784
	KMH	728	341	868	2.132	1.436	768	914	1.256	8.443
	MMH	0	0	0	0	917	307	336	853	2.413
	GMH	0	0	0	0	3.011	0	0	168	3.179
	HH	0	0	0	0	477	0	0	0	477
<b>Summe</b>		<b>2.364</b>	<b>1.142</b>	<b>3.845</b>	<b>8.070</b>	<b>9.457</b>	<b>2.859</b>	<b>2.119</b>	<b>3.622</b>	<b>33.477</b>
Kernstadt	EFH	4.611	6.714	9.077	10.370	6.908	2.038	995	824	41.538
	REH	0	835	1.784	3.012	1.297	143	511	228	7.809
	RMH	0	814	1.210	3.144	782	104	388	38	6.479
	KMH	3.140	1.500	3.574	10.853	3.413	922	1.004	598	25.003
	MMH	0	0	1.453	8.688	3.461	230	2.212	262	16.307
	GMH	0	0	0	10.246	4.330	788	3.492	375	19.231
	HH	0	0	0	2.198	5.302	0	0	0	7.500
<b>Summe</b>		<b>7.751</b>	<b>9.864</b>	<b>17.097</b>	<b>48.511</b>	<b>25.494</b>	<b>4.224</b>	<b>8.601</b>	<b>2.326</b>	<b>123.867</b>
Gesamtstadt	EFH	7.117	8.378	13.210	17.714	11.235	4.124	1.928	2.452	66.157
	REH	0	835	1.842	3.563	2.225	755	840	1.083	11.143
	RMH	0	814	1.219	3.215	1.010	303	442	752	7.756
	KMH	4.323	2.285	4.876	13.598	6.157	1.766	2.119	1.884	37.007
	MMH	0	0	1.453	8.688	4.379	538	2.548	1.115	18.720
	GMH	0	0	0	10.246	7.342	788	3.492	543	22.410
	HH	0	0	0	2.198	5.779	0	0	0	7.978
<b>Gesamtsumme</b>		<b>11.439</b>	<b>12.312</b>	<b>22.601</b>	<b>59.222</b>	<b>38.126</b>	<b>8.274</b>	<b>11.367</b>	<b>7.830</b>	<b>171.171</b>

Den zweitgrößten Anteil stellen die kleinen Mehrfamilienhäuser mit durchschnittlich sechs Wohneinheiten. Der Raumwärmebedarf im Urzustand ist etwa halb so groß, wie der der Einfamilienhäuser. Das relative Einsparpotenzial beträgt 59 %, absolut ist eine Reduktion von 54 GWh/a möglich.

Interessant ist auch, dass die wenigen Hochhäuser insgesamt denselben Wärmebedarf, wie die 950 Reihenmittelhäuser aufweisen. Auch das Einsparpotenzial liegt gleich hoch.

Eine analoge Darstellung wie in **Abbildung 2.10** in Abhängigkeit der Baualtersklassen gibt Auskunft darüber, zu welchen Zeiten die Bautätigkeit in Sindelfingen am stärksten war und mit welchem Dämmstandard gebaut wurde. Das Ergebnis der Untersuchung zeigt **Abbildung 2.11**.

# Klimaschutzkonzept Sindelfingen

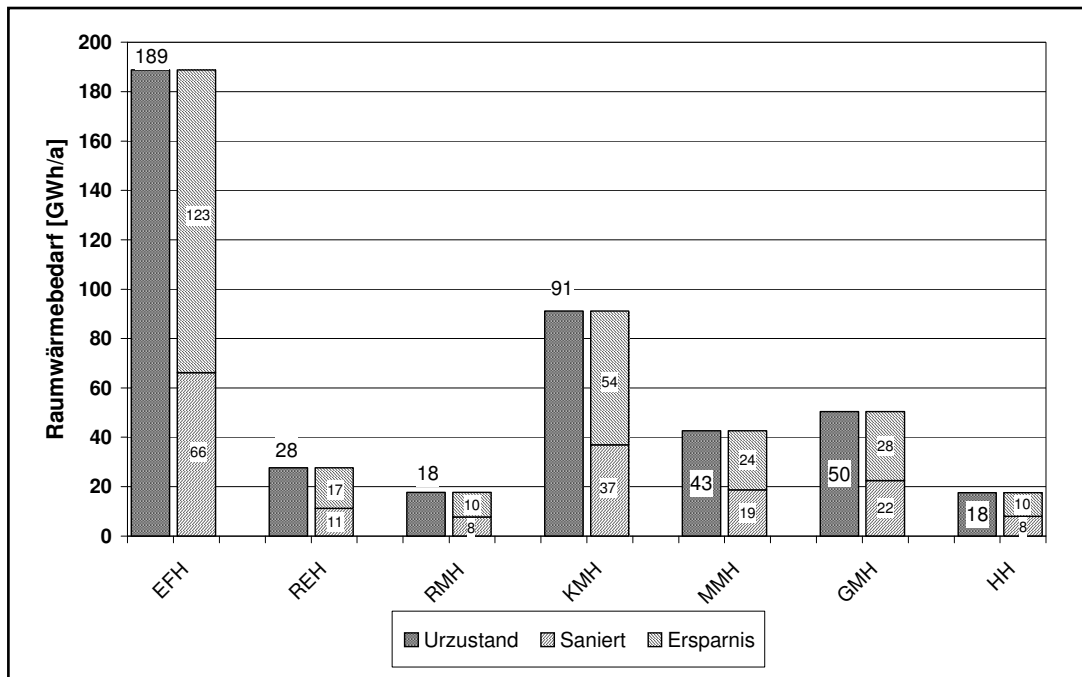


Abbildung 2.10: Raumwärmeverteilung im Ur- und gedämmten Zustand sowie die jeweiligen Ersparnisse in GWh/a geordnet nach Gebäudearten

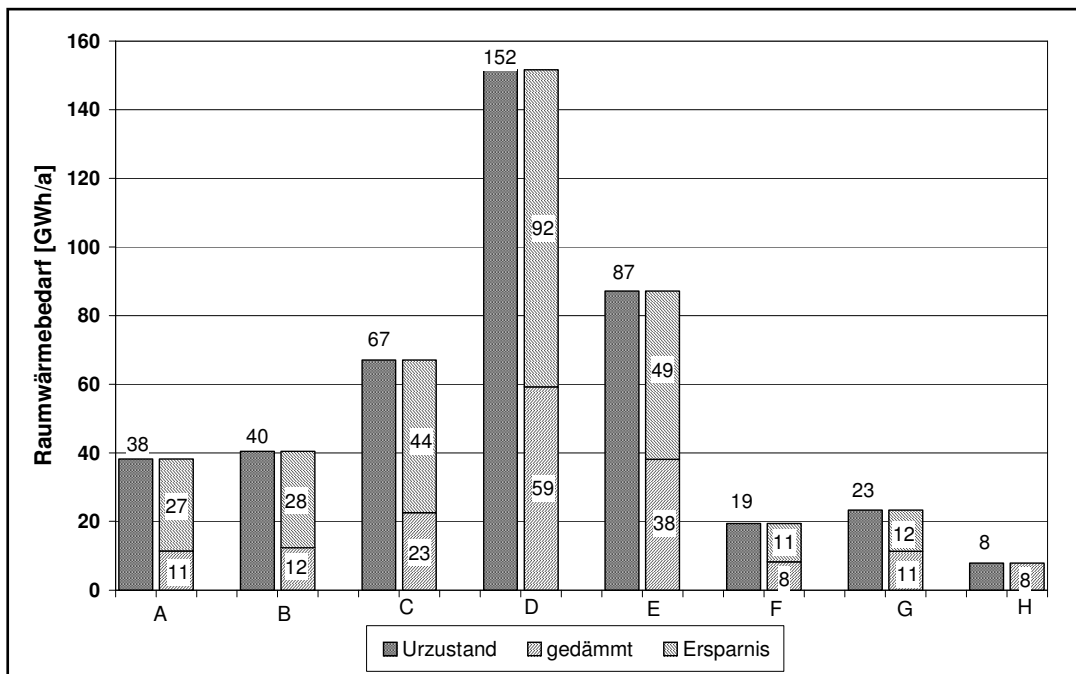


Abbildung 2.11: Raumwärmeverteilung im Ur- und gedämmten Zustand sowie die jeweiligen Ersparnisse in GWh/a geordnet nach Baualterklassen

## Ansatzpunkte für einen verbesserten Klimaschutz

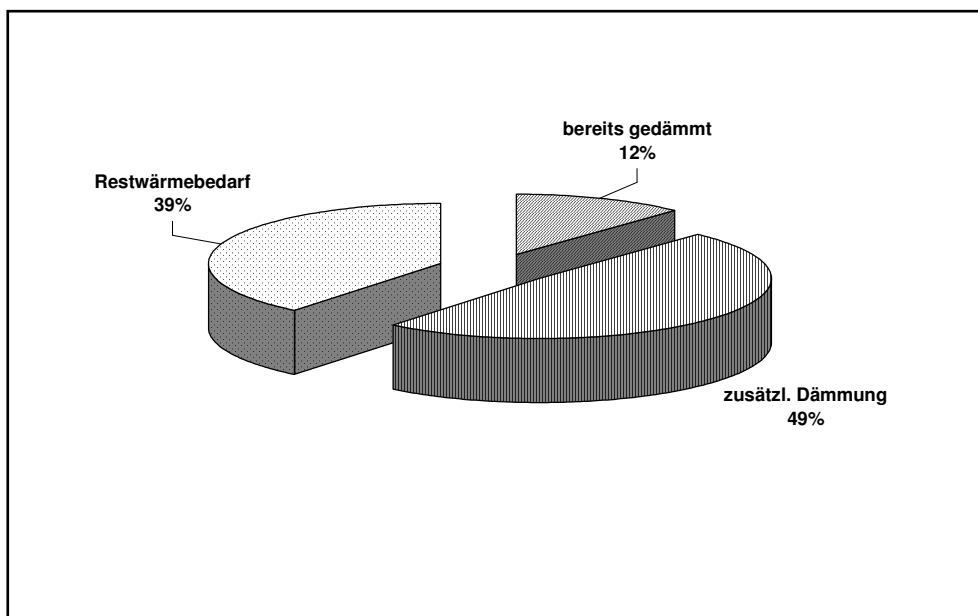
Die stärkste Bautätigkeit fand, wie auch in anderen Städten, während der 60er-Jahre statt. Allein während dieses Jahrzehnts wurden Gebäude mit einem Gesamtwärmebedarf von 152 GWh/a errichtet. Auf Grund des damals realisierten, schlechten Wärmedämmstandards ist auch das Einsparpotenzial entsprechend hoch.

Einen großen Anteil haben auch die Baualtersklassen C (50er-Jahre) und E (70er-Jahre). Die Größenverhältnisse weisen eindeutig daraufhin, dass die energetische Sanierung von Gebäuden schwerpunktmäßig bei diesen Baualtersklassen ansetzen muss, ohne jedoch die anderen zu vernachlässigen.

Der aufsummierte Raumwärmebedarf der Wohngebäude im derzeit vorhandenen Gebäudebestand ist etwas niedriger, als es sich bei der Berechnung aus dem Urzustand der jeweiligen Gebäudetypen und ihrer Anzahl theoretisch ergeben würde. Der Grund dafür sind bisher durchgeführte Maßnahmen zur Verbesserung des passiven Wärmeschutzes. Auf Grund von Gesprächen mit Baufachleuten /Waiblingen 1998/ wurde für die dabei erzielte Einsparung ein pauschaler Wert von 12 % für den gesamten Bestand angesetzt. Der Raumwärmebedarf in Sindelfingen beträgt demnach heute (Istzustand) ca. 88 % des aus dem Urzustand berechneten Wertes in Höhe von 436.000 MWh/a. In absoluten Zahlen sind das 383.600 MWh/a.

Zieht man die bereits durchgeführten Wärmedämmmaßnahmen ab, verbleibt noch ein Einsparpotenzial von 49 % bezogen auf den Urzustand oder in absoluten Zahlen 214 GWh/a. **Abbildung 2.12** verdeutlicht dies in grafischer Form.

Wie sich das Einsparpotenzial auf die einzelnen Gebäudearten vom Einfamilienhaus bis zum Hochhaus verteilt, ist im Anhang dokumentiert.



**Abbildung 2.12:** Verbleibendes Einsparpotenzial beim Raumwärmebedarf in Sindelfingen; 100 % entspricht dem Wärmebedarf gemäß Urzustand (436 GWh/a)



# Klimaschutzkonzept Sindelfingen

## Kosten von Wärmedämmmaßnahmen

Der Investitionsaufwand und die daraus resultierende Wirtschaftlichkeit von Wärmedämmmaßnahmen werden auf der Basis der Gebäudetypen berechnet. Vom gesamten Gebäudebestand werden dazu die Einfamilien- und Reihenhäuser, sowie kleine und mittlere Mehrfamilienhäuser der Baualtersklassen A bis F betrachtet. Die großen Mehrfamilienhäuser und die Hochhäuser, sowie alle Gebäude der Baualtersklasse G fallen aus Gründen der Vereinfachung bei dieser Betrachtung heraus.

Durch diese Vorgehensweise werden 88 % aller Wohngebäude erfasst. Sie repräsentieren 345 GWh/a Raumwärmebedarf im Urzustand, was einem Anteil von 79 % entspricht.

Bei der Kostenberechnung wird unterschieden zwischen den Gesamtkosten für Sanierung der Gebäudehülle einschließlich Verbesserung des Wärmeschutzes und den reinen Dämmkosten. Letztere sind die Kosten, die nur durch die Verbesserung des Wärmeschutzes entstehen. Bei der Berechnung dieser Kosten wird davon ausgegangen, dass eine Sanierung der Gebäudehülle sowieso erforderlich ist und gleichzeitig damit die Dämmmaßnahmen durchgeführt werden. Die Dämmkosten für die Außenwand enthalten daher nur einen Teil der Gesamtkosten z.B. ohne Kosten für ein Gerüst, Verputz u.a. Da beim Austausch von Fenstern heute nur noch Wärmeschutzverglasung verwendet wird, entstehen in diesem Fall für den verbesserten Wärmeschutz keine Mehrkosten. Bei der Dämmung von Dachflächen, obersten Geschossdecken und Kellerdecken sind Gesamtkosten und Dämmkosten dieselben.

Auf der Basis der bei der Analyse der geometrischen Daten ermittelten Flächen und der Kostensätze für die einzelnen Dämmmaßnahmen, wurden die Investitionskosten und die reinen Dämmkosten für die Verbesserung des Wärmeschutzes von Außenwänden, Dachflächen, Fenster und Kellerdecken getrennt berechnet. Die Kosten pro m<sup>2</sup> Bauteilfläche für die verschiedenen Gewerke wurden nach Recherchen in der Literatur und Nachfragen bei verschiedenen Firmen entsprechend 25 festgelegt. Alle im Folgenden gemachten Kostenangaben sind netto, ohne Mehrwertsteuer.

**Tabelle 2.18: Nutzungsdauer und Kostensätze für Dämmmaßnahmen**

	Wand	Dach	Fenster	Kellerdecke
<b>Nutzungsdauer [a]</b>	40	40	30	50
<b>Spez. Inv.-Kosten [DM/m<sup>2</sup>]</b>	140	55	800	40
<b>Spez. Dämmkosten [DM/m<sup>2</sup>]</b>	70	55	0	40

Um einen Anhaltspunkt zu erhalten, was Sanierung und Verbesserung der Wärmedämmung kosten, sollen hier zunächst einzelne Gebäudetypen herausgegriffen werden. So sind für das typische Einfamilienhaus der Baualtersklasse C rund 41.000 DM Gesamtinvestitionen notwendig. Für das etwas größere EFH der Baualtersklasse D erhöht sich dieser Betrag auf 71.000 DM. Die reinen Dämmkosten liegen jedoch bei rund 17.000 bzw. 22.000 DM.

Bei einem typischen kleinen Mehrfamilienhaus mit sechs Wohnungen aus den 60er-Jahren (BAK D) müssen Sanierung der Gebäudehülle einschließlich Dämmung ca. 162.000 DM aufgewendet werden, die reinen Dämmkosten betragen dagegen nur 41.000 DM.

Rechnet man nun unter den genannten Randbedingungen hoch auf die gesamte Stadt, erhält man als Ergebnis das Investitionsvolumen, das durch die energetische Sanierung der Wohngebäude bewegt werden kann. Für die Gesamtinvestition (Gebäudehüllensanierung plus Dämmung) zeigt das Ergebnis der Berechnung **Tabelle 2.19** im Überblick.

**Tabelle 2.19: Gesamtinvestition [DM] für Gebäudehüllensanierung und Wärmedämmung in Sindelfingen; BAK A bis F; ohne GMH und HH**

	<b>Außenwand</b>	<b>Dach</b>	<b>Fenster</b>	<b>Boden (Kellerdecke)</b>	<b>Summe</b>
EFH	86.970.000	27.340.000	109.980.000	18.430.000	<b>242.710.000</b>
REH	13.990.000	3.680.000	18.800.000	2.620.000	<b>39.090.000</b>
RMH	6.470.000	2.900.000	15.020.000	2.150.000	<b>26.540.000</b>
KMH	45.500.000	9.640.000	85.040.000	7.070.000	<b>147.260.000</b>
MMH	20.620.000	3.280.000	43.960.000	2.530.000	<b>70.380.000</b>
<b>Gesamt</b>	<b>173.550.000</b>	<b>46.830.000</b>	<b>272.800.000</b>	<b>32.800.000</b>	<b>525.970.000</b>

Allein für den größten Posten, die Erneuerung der Fenster müssen insgesamt 273 Mio. DM veranschlagt werden, das entspricht einem Anteil von 52 %. Doch auch die Außenwandsanierung schlägt noch mit 174 Mio. DM oder 33 % zu Buch. Dach- und Kellerdeckendämmung liegen dagegen jeweils unter 10 %. Im Anhang sind diese Zahlen noch etwas detaillierter auf die einzelnen Baualtersklassen aufgeschlüsselt.

Die in Tabelle 2.19 genannte Gesamtsumme in Höhe von 526 Mio. DM muss noch mindestens um 20 % erhöht werden, wenn auch große Mehrfamilienhäuser und Hochhäuser mit einbezogen werden. Das heißt die komplette energetische Sanierung der Wohngebäude würde Gesamtinvestitionen in Höhe von 600 bis 650 Mio. DM auslösen. Dies wäre ein nicht zu unterschätzender Schub für die regionale Bauwirtschaft.

Bei den reinen Dämmkosten sehen die Verhältnisse dagegen so wie in **Tabelle 2.20** dargestellt aus.

**Tabelle 2.20: Reine Dämmkosten [DM] der Wohngebäude in Sindelfingen; BAK A bis F; ohne GMH und HH**

	<b>Außenwand</b>	<b>Dach</b>	<b>Fenster</b>	<b>Boden (Kellerdecke)</b>	<b>Gesamt</b>
EFH	43.480.000	27.340.000	0	18.430.000	<b>89.250.000</b>
REH	7.000.000	3.680.000	0	2.620.000	<b>13.290.000</b>
RMH	3.240.000	2.900.000	0	2.150.000	<b>8.280.000</b>
KMH	22.750.000	9.640.000	0	7.070.000	<b>39.460.000</b>
MMH	10.310.000	3.280.000	0	2.530.000	<b>16.120.000</b>
<b>Gesamt</b>	<b>86.780.000</b>	<b>46.830.000</b>	<b>0</b>	<b>32.800.000</b>	<b>166.400.000</b>

Definitionsgemäß gibt es bei der Dämmung des Daches und der Kellerdecke keinen Unterschied zum Fall oben. Die Außenwand zeichnet sich dadurch aus, dass das Anbringen der Dämmschicht nur die Hälfte der Gesamtkosten ausmacht. Fenster, die im Zuge einer sowie so notwendigen Sanierung ausgetauscht werden, liefern die Verbesserung des Wärme-

## Klimaschutzkonzept Sindelfingen

schützes praktisch zum Nulltarif, da, wie schon erwähnt, die Wärmeschutzverglasung mittlerweile zum Standard geworden ist.

Auch für die Dämmkosten steht im Anhang eine Tabelle, die eine Aufschlüsselung nach Baualtersklassen bietet.

### Wirtschaftlichkeit der Wärmedämmung

Methodisch erfolgt die Wirtschaftlichkeitsanalyse so, dass die durch die zusätzliche Dämmung verursachten Kosten für die Energieeinsparung, mit den Brennstoffkosten für die Gebäudeheizung verglichen werden.

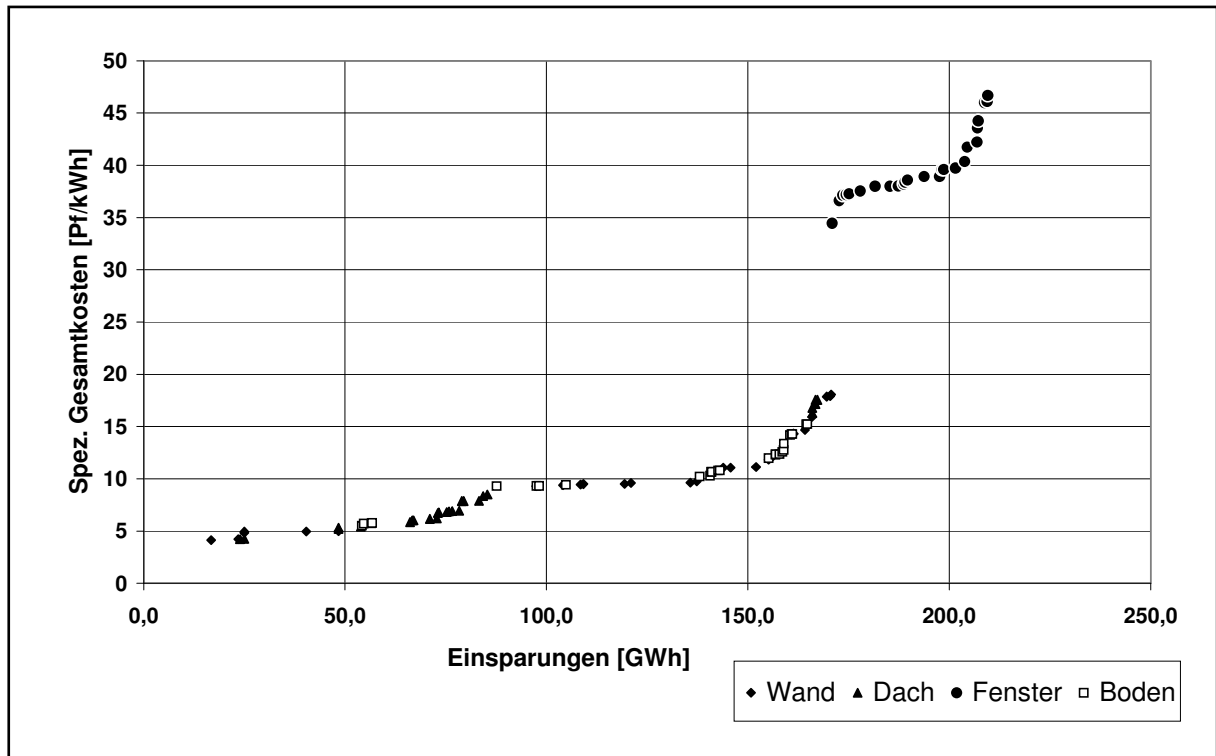
Dazu werden die Investitionskosten mit Hilfe des Zinssatzes von 6 % und der in Tabelle 2.18 genannten Nutzungsdauer in Annuitäten umgerechnet. Dies erfolgt getrennt nach den einzelnen Gewerken Außenwand-, Dach- und Kellerdeckendämmung, sowie den Austausch der Fenster. Aus der Division der Jahreskosten durch die mit einer Einzelmaßnahme erzielte Energieeinsparung resultieren die spezifische Kosten pro Kilowattstunde Nutzenergie (Heizwärme). Die Umrechnung auf die Kilowattstunde eingesparte Endenergie (Brennstoff) erfolgt schließlich mit Hilfe des mittleren Heizungswirkungsgrades. Bei der Berechnung des Endenergiebedarfs wurde bei den Heizungssystemen ein mittlerer Wirkungsgrad von 85 % angesetzt. Auch hier werden die Maßnahmen für alle vier Teile der Gebäudehülle getrennt ermittelt.

Im ersten Schritt werden die Ergebnisse für die spezifischen Gesamtkosten (Gebäudesanierung einschließlich Dämmmaßnahmen) betrachtet. Dies erfolgt in Form einer so genannten Kosten-Potenzial-Kurve. Sie entsteht, indem man die spezifischen Kosten der Größe nach, beginnend bei den niedrigsten Werten, sortiert und über die Schritt für Schritt aufsummierten Energieeinsparungen aufträgt. **Abbildung 2.13** zeigt das Ergebnis.

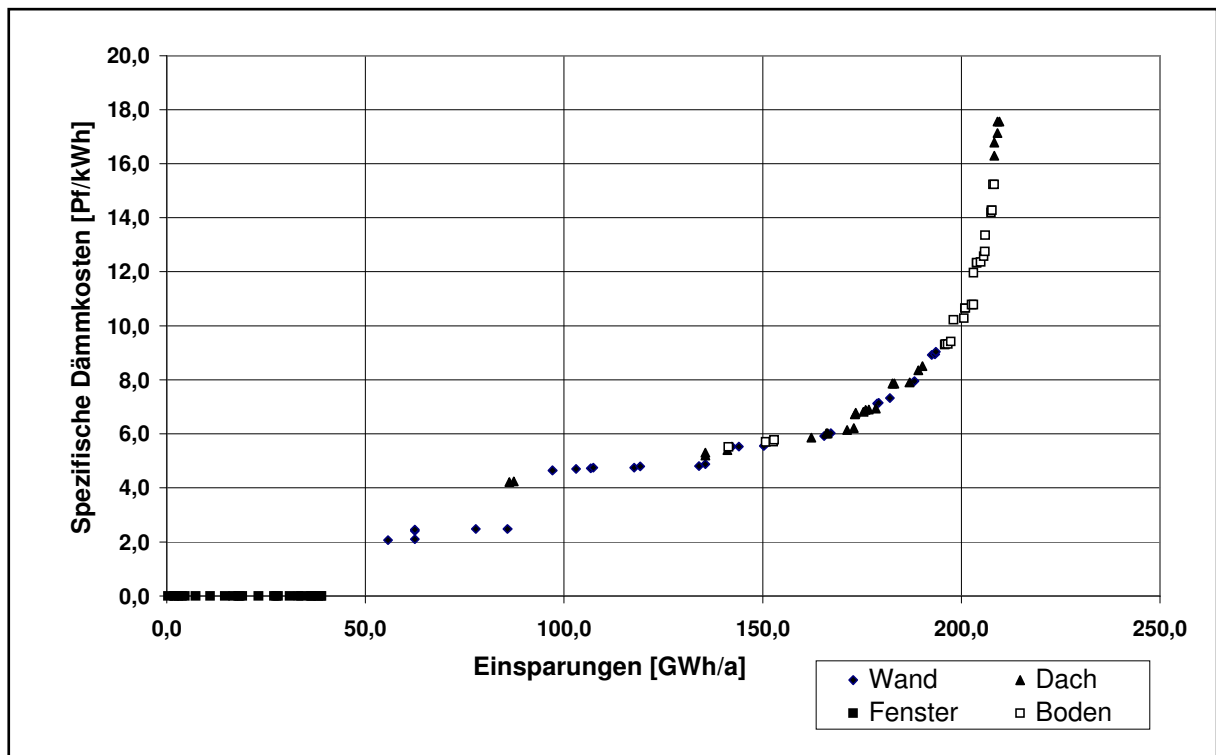
Prinzipiell gibt **Abbildung 2.12** Auskunft darüber, wie teuer unterschiedliche Maßnahmen zur Sanierung eines Wohngebäudes (speziell Gebäudehülle), durch die auch der Wärmebedarf verringert wird, im Vergleich zu den Brennstoffpreisen sind. Der Austausch von alten Fenstern durch neue mit Wärmeschutzverglasung ist ein Beispiel dafür. Da jedoch der Quadratmeter Fenster im Mittel 800 DM kostet, liegen die Energieeinsparkosten zwischen 35 und 47 Pf/kWh, je nach Größe der Fensterfläche und Gebäudeart.

Deutlich günstiger liegen die drei anderen Gewerke Wand, Dach und Kellerdecke (Boden). Doch im Falle der Außenwand sind neben den Kosten für das Wärmeverbundsystem, auch die Kosten für Gerüst, Fassadenreinigung, neuen Putz und Außenanstrich enthalten.

Geht man von der Voraussetzung aus, dass Wärmedämmmaßnahmen nur dann durchgeführt werden, wenn sowieso erneuert und modernisiert werden muss, ist für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit von Wärmedämmmaßnahmen anstatt der Darstellung in **Abbildung 2.12**, die Betrachtung ausschließlich auf Basis der Dämmkosten notwendig. Das Ergebnis dafür ist in **Abbildung 2.14** dokumentiert.



**Abbildung 2.13: KostenPotenzial-Kurve für die spezifischen Gesamtkosten (Gebäudeanierung einschließlich Wärmedämmung)**



**Abbildung 2.14: KostenPotenzial-Kurve für die reinen Dämmkosten (Zusatzarbeiten für Wärmedämmung)**

Der Austausch eines Fensters benötigt, wenn das alte sanierungsbedürftig war, keine Zusatzarbeiten für die Wärmedämmung, leistet aber auf Grund der guten Qualität der neuen

## Klimaschutzkonzept Sindelfingen

Fenster einen erheblichen Beitrag zur Verbesserung des Dämmstandards eines Gebäudes. Das heißt, es fallen auch keine zusätzlichen Dämmkosten an. Allein in Sindelfingen kann durch den Austausch der Fenster, unter den genannten Randbedingungen (Betrachtung der Baualtersklassen A bis F; Gebäudebestand ohne GMH und HH) eine Einsparung von rund 40.000 MWh/a Brennstoff bezogen auf den Urzustand realisiert werden.

Geht man von einem Ölpreis von 80 Pf/Liter als Referenzgröße aus, können in Sindelfingen durch verbesserte Wärmedämmung sogar rund 180.000 MWh/a Brennstoff unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten eingespart werden.

Da es um sehr langfristige Kredite geht, wurde der Zinssatz bei dieser Rechnung mit 6 % etwas hoch angenommen. Tatsächlich dürften sich auch niedrigere Zinssätze realisieren lassen, vor allem durch die Förderprogramme der Bundesregierung zur Wärmedämmung, die eine Zinsverbilligung garantieren (siehe **Tabelle 2.21**). Dazu kommt noch, dass durch die Inflationsbereinigung der effektive Zins über die gesamte Laufzeit niedriger ausfällt.

**Tabelle 2.21: Absenkung der spezifischen Dämmkosten mit abnehmendem Zinssatz**

Zinssatz	%	6	5	4	3	2
Prozentuale Absenkung der spezifischen Kosten	%	100	88	76	65	55

In die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist bisher nicht eingegangen, dass Wohngebäude hinsichtlich Dachüberstand und Breite der Fenstersimse, unterschiedlich sind. Durch beide Bauteile können jedoch beim Anbringen der Dämmschicht auf der Außenwand Zusatzkosten entstehen, falls der Überstand nicht ausreicht. Diese müssen allerdings im jeweiligen Einzelfall detailliert analysiert und zusätzlich betrachtet werden.

### Szenario 2005 für die Wärmedämmung

Durch konsequente Wärmedämmung aller Wohngebäude in Sindelfingen können die CO<sub>2</sub>-Emissionen der gesamten Stadt (ohne DaimlerChrysler) um nahezu 20 % verringert werden. Die Umsetzung erstreckt sich jedoch über einen Zeitraum von 35 bis 40 Jahren bis auch die jetzt noch neueren Gebäude des Bestandes im Dämmstandard verbessert wurden. Um dies zu erreichen, müssen über den gesamten Zeitraum jedes Jahr mehr als 2 % (in absoluten Zahlen 180 bis 190) der Wohngebäude saniert werden.

Ein kurzfristigeres Szenario bis zum Jahr 2005 soll zusätzlich an dieser Stelle betrachtet werden.

Kurzfristig ist es sinnvoll, sich auf die Baualtersklassen C; D und E bei den nachträglichen Wärmedämmungen zu konzentrieren, weil hier durch die rege Bautätigkeit in der Nachkriegszeit ein großes Potenzial vorhanden ist und die Gebäude nun nach und nach das Alter erreichen, wo zum ersten Mal modernisiert und erneuert wird. Diese Gelegenheiten dürfen aus der Sicht der Wärmedämmung nicht ungenutzt verstreichen.

Die drei genannten Baualtersklassen umfassen 5.430 Gebäude oder 65 % des gesamten Bestandes. Sie wurden errichtet in der Zeit zwischen 1950 und 1978.

## Ansatzpunkte für einen verbesserten Klimaschutz

Das Szenario betrachtet zwei verschiedene Fälle:

**Fall 1:** pro Jahr werden 164 Gebäude vom Einfamilienhaus bis zum mittleren Mehrfamilienhaus wärmegeklämmt. Das entspricht einer Rate von 2 % bezogen auf den Gesamtbestand. In fünf Jahren wären somit insgesamt 820 Gebäude wärmetechnisch saniert. Für die großen Mehrfamilienhäuser und die Hochhäuser wird eine pauschale Einsparung von 10 % zugrundegelegt.

**Fall 2:** Die Sanierungsrate ist nur halb so groß, d.h. 1 % bezogen auf den Gesamtbestand. Nach fünf Jahren sind dann 410 Gebäude wärmegeklämmt. Die Pauschale für die sehr großen Wohngebäude beträgt 7 %.

Welcher Klimanutzen mit den beschriebenen Fällen erreichbar ist, dokumentiert folgende Tabelle:

**Tabelle 2.22: Klimanutzen des Szenario 2005 für die Wärmedämmung**

	<b>Fall 1</b>	<b>Fall 2</b>
Einsparung Raumwärme	30.000 MWh/a	16.100 MWh/a
Reduktion CO <sub>2</sub> -Äquivalente (absolut)	12.700 t/a	7.600 t/a
Reduktion CO <sub>2</sub> -Äquivalente (relativ)	3,0 %	1,8 %

Die relative Einsparung von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten ist bezogen auf die Emissionen der Stadt heute ohne das Daimlerwerk gerechnet.

### Investitionskosten im Szenario 2005

Die Ermittlung der Investitionskosten erfolgte nach denselben Regeln, wie im Abschnitt „Kosten der Wärmedämmung“ erläutert. Das Ergebnis fasst **Tabelle 2.23** zusammen.

**Tabelle 2.23: Kostenbetrachtung im Szenario 2005 für die Wärmedämmung**

<b>Kosten</b>	<b>Fall 1</b>	<b>Fall 2</b>
Gesamtinvestition EFH bis MMH	63,0 Mio. DM	31,5 Mio. DM
Gesamtinvestition GMH u. HH	15,0 Mio. DM	10,0 Mio. DM
Summe Gesamtinvestition	78,0 Mio. DM	41,5 Mio. DM
Dämmkosten EFH bis MMH	19,6 Mio. DM	9,7 Mio. DM
Dämmkosten GMH u. HH	4,0 Mio. DM	2,0 Mio. DM
Summe Dämmkosten	23,6 Mio. DM	11,7 Mio. DM

Eine detailliertere Aufstellung darüber wie sich die Kosten auf die Gebäudearten und die drei betrachteten Baualtersklassen verteilen, steht im Anhang.

### Fördersituation und Ausblick

Das CO<sub>2</sub>-Minderungsprogramm der Bundesregierung, sah auch bisher schon Zuschüsse für die Verbesserung der Wärmedämmung von Gebäuden vor. Sie wurden durch zinsverbilligte Darlehen gewährt. Mit dem vom Bund letzten Herbst verabschiedeten Klimaschutzprogramm wurden nochmals 400 Mio. DM/a für diesen Zweck bereitgestellt.

Ergänzend dazu ist es jedoch möglich, dass die Kommune durch ein eigenes Förderprogramm noch einen zusätzlichen Anreiz für die Wärmedämmung schafft. Auf Grund der Ver-

## Klimaschutzkonzept Sindelfingen

teilung der Einsparpotenziale in Sindelfingen, sollte dieses auf die Gebäude, die während der 50er-, 60er- und 70er-Jahre entstanden konzentriert werden. Dadurch könnten die begrenzten städtischen Mittel im Sinne des Klimaschutzes sehr effektiv eingesetzt werden.

Ein weiterer Punkt in der Gesetzgebung der Bundesregierung, der für die Wärmedämmung im Gebäudebestand von Bedeutung ist, ist die für 2001 geplante Verabschiedung der neuen Energiesparverordnung. In ihr sind etwas weiter gehende Regelungen als in der 3. WStVO bezüglich Maßnahmen im Gebäudebestand vorgesehen.

Nicht vorgesehen ist jedoch ein Instrument, was von Fachleuten allgemein als sehr wichtig betrachtet wird, um Hausbesitzern die Entscheidung, den passiven Wärmeschutz ihres Hauses zu verbessern, schmackhaft zu machen. Die Rede ist von einem bundesweit gültigen Energiepass (oder Energiebedarfsausweis) für alle Gebäude. Dieser soll nach dem Referentenentwurf vom 29. November 2000 nur für Neubauten vorgeschrieben werden.

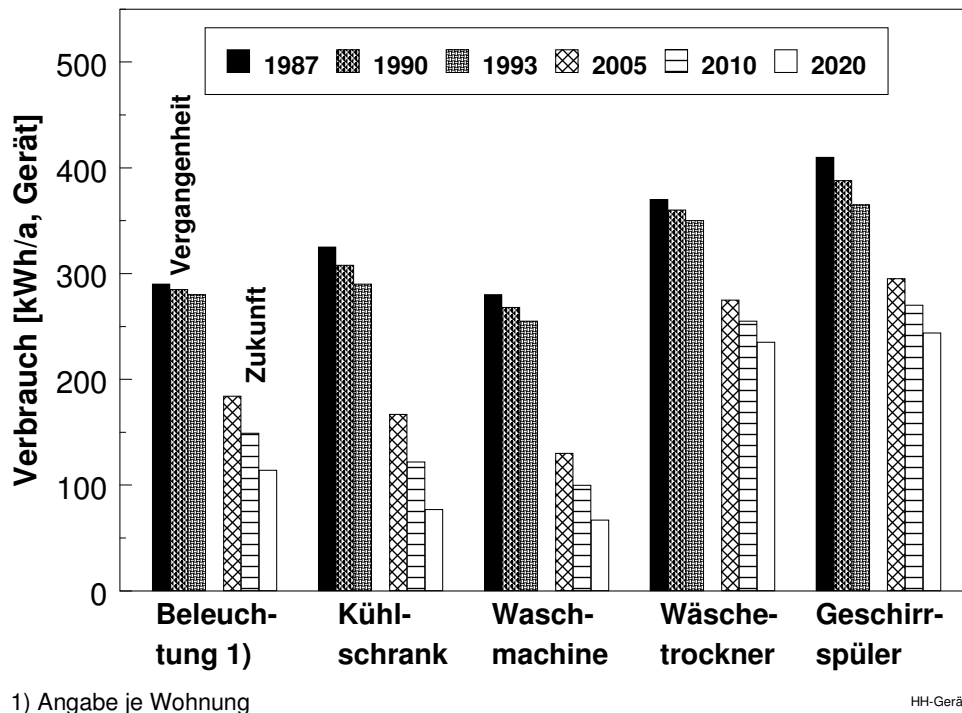
Um diese Lücke wenigstens ein Stück weit zu füllen, besteht die Möglichkeit, einen kommunalen Energiepass einzuführen, wie das einige Städte bereits getan haben (z.B. Heidelberg, Tübingen, etc.)

### 2.2.2 Rationelle Energienutzung

Rationelle Energienutzung bedeutet, dass der gleiche Effekt mit einem geringeren Aufwand erzielt wird. Dies kann durch technische, aber auch durch organisatorische Maßnahmen erreicht werden. Ein Beispiel für die Wirksamkeit des technischen Fortschritts zeigt **Abbildung 2.15**, welche für einige Haushaltsgeräte die Entwicklung aufzeigt, unter der Voraussetzung, dass künftig Altgeräte nur noch durch Marktbestgeräte der Klasse A ersetzt werden und außerdem durch weitere Anstrengungen der Hersteller die noch bestehenden Möglichkeiten technischer Verbesserungen genutzt werden /Prognos 1998/. In vielen Fällen kann der Verbrauch mehr als halbiert werden.

Zur rationellen Energienutzung gehören auch Maßnahmen gegen unnötige Energieverschwendung: Beispielsweise wird künstliche Beleuchtung nur dort benötigt, wo sich Personen aufhalten, und auch nur dann, wenn es sonst zu dunkel ist. Mit technischen Lösungen (Bewegungsmeldung, Zeitschaltuhren) oder organisatorischen Maßnahmen (verantwortliche Person, Sensibilisierung der Nutzer) kann das vorhandene Potenzial ausgeschöpft werden.

Es ist nicht zu erwarten, dass Sindelfingen bezüglich der Geräteausstattung von Haushalten oder Büros eine Sonderstellung einnimmt. Auch für den industriellen Sektor scheint es ausreichend, wenn mit bundesdeutschen Mittelwerten für das Investitionsgüter produzierende Gewerbe gerechnet wird. Dementsprechend werden im Folgenden häufig Ergebnisse aus anderen Untersuchungen auf Sindelfingen übertragen.



**Abbildung 2.15: Bisheriger und zukünftiger durchschnittlicher Verbrauch ausgewählter Elektrogeräte, falls Altgeräte sukzessive durch Marktbestgeräte der Klasse A ersetzt werden**

### 2.2.2.1 Ansatzpunkte

Zu Gunsten des Klimaschutzes ergeben sich folgende Ansatzpunkte für eine verbesserte rationelle Energienutzung:

- Kaufentscheidung zu Gunsten sparsamerer Geräte beeinflussen und den frühzeitigen Ersatz verschwenderischerer Geräte fördern. Dies betrifft hauptsächlich die Haushalte, aber auch die Büroausstattung. Hiermit wird indirekt auch die Bereitschaft der Hersteller zur Entwicklung verbesserter Produkte gefördert.
- Nutzung von Abwärme. Dies ist hauptsächlich in den Sektoren Industrie und Kleinverbrauch möglich.
- Optimierung betrieblicher Abläufe aus energetischer Sicht. Mehrmaliges Aufheizen von Werkstücken vermeiden. Voraussetzungen für die Nutzung von Abwärme schaffen.
- Förderung organisatorischer Maßnahmen. Die Ermittlung von Kennwerten des Energieverbrauchs ist eine grundlegende Voraussetzung, um bisher unbeachtete Schwachstellen zu identifizieren. Dazu sind innerhalb eines Unternehmens klare Zuständigkeiten für Fragen des Energieverbrauchs zu schaffen und diese dann auch zu Gunsten von Umwelt- und Klimaschutz zu nutzen.<sup>19</sup>

<sup>19</sup> Wenigstens in den größeren Unternehmen gibt es bereits eine für den Energieverbrauch verantwortliche Person. Dennoch wurde häufig die Beantwortung der Frage nach dem aktuellen Energieverbrauch als besonders aufwändig angesehen. Eine rein formale Zuständigkeit bleibt wirkungslos, wenn Energieverbräuche nicht systematisch gesammelt und auch im Hinblick auf den Klimaschutz ausgewertet werden.



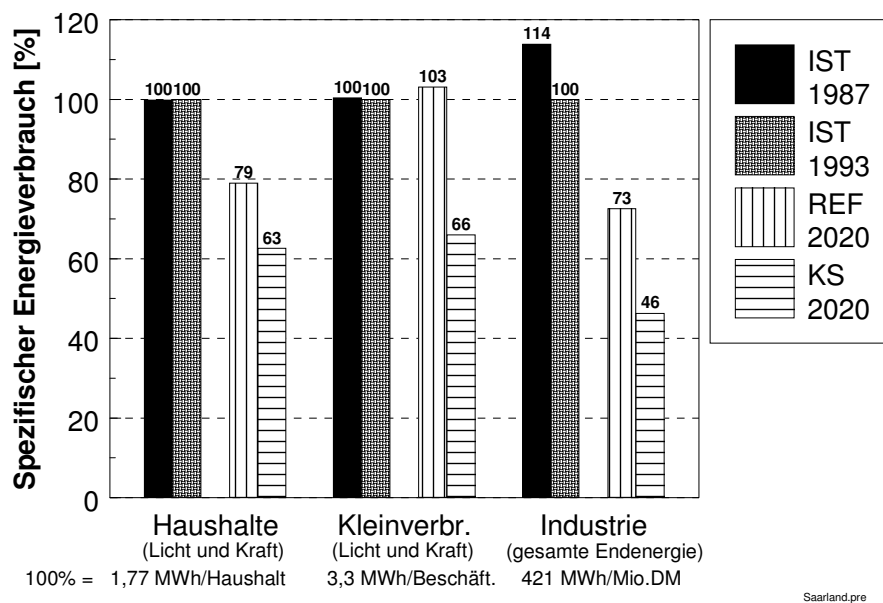
# Klimaschutzkonzept Sindelfingen

## 2.2.2.2 Potenziale und Kosten

Um wirkungsvolle Maßnahmen zu Gunsten der Kleinverbraucher zu entwickeln, ist vom derzeitigen Ist-Zustand auszugehen. Für die Zukunft ist ein Referenzszenario (REF) zu entwickeln, welches den voraussichtlichen Zustand angibt, falls alles so weiter läuft wie bisher, und ein zweites Klimaschutzszenario (KS), welches die Auswirkungen gezielter Maßnahmen angibt. Schon der bisher erkennbare Trend führt zu einer Abnahme des Energieverbrauchs. Weitere Einsparungen sind durch zusätzliche Anstrengungen möglich.

Abbildung 2.16 zeigt die möglichen Entwicklungen.

Da für Sindelfingen keine Szenarien für die zukünftige Entwicklung der Industrieproduktion, für die Beschäftigten im Kleinverbrauch oder die Anzahl der Haushalte entworfen wurden, werden nur spezifische Werte angegeben.



**Abbildung 2.16: Sektorale Entwicklung der spezifischen Energieverbräuche im Referenz (REF)- und Klimaschutz (KS)-Szenario bis 2020 gegenüber dem Ist-Zustand /Prognos 1998/**

Bei den Haushalten wird der Stromverbrauch für Licht und Kraft schon deshalb sinken, weil die derzeit auf dem Markt befindlichen Geräte mit der Zeit den weniger effektiven Altbestand ersetzen werden. Trotz einer zunehmenden Geräteausstattung wird daher der Stromverbrauch bis 2020 um 21 % abnehmen. Weitere 16 Prozentpunkte werden erreicht, wenn durch gezielte Maßnahmen die Altgeräte durch die Marktbestgeräte der Effizienzklasse A ersetzt werden. Die zusätzlichen Kosten für diese Geräte amortisieren sich im Allgemeinen durch den während der Lebensdauer eingesparten Strom. Beispielsweise spart ein 160-l-Drei-Sterne-Kühlschrank der Effizienzklasse A 100 kWh/a gegenüber einem Neugerät der Klasse C ein.<sup>20</sup> Für den derzeitigen Haushaltstarif in Sindelfingen bedeutet dies eine jährliche Einsparung von 27,50 DM. In 10 Jahren haben sich daher Mehrinvestitionen von 275 DM bezahlt gemacht. Preisvergleiche am Markt werden allerdings dadurch erschwert, dass in den meisten Fällen die energiesparenden Geräte auch im Übrigen besser ausgestattet sind als die billigeren Energieverschwender.

<sup>20</sup> Gegenüber der schlechtesten Klasse G sind es sogar 460 kWh/a.

## Ansatzpunkte für einen verbesserten Klimaschutz

Im Sektor der Kleinverbraucher wird die Elektrifizierung weiter stark zunehmen, sodass trotz verbesserter Effizienz der einzelnen Geräte sich im Referenzszenario ein Zuwachs der Strombedarfs für Licht und Kraft ergibt. Bezüglich der Beleuchtung und der Geräteausstattung gibt es Ähnlichkeiten zu den Haushalten. Gegenüber Haushalten bieten sich zusätzliche Einsparmöglichkeiten durch verbesserte Organisation und Regelungen, unter anderem in den Bereichen Prozesswärme und Klimatisierung. Insgesamt kann der Strombedarf der Kleinverbraucher im Klimaschutzszenario um 34 % gesenkt werden. Die Kosten hierfür liegen im Mittel bei etwa 7 Pf/kWh /Prognos 1998/. Die Maßnahmen sind auch bei den heutigen Stromkosten bereits wirtschaftlich umsetzbar.

Neben dem Stromverbrauch kann auch der Brennstoffverbrauch im Sektor der Haushalte und Kleinverbraucher durch rationellen Energieeinsatz erheblich reduziert werden. Verbesserungen bei der Heizungstechnik sind insbesondere durch den Ersatz alter Kessel durch moderne Brennwertkessel möglich.

Der Austausch von alten Heizkesseln ist bisher durch die Heizungsanlagenverordnung (Neufassung vom 4. Mai 1998) geregelt. Mit Verabschiedung der Energiesparverordnung im Laufe des Jahres 2001 wird diese die Heizungsanlagenverordnung beinhalten. Sie besagt, dass Heizkessel, die vor dem 1. Oktober 1978 in Betrieb genommen worden sind, bis Ende 2005 durch neue Anlagen ersetzt werden müssen.

Da im Rahmen des Klimaschutzkonzepts die derzeitige Altersstruktur der Heizungsanlagen nicht analysiert wurde, ist es nicht möglich die Auswirkung der oben zitierten Regelung auf die Treibhausgasemissionen in Sindelfingen zu quantifizieren. Ergebnisse der Analyse in anderen, vergleichbaren Städten zeigten jedoch, dass die Minderung bei einigen Prozent liegen dürfte.

Durch verbesserte Steuerungen sind weitere Einsparungen möglich. Dies betrifft insbesondere den Kleinverbrauchssektor. Hier wird häufig unnötig beheizt, da in großen Bürogebäuden die Beschäftigten aus wirtschaftlicher Sicht kein Eigeninteresse am sparsamen Umgang mit Raumwärme haben.

Der industrielle Sektor ist sehr vielfältig untergliedert. Einsparpotenziale müssen daher vergleichsweise pauschal ermittelt werden, ohne dass jeder einzelne Produktionsprozess analysiert werden kann (siehe Anhang 2.2.2). Einige Querschnittstechnologien, für welche detaillierte Angaben möglich sind, werden weiter unten besprochen. In der Industrie ist die Unterscheidung zwischen Einsparungen, welche autonom, d.h. allein durch den ohnehin vorhandenen technischen Fortschritt, erfolgen, und Einsparungen, welche zusätzlich auf Grund hoher Energiepreise oder Anstrengungen bezüglich des Klimaschutzes erfolgen, besonders schwierig. So nahm die Energieintensität (= Endenergieverbrauch je Nettoproduktionswert) in den 22 Jahren zwischen 1970 und 1992 nahezu linear jährlich um 2,7 % ab /Jochem 1996/. Einflüsse durch die in diesem Zeitraum liegenden „Energieschocks“ sind nicht erkennbar. Dies dürfte mit an dem vergleichsweise geringen Energiekostenanteil an den gesamten Kosten des industriellen Sektors liegen. Für Sindelfingen liegt der Anteil der Energiekosten am Umsatz für die befragten Industrieunternehmen im Mittel bei 1,6 %. Ein mittlerer Haushalt muss dagegen etwa 6,8 % seines verfügbaren Einkommens für die Strom- und Heizungsrechnung einkalkulieren /BMW 1999/.

Nach den in Abbildung 2.16 dargestellten Untersuchungen für das Saarland wird im Referenzszenario mit einer Abnahme der Energieintensität des Investitionsgüter produzierenden Gewerbes (welches in Sindelfingen dominiert) um 27 % bis 2020 gerechnet. Durch gezielte zusätzliche Anstrengungen können im Klimaschutzszenario weitere 27 Prozentpunkte eingespart werden. Die dafür erforderlichen zusätzlichen Kostenaufwendungen liegen für Strom bei 2,4 Pf/kWh<sub>el</sub> und im Bereich der Brennstoffanwendungen im Mittel noch darunter. Auch hier ist also die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen gegeben (siehe auch Anhang 2.2.2).

# Klimaschutzkonzept Sindelfingen

## 2.2.2.3 Querschnittstechnologien

Obwohl in den Sektoren Industrie und Kleinverbrauch sehr unterschiedliche Verbraucher zusammengefasst sind, gibt es doch einige Querschnittstechnologien, welche in fast jedem Unternehmen von Bedeutung sind. Hierzu gehören:

- Wärmedämmung der Gebäude
- Wärmeerzeugung, Heizkessel, Dampfkessel
- Wärmetauscher
- Beleuchtung
- Lüftung, Kühlung, Kälte
- Elektrische Antriebe
- Druckluft
- Gebäude- und Prozessleittechnik
- BHKW

Die Bedeutung einiger Querschnittstechnologien soll im Folgenden aufgezeigt werden /Jochem 1996, ISI 2000/. Bei der Anpassung der Literaturwerte an die Gegebenheiten in Sindelfingen (einschließlich Daimler) wird berücksichtigt, dass hier die Investitionsgüter produzierende Industrie überwiegt.

- Auch in der Industrie Sindelfingens wird der überwiegende Teil (54 %) des Brennstoffbedarfs für die Erzeugung von Raumwärme eingesetzt (im bundesdeutschen Mittel liegt dieser Anteil in der Investitionsgüterindustrie mit 60 % noch etwas höher). Dies unterstreicht die Bedeutung verbesserter Wärmedämmung auch im industriellen Sektor.
- Der Stromverbrauch der Sindelfinger Industrie wird zu ca. 75 % für Antriebe (Elektromotoren) benötigt. Darin enthalten sind ca. 12 % für die Druckluftherzeugung. Weitere 12 % werden für die Beleuchtung benötigt.
- Durch verbesserte Elektromotoren und insbesondere durch Drehzahlregelungen lassen sich über 10 % des gesamten industriellen Strombedarfs Sindelfingens einsparen.
- Speziell bei Druckluftanlagen kann allein durch das Abdichten von Leckagen häufig 50 % und mehr des Stromverbrauchs eingespart werden. Unter Berücksichtigung weiterer Maßnahmen wie Stilllegung nicht mehr benötigter Leitungen, Druckminderung soweit wie möglich, Steuerung nach Bedarf und Drehzahlregelung des Antriebs kann allein hier mit einem Rückgang des industriellen Strombedarfs um 5 % gerechnet werden.
- Allein durch Verhaltensänderungen und Kleininvestitionen (Zeitschalter ...) kann im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistung in den Querschnittsbereichen Beleuchtung, Bürogeräte oder kontrollierte Klimatisierung der Stromverbrauch um bis zu 11 % gesenkt werden /Wortmann 1999/.

In Sindelfingen bieten sich nach Auswertung des Fragebogens insbesondere die beiden zuletzt genannten Bereiche als Ansatzpunkte für Verbesserungen bei der rationellen Energienutzung in Industrie und Kleinverbrauch an.

## 2.2.2.4 Hemmnisse

Der größte Teil des im vorigen Abschnitt dargestellten Potenzials kann wirtschaftlich erschlossen werden. Die naheliegende Frage ist, warum dieses Potenzial nicht sowieso erschlossen wird oder anders gefragt, welche Hemmnisse die Umsetzung von energiesparenden Maßnahmen behindern und wie diese ggf. beseitigt werden können. Hierzu gibt es breit angelegte Untersuchungen /ISI 1999/. Die wichtigsten Ergebnisse, welche für die in Kapitel 3 empfohlenen Maßnahmen eine Rolle spielen, werden im Folgenden zusammengefasst.

Als eines der wichtigsten Hemmnisse werden häufig und zu Recht Wissensdefizite angeführt. Dies betrifft insbesondere die mittelständischen und wenig energieintensiven Unter-

nehmen, für die es nicht lohnt, einen eigenen Energieexperten zu beschäftigen. Die Informationswege sind oft unbekannt oder werden aus zeitlichen Gründen oder fehlender Motivation erst gar nicht beschritten. Die Verlässlichkeit von Informationen und die Neutralität von Beratung – insbesondere der Hersteller – wird angezweifelt, da man hier vermutet, dass „einem etwas verkauft“ werden soll. Die jeweiligen Fach- und Branchenverbände werden von den Unternehmen zwar als zuständig angesehen, aber deren Kompetenz wird hinsichtlich REN (Rationelle Energienutzung)-Beratung nicht sehr hoch eingeschätzt. Hiermit erklärt sich der typische Vorbehalt „Dafür haben wir keine Zeit“.

Erfahrungsgemäß verläuft die Kommunikation erfolgreicher REN-Projekte im persönlichen Erfahrungsaustausch. Einladungen zu Vorträgen zur Vorstellung des eigenen erfolgreichen Projekts bewirken positive Rückkopplungen im eigenen Betrieb – auch auf die Mitarbeiter (z.B. für verhaltensbedingte Einsparungen). Auf diesem Wege kann dem Vorbehalt „Wenn das was bringen würde, hätte die Konkurrenz das auch schon gemacht“ entgegengewirkt werden.

Ein weiteres Hemmnis ist der enge Zeitraum, welcher für viele REN-Investitionen dann zur Verfügung steht, wenn ohnehin gerade modernisiert wird. So gelang es den Freiburger Stadtwerken (FEW) zwar, durch die Aktion „Meister Lampe“ die Haushaltskunden zu Strom-einsparungen von 5 GWh/a zu motivieren, im Gewerbe blieben dagegen die erreichten 0,7 GWh/a weit hinter den Erwartungen zurück – trotz offenkundig kurzer finanzieller Rücklaufzeiten. „Das machen wir dann, wenn wir umbauen“, habe man häufig als Antwort erhalten /ZfK 1999/.

Falsche Rentabilitätskriterien gehören ebenfalls zu den Hemmnissen. REN-Investitionen werden nach den gleichen Kriterien wie Investitionen im Produktionsbetrieb beurteilt. Für die Beleuchtung oder die Wärmedämmung, welche auch noch nach einer vollständigen Umstellung der Produktion nützlich sind, sind aber wesentlich längere Amortisationszeiten anzusetzen. Häufig werden kurze Amortisationszeiten als Rentabilitätskriterium aufgefasst, obwohl sie ein Risikokriterium sind. Das führt zu dem typischen Vorbehalt „Das rechnet sich doch hinten und vorne nicht“.

Ein weiteres Problem ist, dass das Energie-„Sparen“ immer noch dem Askeseverdacht unterliegt: Wer „sparen“ sagt meint „Verzicht“ und „Einschränkung“. Aber wer verzichtet schon gerne? („Auf Komfort möchte hier keiner verzichten“). Energiesparendes Verhalten wird als defensiv gewertet und bringt häufig weder im privaten noch im beruflichen Umfeld Pluspunkte. Zu diesem Problemkreis gehört auch der hohe Stromverlust der elektronischen Geräte im Stand-by-Betrieb, welcher immerhin einen Anteil von 11 % am Gesamtstromverbrauch von Haushalten und Büros ausmacht. Attraktives Design und technische Leistungsfähigkeit sind die ausschlaggebenden Kaufargumente. Wer sich trotzdem für den Energieverbrauch interessiert, der findet auf dem Markt der elektrischen Kleingeräte schwerlich die gesuchten Informationen.

Als dominierendes Motiv für durchgeführte REN-Maßnahmen wird nicht nur in Sindelfingen fast immer die Senkung der Energiekosten angegeben. Dennoch darf dieses Motiv nicht überbewertet werden. Bei einer Analyse der Erfolgsfaktoren, die in 20 Betrieben zur Realisierung effektiver REN-Maßnahmen führte, zeigte es sich, dass Schlüsselpersonen eine entscheidende Rolle spielen /Ostertag 1998/. Diese waren weniger durch fachliche Qualifikation als durch zukunftsorientiertes Denken und einen starken Handlungswillen gekennzeichnet. Auf diese Personen, welche sowohl in der Initiativphase als auch in der Realisierungsphase unentbehrlich waren, passt das Bild des „homo oeconomicus“ nicht. Entscheidend ist vielmehr eine Bündelung unterschiedlicher Motive. Das hier wichtigste Resultat obiger Analyse lautet:

„Das konkrete Umweltverhalten der Akteure ist stark geprägt durch die Wertvorstellungen des sozialen Umfeldes. Ob technisch und ökonomisch vernünftige Effizienzmaßnahmen umgesetzt werden, hängt weitgehend davon ab, wie weit

# Klimaschutzkonzept Sindelfingen

Umweltengagement und „Energiesparen“ positiv besetzt sind. Eigeninitiative und Motivation für einen ressourcenschonenden Umgang mit Natur entstehen erst dann, wenn damit auch ästhetische und ideelle Bedürfnisse befriedigt werden“.  
/ISI 1999/

Gerade wenn es um die Wertvorstellungen geht, kann die Kommune und insbesondere der Bürgermeister seinen Einfluss auf Bürger und Unternehmer geltend machen. An dieser Stelle ist der Einfluss der Stadtwerke geringer. Von den Stadtwerken initiierte Programme spielten in der Vergangenheit häufig eine wichtige Rolle in Klimaschutzkonzepten. Durch die Liberalisierung des Strommarktes ist deren Spielraum jedoch erheblich eingeschränkt worden. Umso wichtiger ist es, dass auch die Kommune wirkungsvolle Maßnahmen ergreifen kann, die mit wenig Geld ein positives Umfeld für den Klimaschutz schaffen (siehe Kapitel 3 „Maßnahmen“).

## 2.3 Ehemaliges Flughafengelände

### Beschreibung, Historie und derzeitiger Planungsstand

Auf dem zwischen der A81 und der Bahnlinie Stuttgart-Singen verkehrsgünstig gelegenen ehemaligen Flughafengelände (EFG) soll ein neuer Stadtteil mit hochwertiger Mischnutzung entstehen.

Als Fliegerhorst im Ersten Weltkrieg gegründet, wurde das EFG in den 20er und 30er Jahren zum Verkehrsflughafen Stuttgart, bis diese Funktion auf den Flughafen Echterdingen überging. Als Militärflughafen war es im Zweiten Weltkrieg heftigen Luftangriffen ausgesetzt. Von 1945 bis 1992 wurde das Gelände von der US-Army genutzt.

Das gesamte Gelände ist in Folge kriegsbedingter Einwirkungen, anschließender unkontrollierter Auffüllungen und jahrzehntelanger militärischer Nutzung stark kontaminiert. Der zukünftige Projektentwickler wird den Boden bis zu 4 m tief abtragen müssen. Allein hierfür werden Kosten von 150 Mio. DM veranschlagt.

Schon aus diesem Grunde wird eine intensive bauliche Nutzung des Geländes mit einer Geschossflächenzahl größer 2,0 angestrebt. Nach Berücksichtigung des geplanten 6-spurigen Ausbaus der A81 verbleiben 75 ha, welche in einem städtebaulichen Wettbewerb gestaltet werden konnten. Nach Abzug von Grünflächen verbleiben 50 ha Nettobaulandfläche. Mit der vorgegebenen GFZ ergibt sich damit eine Bruttogrundfläche (BGF) von mindestens 1 Mio. m<sup>2</sup>.

Der im Wettbewerb siegreiche städtebauliche Entwurf sieht eine sehr großzügige Flächenaufteilung einschließlich eines langgestreckten Sees vor. Die vorgegebene intensive bauliche Nutzung wird durch etwa 50 teilweise sehr hohe Gebäude erfüllt. Die wettbewerbliche Vorgabe von in der Regel maximal sechs Stockwerken wird hierdurch gesprengt, aber insgesamt kommt der Entwurf der Intention einer hochwertigen Bebauung mit innovativem Anspruch sehr entgegen. Die drei geplanten Bürotürme mit angedachten Höhen von bis zu 235 m können zu einem weithin sichtbaren Erkennungsmerkmal am südlichen Rand der Stuttgarter Wirtschaftsregion werden.

Die Planungshoheit für das EFG liegt bei den Städten Sindelfingen und Böblingen. Der zukünftige Projektentwickler steht bereits fest. Allerdings befindet sich das Gelände noch im Besitz der Bundesrepublik Deutschland. Die Verkaufsverhandlungen sind im Fluss (Dezember 2000). Zu den ersten Aktivitäten wird die Altlastensanierung gehören, welche frühestens Mitte 2001 beginnen könnte. Ein endgültiger Bebauungsplan könnte ab Ende 2001 vorliegen. Mit der Erschließung des Geländes und den ersten Fundamenten ist nicht vor Mitte 2002 zu rechnen.

### Energieversorgung

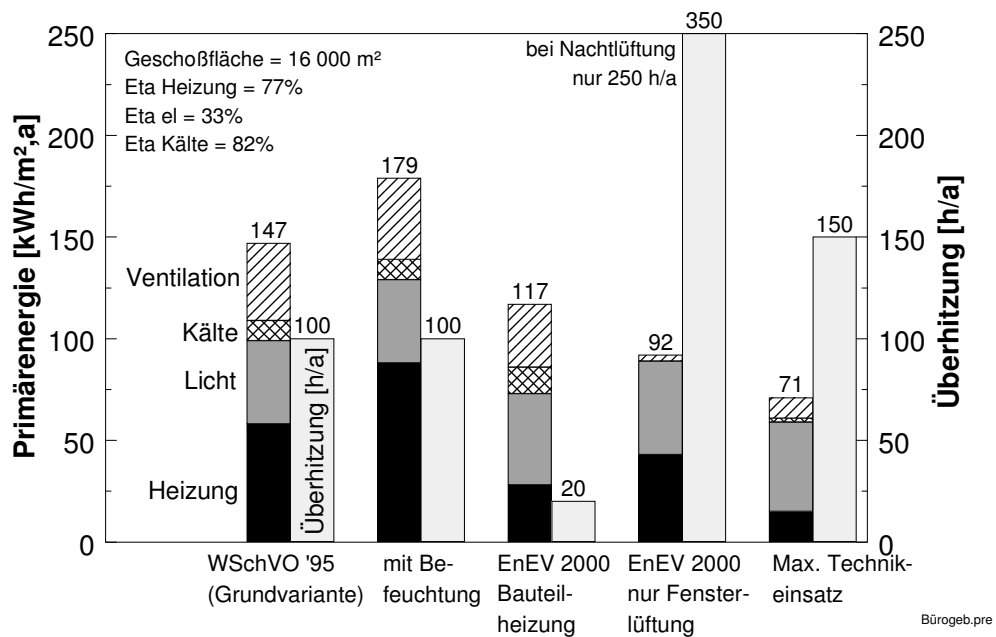
Kompakte Gebäude mit einem niedrigen A/V-Verhältnis, wie dies auf dem EFG der Fall sein wird, haben einen geringen spezifischen Wärmebedarf. Andererseits besteht bei diesen Gebäuden häufig die Notwendigkeit von raumluftechnischen Maßnahmen, sowohl um den hygienisch notwendigen Luftaustausch zu garantieren als auch um eine Überhitzung zu verhindern. In gewerblich genutzten Räumen ist zusätzlich mit einer im Vergleich zum Wohnbau hohen Geräteausstattung zu rechnen, sodass das Problem einer hinreichenden Kühlung verstärkt auftritt.

Für den Bau eines Bürogebäudes gibt es unterschiedliche Varianten, welche sich in Technik, Energiebedarf, Komfort und bei den Kosten unterscheiden /Amt für Umweltschutz 1998/ (**Abbildung 2.17**). In der Grundvariante gemäß der Wärmeschutzverordnung von 1995 wird für die Heizung weniger als die Hälfte des Primärenergiebedarfs benötigt. Mehr als die Hälfte des Strombedarfs wird für den Luftaustausch und die Kälteerzeugung benötigt, also für Bereiche, die im Wohnbau i.A. entfallen können. Die Geräteausstattung (Computer, Kopierer ...) ist in dem Vergleich nicht enthalten, da sie für die Beurteilung der unterschiedlichen Gebäudevarianten von untergeordneter Bedeutung ist. Durch verstärkte Gebäudedämmung (EnEV 2000) kann der Heizungsbedarf, durch Verzicht auf Komfort („nur Fensterlüftung“), der Strombedarf vermindert werden. Durch ein Maximum an Technikeinsatz sowohl bei der Wärmeerzeugung als auch bei den raumluftechnischen Anlagen kann der Einsatz von Primärenergie und damit die Emission von Klimagasen weiter minimiert werden. Der Strombedarf für Beleuchtung nimmt in dieser teuersten Variante geringfügig zu, da hier die Fensterflächen verringert oder verschattet werden, um Überhitzungen zu vermeiden. Die Anzahl der Stunden, an welchen die als angenehm empfundene Temperatur im Gebäudeinneren überschritten wird (rechter Balken), dient als Maßstab für den Komfort.

Aus Sicht des Klimaschutzes sind bauliche Lösungen mit einem Minimum an Kälte- und Ventilationsbedarf zu bevorzugen. Dazu ist frühzeitig ein Konzept zu entwickeln, wie die heute noch unbekannteren zukünftigen Nutzer der Gebäude zum Einsatz moderner elektrischer Geräte mit geringem Strombedarf und geringer Abwärmeerzeugung bewegt werden können. Die stromfressenden Klimaanlage können dann bei gleichbleibenden Komfortansprüchen kleiner ausgelegt werden oder ganz entfallen.

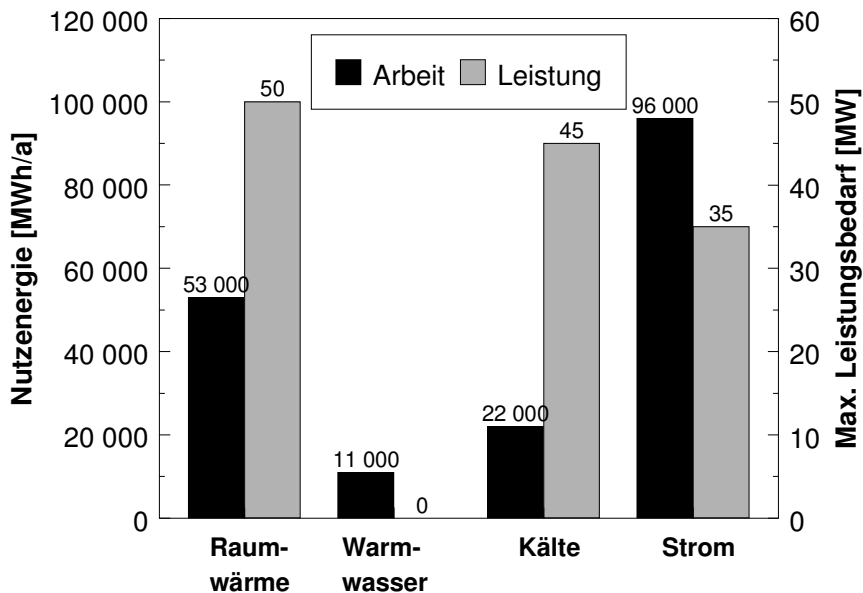
Für die Auslegung einer Energieversorgung für das ganze EFG wird eine Bruttogeschossfläche von 1 Mio. m<sup>2</sup>, eine Mischnutzung und verschärfte Vorschriften zur Wärmedämmung zu Grunde gelegt. Der resultierende Energie- und Leistungsbedarf ist in **Abbildung 2.18** dargestellt. Der Kältebedarf kann durch Kompressions- oder Absorptionskältemaschinen gedeckt werden. Im ersten Fall werden zusätzliche Mengen Strom, im zweiten Fall zusätzliche Wärmemengen benötigt. Aus Sicht des Klimaschutzes sind beide Varianten ungefähr gleichwertig. Für die Absorptionskältemaschinen ergibt sich nur dann ein merklicher Vorteil, wenn die zum Antrieb benötigte Wärme im Heizkraftwerk von DaimlerChrysler erzeugt wird **und** der bestehenden Anlage eine große Gasturbine vorgeschaltet wird.

# Klimaschutzkonzept Sindelfingen



Grundvariante: RLT mit WRG, 2,5-facher Luftwechsel, Kompressionskältemaschine, keine Kühldecken

**Abbildung 2.17: Varianten des Energiebedarfs eines Bürogebäudes mit einer Geschossfläche von 16.000 m<sup>2</sup>.** (Die in der Grafik angegebenen Wirkungsgrade beziehen sich ausnahmsweise auf den Einsatz an Primärenergie).



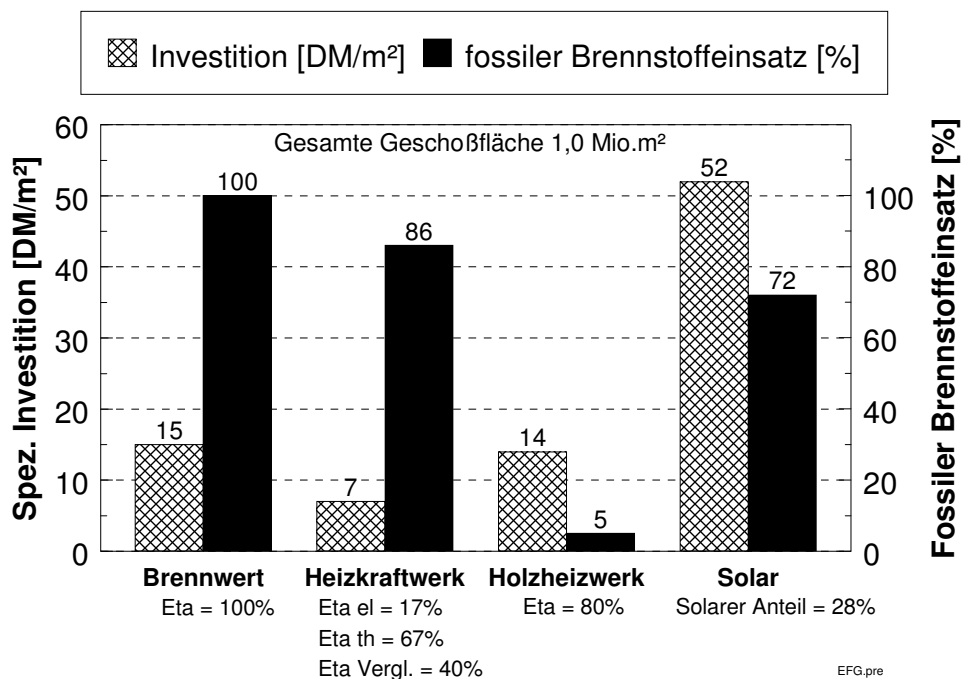
Szenariovorgaben: RLT und WRG auch in WG, EnEV 2000, Kühldecken, energiebewusste Steuerung

Energie.pre

**Abbildung 2.18: Energie- und Leistungsbedarf für das EFG (bei einer Energiebezugsfläche von 1 Mio. m<sup>2</sup>)**

## Option erneuerbare Energien

An Stelle einer Wärmeversorgung durch Gasbrennwertkessel oder durch eine Wärmeauskopplung aus dem Heizkraftwerk von DaimlerChrysler können für das EFG auch erneuerbare Energien genutzt werden. Der Klimanutzen ist dann größer, allerdings auch die Kosten (**Abbildung 2.19**). Im Vergleich zu den gesamten Investitionskosten für die Bebauung des gesamten EFG von ca. 3 Mrd. DM (bei 3.000 DM je m<sup>2</sup> Nutzfläche) sind aber auch diese Zusatzkosten immer noch sehr gering.



**Abbildung 2.19: Wärmeversorgungsvarianten für das ehemalige Flughafengelände**

Bei einer Bewertung des Einsatzes erneuerbarer Energien im EFG sind folgende Punkte zu beachten:

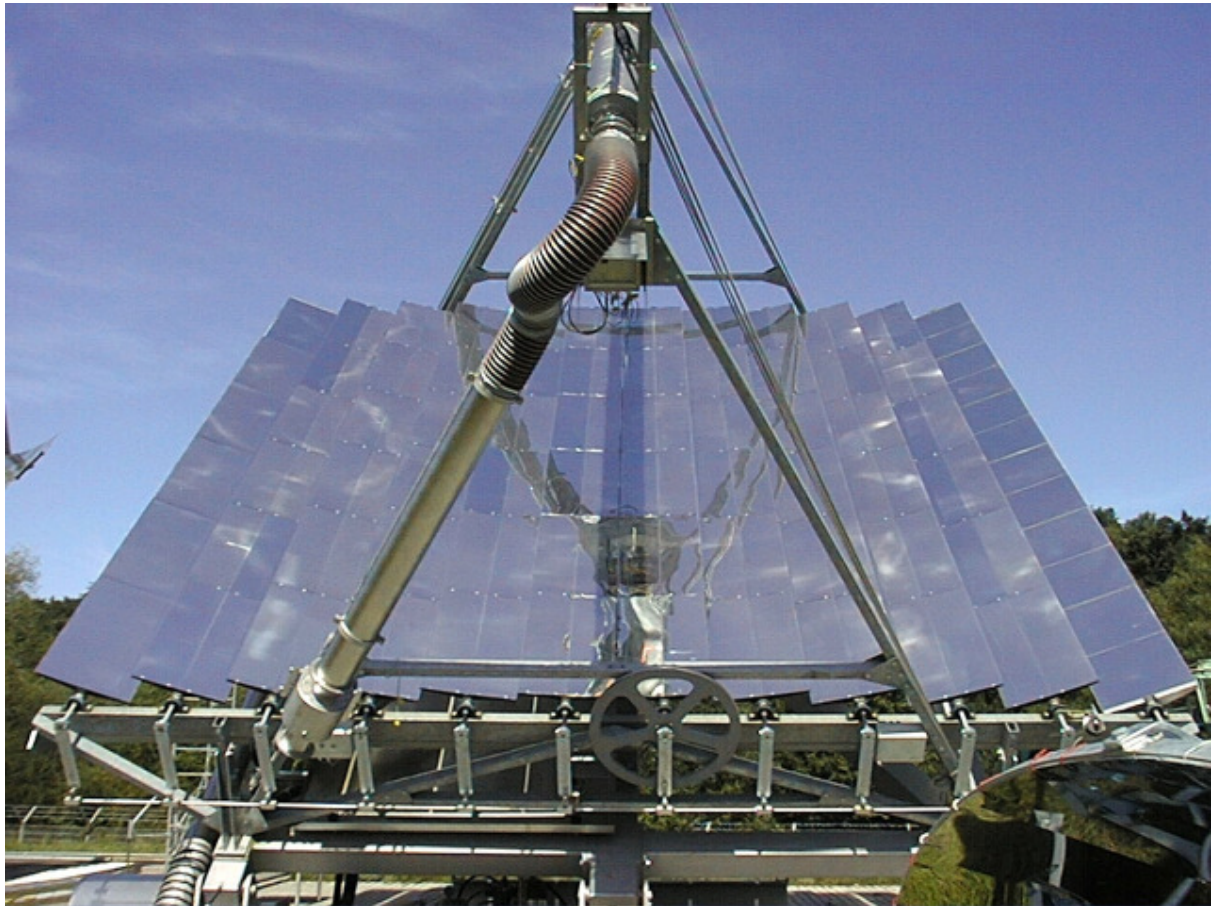
- Das lokale Holzpotenzial (einschließlich Restholz aus dem Sägewerk in Ehningen) ist zwar knapp ausreichend für die Versorgung des EFG, aber eine Wärmeversorgung aus Holzhackschnitzeln scheint für das Gesamtbild des EFG weniger zu passen als an anderen Orten in Sindelfingen.
- Eine solare Wärmeversorgung für das gesamte EFG scheint zu teuer. Empfohlen wird jedoch die Versorgung einiger ausgewählter Gebäude. Diese können dann auf einen solaren Anteil über 50 % mit saisonalem Speicher ausgelegt werden. Dieser Speicher kann als künstlicher Aquifer angelegt werden. Hierbei wirkt sich günstig aus, dass ein Teil des Erdbodens ohnehin abgetragen werden muss und somit beim Bau des Speichers Kosten eingespart werden können. Um diesen Vorteil zu nutzen, ist eine rechtzeitige Planung notwendig.

Die Nutzung von Solarenergie bietet sich besonders für Zwecke der Kühlung an, da hier der größte Bedarf mit der intensivsten Sonneneinstrahlung zusammenfällt. Die optimale Solartechnik hängt vom Kühlkonzept ab, welches in den Gebäuden genutzt wird. Bei geringem Kühlbedarf ist der Einsatz von sog. „Desiccant Cooling“ möglich. Zum Antrieb dieser Anlagen ist bereits das Temperaturniveau, welches mit Flachkollektoren erreicht werden kann, ausreichend. Bei höherem Kältebedarf werden Absorptionskälteanlagen benötigt, welche in 2-



## Klimaschutzkonzept Sindelfingen

stufiger Ausführung Temperaturen von 175 °C zum Antrieb erfordern. Hierfür werden konzentrierende Kollektoren (**Abbildung 2.20**) benötigt. Bei gleicher Kollektorfläche kann mit diesen Systemen eine wesentlich höhere Kälteleistung erbracht werden. Die Verwirklichung eines beispielhaften solaren Kühlsystems wird für das EFG empfohlen.



**Abbildung 2.20: Beispiel eines konzentrierenden Kollektors (Fixfokus, DLR-Köln)**

Detaillierte Auslegungen sowohl für eine Wärmeauskopplung aus dem Heizkraftwerk als auch für den Einsatz von erneuerbaren Energien sind erst möglich, wenn konkrete Planungen für die Aufsiedlung des EFG vorliegen. Des Weiteren sollte vor Beginn der Bauarbeiten ein schlüssiges Gesamtkonzept für die Energieversorgung vorliegen, in welches die aufeinander folgenden Bauabschnitte sukzessive eingefügt werden können.

## 2.4 Lokale kommunale Energieagenturen

### Das Stuttgarter Modell als Vorbild für lokale kommunale Energieagenturen

Seit 1977 wurde beim Amt für Umweltschutz der Stadt Stuttgart eine sehr erfolgreiche Variante des Contracting, das sog. „Intracting“ aufgebaut. Es wird häufig als Stuttgarter Modell bezeichnet. Die ca. 11 Mitarbeiter der Abteilung „Energiewirtschaft“ sparen der Stadt jährlich über 25 Mio. DM an Energie- und Wasserkosten ein. Dabei sind die Aufwendungen für die Mitarbeiter und die Investitionskosten für die durchgeführten Maßnahmen bereits abgezogen /Kienzlen 1998/. Klimaschutz und wirtschaftlicher Gewinn gehen hier Hand in Hand.

Die für den Erfolg entscheidenden Merkmale des Stuttgarter Modells sind:

## Ansatzpunkte für einen verbesserten Klimaschutz

- Verankerung der Mitarbeiter in der kommunalen Verwaltung. Gegenüber einem externen Contractor ergeben sich Vorteile, weil innerhalb der Verwaltung auch solche Punkte ausgesprochen werden können, welche sich nur für eine interne Diskussion eignen. Die Hemmschwelle einer Abgrenzung gegenüber Außenstehenden entfällt.
- Den Mitarbeitern des Stuttgarter Modells wurde zu Beginn des Versuchs in Absprache mit der Stadtkämmerei ein einmaliges Budget für Investitionen (insgesamt 4,5 Mio. DM verteilt auf 5 Jahre) zur Verfügung gestellt. Mit diesem Startkapital konnte die Abteilung erste Maßnahmen realisieren. Alle weiteren Investitionen wurden aus den Erträgen bereits in der Vergangenheit realisierter Maßnahmen finanziert.<sup>21</sup> Fortbestand und Wachstum der Abteilung hängt von ihrem wirtschaftlichen Erfolg ab. Dieses Modell fördert somit die Eigeninitiative der Abteilung /Kienzlen 1996/.
- Die Stadt Stuttgart ist groß genug, um Arbeit für ein ganzes Team von Energiebeauftragten zu garantieren. Hierdurch wird Spezialisierung, Arbeitsteilung, Erfahrungsaustausch und somit eine effektive Arbeit möglich. Nicht zuletzt wird den Risiken einer Vereinzelung entgegengewirkt, welche bei kleinen Kommunen erschwerte Arbeitsbedingungen zur Folge haben kann.

Kleinere Kommunen wie Sindelfingen haben häufig nur einen Energiebeauftragten, was angesichts der gegenüber Großstädten geringen Einwohnerzahl auch angemessen ist. Das Stuttgarter Modell lässt sich daher nicht ohne Modifikationen übernehmen. Um dennoch die Vorteile des Stuttgarter Modells nutzen zu können, ist eine Vernetzung benachbarter Kommunen und Energiebeauftragten erforderlich, sodass sich im gesamten Verbund wieder eine Einwohnerzahl wie in einer Großstadt ergibt. Die dabei entstehende lokale Energieagentur kann folgendermaßen organisiert sein:

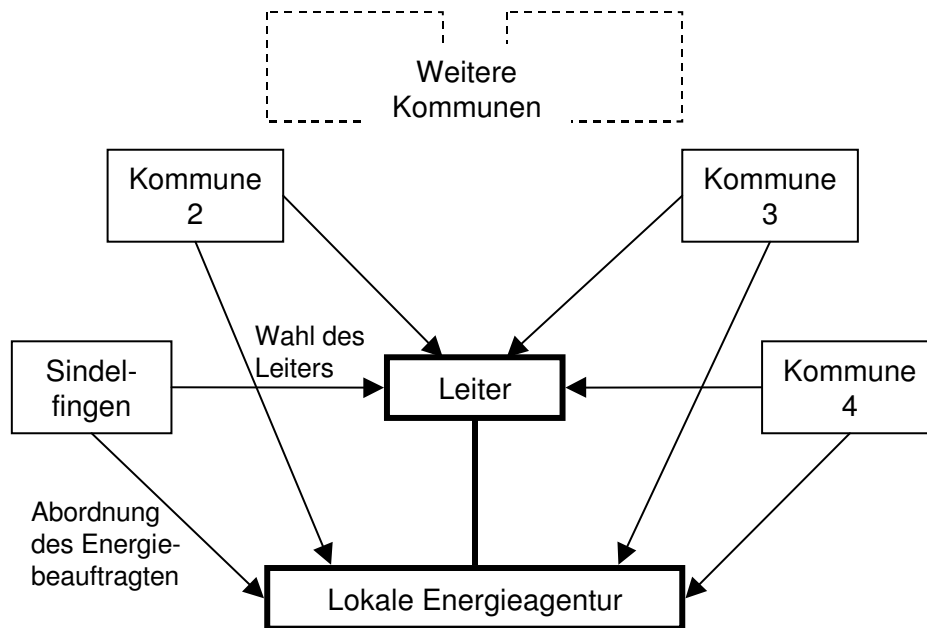
- Sindelfingen schließt sich mit einigen Nachbarkommunen in einem Zweckverband „lokale Energieagentur“ zusammen.
- Die Bürgermeister der beteiligten Kommunen wählen einen fachlich kompetenten Leiter der lokalen Energieagentur.
- Die jeweiligen Kommunalverwaltungen ordnen ihren Energiebeauftragten für eine Teil seiner Arbeitszeit an die lokale Energieagentur ab.

Es ist wesentlich für das Gelingen des Konzeptes, dass die Energiebeauftragten weiter ein voll akzeptiertes Mitglied der jeweiligen Gemeindeverwaltung bleiben. Sie haben dann die Möglichkeit, ihre Kollegen aus der Energieagentur für Aufgaben innerhalb der eigenen Gemeinde hinzuziehen. Diese gelten dann nicht im engen Sinne als Betriebsfremde, wobei sich zusätzlich positiv auswirkt, dass auch der Leiter der Agentur u.a. dem Bürgermeister der betroffenen Kommune berichtspflichtig ist.

---

<sup>21</sup> Wird beispielsweise eine Schule mit Mitteln der Abteilung „Energiewirtschaft“ energetisch saniert, so fließt ein Teil der Energiekosteneinsparung jährlich an die Abteilung zurück.

## Klimaschutzkonzept Sindelfingen



**Abbildung 2.21: Grundzüge einer Organisationsstruktur einer lokalen Energieagentur**

Das Betätigungsfeld der lokalen Energieagentur sind zunächst nur die Liegenschaften der eigenen Kommunen. Dabei können vom Leiter sowohl fachliche als auch örtliche Schwerpunkte gesetzt werden. Im Mittel sollen sich die Aktivitäten auf alle beteiligten Kommunen gleichmäßig verteilen. Mittelfristig besteht die Möglichkeit, dass der Umkreis der Aktivitäten dieser Energieagentur nicht auf die städtischen Gebäude beschränkt bleibt, sondern auch Beratungsaufgaben für das produzierende Gewerbe, Dienstleistung und Haushalte übernimmt.

Bei der hier vorgestellten lokalen kommunalen Energieagentur handelt es sich um ein innovatives Konzept. Daher sind die Chancen für eine Förderung beispielsweise durch die EU als vergleichsweise gut einzuschätzen.

## 2.5 Kosten, Potenziale und Umsetzungsprobleme im Vergleich

**Abbildung 2.22** zeigt in logarithmischem Maßstab die technischen Potenziale der Kraft-Wärme-Kopplung, der erneuerbaren Energien und der Wärmedämmung. Ein Teil dieser Potenziale kann durch die ebenfalls dargestellten Maßnahmen (M1 bis M16, siehe Kapitel 3) ausgeschöpft werden, welche wenigstens teilweise im Verantwortungsbereich der Stadt oder der Stadtwerke liegen. Das gesamte durch diese Maßnahmen bis 2005 maximal realisierbare CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial summiert sich zu jährlich 255.000 t CO<sub>2</sub>-Äquivalent. Das sind 26 % der gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen von 970.000 t/CO<sub>2</sub>-Äq,a (einschließlich DaimlerChrysler, ohne Verkehr).

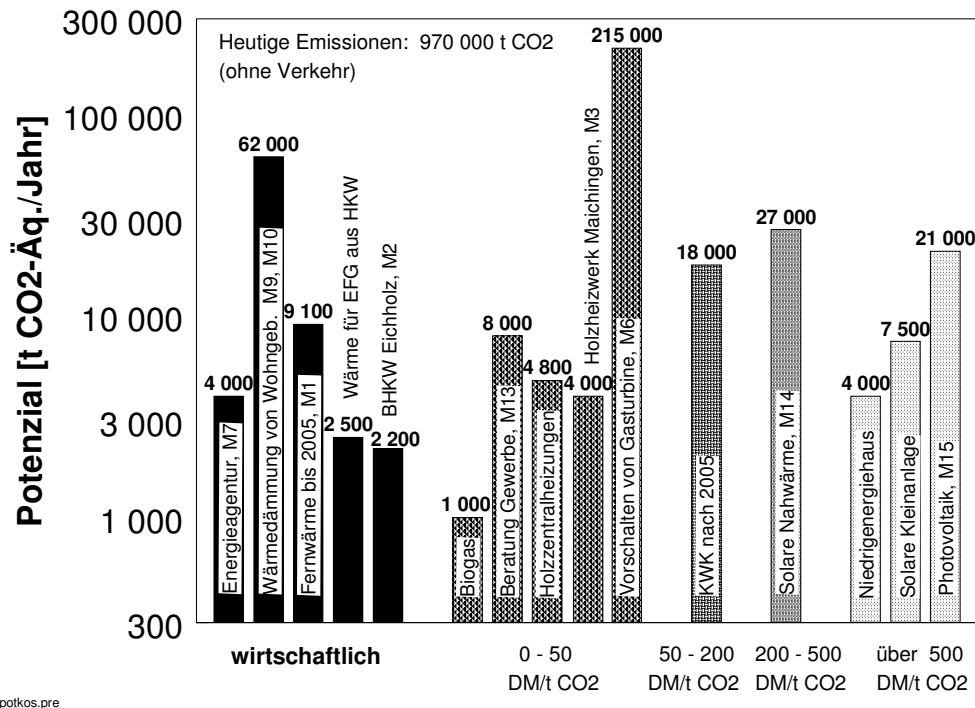


Abbildung 2.22: CO<sub>2</sub>-Reduktionspotenziale in Sindelfingen nach Kostenklassen

Weitere hier nicht dargestellte Einsparpotenziale können bei der Wärmedämmung von Nicht-Wohngebäuden, beim Ersatz alter Heizkessel, bei der rationellen Stromnutzung in Haushalt, bei der Umstellung auf CO<sub>2</sub>-arme Brennstoffe und im Verkehr erschlossen werden. Zur Verwirklichung dieser Beiträge zum Klimaschutz können Stadt und Stadtwerke allerdings nur indirekt etwa durch Motivationskampagnen für ihre Bürger und Unternehmer beitragen.

Die Maßnahmen und Potenziale sind nach der Wirtschaftlichkeit gegliedert. Bei den hierzu notwendigen Kostenrechnungen wurde einheitlich ein Zinssatz von 6 % angesetzt und die Anlagen über die Lebensdauer abgeschrieben. Den Rechnungen wurde für Haushalte der heutige Ölpreis von 80 Pf/l (o. MwSt.) zu Grunde gelegt. Weitere Details zur Berechnung der spezifischen Einsparkosten für die klimawirksamen Gase finden sich im Anhang.

Die Maßnahmen und Potenziale wurden in 5 Kostenklassen eingeteilt:

1. Der überwiegende Teil der in der ersten Kostenklasse empfohlenen Maßnahmen ist wirtschaftlich. Die Umsetzung dieses Teils ist dennoch nicht selbstverständlich, da unterschiedliche Hemmnisse überwunden werden müssen.
  - Diese sind im Falle der Maßnahmen im Nah- und Fernwärmebereich das Problem eines geringen (anfänglichen) Anschlussgrades. Günstige Kosten lassen sich hier nur erzielen, wenn möglichst alle Gebäude der erschlossenen Gebiete auch tatsächlich und frühzeitig an die neue Wärmeversorgung angeschlossen werden können.
  - Auch die lokale Energieagentur kann nur verwirklicht werden, wenn sich weitere Kommunen an dem Modellvorhaben beteiligen.
  - Für den Fall der Wärmedämmung hemmen Informationsdefizite und langjährige Renovierungszyklen eine zügige und vollständige Ausschöpfung des wirtschaftlichen Potenzials.

## Klimaschutzkonzept Sindelfingen

2. Nahezu wirtschaftlich bei heutigen Ölpreisen ist auch die energetische Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen in Biogasanlagen und Zentralheizungen. Unter günstigen Randbedingungen ist auch die Kraft-Wärme-Kopplung und das Vorschalten einer Gasturbine nahezu wirtschaftlich darstellbar. Für die Zukunft kann hier auf Grund voraussichtlich steigender Strompreise mit einer weiteren Verbesserung der Wirtschaftlichkeit gerechnet werden.
3. Auch das verbleibende Potenzial der KWK wird von steigenden Strompreisen profitieren, wird aber dennoch ohne weitere Förderungen, z.B. durch eine gesetzlich vorgeschriebene Mindestquote für die Erzeugung von KWK-Strom, nicht ausgeschöpft werden können.
4. Solare Nahwärme mit saisonaler Wärmespeicherung kann hohe Beiträge zum Klimaschutz liefern. Es handelt sich aber um eine nur langfristig realisierbare Option. Auch nach den zukünftig in diesem Bereich zu erwartenden starken Kostensenkungen wird solare Wärme auf der Kostenseite nicht mit Reststoffen aus der Land- und Forstwirtschaft oder mit Kraft-Wärme-Kopplung konkurrieren können. Die Bedeutung solarer Wärme wird erst dann voll zum Tragen kommen, nachdem die begrenzten Potenziale der KWK und der Biomasse weitgehend ausgeschöpft sind.
5. Gemessen am heutigen Brennstoff- und Strompreis sind die Optionen Niedrigenergiehaus, solare Kleinanlagen und Photovoltaik noch sehr teuer.
  - Auch unter Berücksichtigung der hohen gesetzlich garantierten Einspeisevergütung ergeben sich derzeit für PV-Anlagen auf Dächern von Einfamilienhäusern noch CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten von 1.000 DM/t CO<sub>2</sub>, welche vom Bauherrn zu tragen sind, sofern nicht weitere über das Erneuerbare-Energiengesetz (EEG) hinausgehende Förderprogramme in Anspruch genommen werden. Allerdings sind die möglichen zukünftigen Kostendegressionen ganz erheblich.
  - Interessant ist auch, dass ein gegenüber den geltenden Vorschriften verstärkter Wärmeschutz für Neubauten nur auf Grund der längeren Abschreibungszeiten etwas günstiger ist als kleine solare Brauchwasseranlagen.

Dennoch gibt es keine Probleme, die Anlagen der teuersten Kostenklasse zu vermarkten. Dies zeigt, dass es eine große Anzahl engagierter Individuen gibt, für welche die Motive Zukunftssicherung sowie Umwelt- und Klimaschutz einen höheren Stellenwert haben als die betriebswirtschaftliche Kostenminimierung. Der Entwicklung zukünftiger nachhaltiger Energiesysteme kommen die Vorleistungen dieser Bürger sehr zugute.

### 3 Empfohlene Maßnahmen bis 2005

Der folgende Maßnahmenkatalog stellt die im vorangegangenen Kapitel bereits diskutierten Empfehlungen nochmals in knapper und übersichtlicher Form zusammen.

Die Maßnahmen 1 bis 6 betreffen die Themen Nahwärme und Kraft-Wärmekopplung. Maßnahmen mit verstärktem kommunalen Bezug finden sich im Anschluss. Die Stadtwerke sind bei der überwiegenden Zahl der Maßnahmen als Akteur angesprochen.

#### **Maßnahme 1: Fernwärmeauskopplung aus Heizkraftwerk von Daimler-Chrysler**

##### Was?

Bau einer Fernwärmeleitung vom Heizkraftwerk in die Stadtteile Goldberg und Innenstadt, sowie Gewerbegebiet Schwertstraße zur Wärmeversorgung ausgesuchter Objekte

##### Warum?

Bessere Ausnutzung der vorhandenen Anlagen im HKW

##### Klimanutzen

**9.100 t/a CO<sub>2</sub>-Äquivalente** bei einer Anschlussleistung von rund **52 MW** und einer Wärmeabnahme von **84 GWh/a**; Referenz: jetziger Brennstoffmix

##### Akteure

DaimlerChrysler, Stadtwerke, Eigentümer bzw. Betreiber verschiedener Liegenschaften

##### Kosten

**8,5 Mio. DM** für Dampf- und Fernwärmeauskopplung

##### Erläuterungen

Der Energietunnel unter der Rudolf-Diesel-Straße wurde bereits im Sommer 2000 gebaut. Der Großabnehmer STP wird schon mit Dampf versorgt. Die Fernwärmeleitungen der ersten Ausbaustufe mit einer Länge von knapp 3.000 m sind mittlerweile fertig verlegt und werden derzeit befüllt. Die Wärmelieferung soll Ende des Jahres 2000 aufgenommen werden. Die nächsten Wärmekunden werden das Goldberg-Gymnasium, die Gottlieb-Daimler-Schulen, die Fa. Röhm-Druck und die Fa. Buhl sein.

Für 2001 ist der Anschluss des Stiftungsgymnasiums und des STERN-Centers, sowie dies Einkaufszentrums Breuningerland geplant. Weitere Ausbaustufen für den Fernwärmetransport sind vorgesehen.

# Klimaschutzkonzept Sindelfingen

## Maßnahme 2: Erdgas-BHKW in Sindelfingen-Eichholz

### Was?

Anschluss der 16 großen Mehrfamilienhäuser (je 32 WE) in der Watzmannstraße, des Mehrfamilienhauses Theodor-Heuß-Straße (128 WE), sowie der Grund- und Hauptschule Eichholz an ein Erdgas-BHKW. Länge des Nahwärmenetzes: insgesamt 1.000 m; zu erwartende Netzverluste kleiner als 2,5 %.

### Warum?

Die hohe Verbrauchsdichte bietet sehr günstige Voraussetzungen, die Gebäude in einen Wärmeverbund zu integrieren und die Wärme aus einem mit Erdgas betriebenen Blockheizkraftwerk bereitzustellen. Außerdem besteht für die Gebäude in der Watzmannstraße schon eine kleine Nahwärmeinsel, die von einem Erdgaskessel in Geb. Nr. 6 gespeist wird. Das Nahwärmenetz müsste also nur noch um 300 m erweitert werden.

### Klimanutzen

**2.200 t/a CO<sub>2</sub>-Äquivalente** bei Anschluss von 17 GMH und der GHS Eichholz im heutigen Dämmzustand; Referenz: Status quo mit Gasheizung

### Akteure

Stadtwerke, Stadt, Wohnstätten Sindelfingen GmbH

### Kosten

**3,3 Mio. DM** Investitionskosten; davon **210.000 DM** für die Erweiterung der Nahwärmeleitung

### Erläuterungen

Die oben genannten Zahlen basieren auf der Versorgung der Gebäude im jetzigen Dämmzustand. Die Gebäude Watzmannstr. wurden jedoch während der 60er-Jahre gebaut, d.h. es ist zu erwarten, dass kurzfristig eine Sanierung fällig wird. Bei dieser Gelegenheit ist es von großer Bedeutung, dass der Dämmstandard der Gebäude entscheidend verbessert wird (Technisches Potenzial: 58 %!). Ähnliches gilt für das Schulgebäude und das Gebäude Theodor-Heuß-Straße.

Bei vorheriger Dämmung könnte das BHKW deutlich kleiner dimensioniert werden und hätte möglicherweise in einem vorhandenen Heizkeller Platz. Für den späteren Anschluss der benachbarten Reihen- und Einfamilienhäuser könnte auf Zubau geplant werden.

Es sollte die Möglichkeit geprüft werden, ob die umfassende Gebäude- sowie energetische Sanierung der genannten Objekte als Musterprojekt in EnSan-Programm des BMWi beantragt wird /EnSan 1997/. Als weiterer Aspekt könnte in dieses Projekt die architektonische Aufwertung der Gebäude einbezogen werden.

**Maßnahme 2a: Anschluss der GHS Eichholz an Nahwärmenetz; siehe Maßnahme 2**

Was?

Anschluss der Grund- und Hauptschule Eichholz an das vorgeschlagene Nahwärmenetz, das die Wohngebäude in der Watzmannstraße und der Theodor-Heuß-Straße miteinander verbindet.

Warum?

Die hohe Verbrauchsdichte bietet sehr günstige Voraussetzungen, die Gebäude in einen Wärmeverbund zu integrieren und die Wärme aus einem mit Erdgas betriebenen Blockheizkraftwerk bereitzustellen. Für die Stadt wäre das eine günstige Gelegenheit, eine Schule in ein umweltfreundliches Energieversorgungssystem einzubinden

Klimanutzen

**330 t/a CO<sub>2</sub>-Äquivalente** (ist bereits Bestandteil der in Maßnahme 2 genannten 2.200 t/a)

Akteure

Stadtwerke, Stadt

Kosten

Wenn die Stadtwerke als Betreiber (Contractor) auftreten, entstehen für die Stadt nur geringe Kosten in Höhe des Anschlusskostenbeitrags.

Erläuterungen

Die Nähe zu den großen Wohngebäuden in Eichholz ist ein starkes Argument, die Schule in den Nahwärmeverbund zu integrieren. Wichtig ist dabei auch, dass der Wärmebedarf des Schulgebäudes, sobald Sanierungen an der Gebäudehülle anstehen, reduziert wird.



## Klimaschutzkonzept Sindelfingen

### Maßnahme 3: Holzheizwerk in Maichingen-Landhaussiedlung (Zeitpunkt nach 2005)

#### Was?

Aufbau eines Nahwärmenetzes im Wohngebiet Maichingen-Landhaussiedlung (Gebiet östlich der Bahnlinie, nördlich und südlich der Stuttgarter Straße) und Wärmeversorgung aus einer Holzheizzentrale.

#### Warum?

In Maichingen Ost gibt es bisher keine Erdgasversorgung, lediglich 20 der 300 Wohngebäude werden nicht mit Heizöl beheizt. In diesen Fällen kommt Strom zum Einsatz. In Gebieten, wo bisher noch kein Erdgasnetz verlegt wurde, sollte es strategisches Ziel sein, gleich in einen Wärmeverbund einzusteigen.

#### Klimanutzen

**1.200 t/a** CO<sub>2</sub>-Äquivalente bei 30 % Anschlussgrad; **3.900 t/a** bei 90 % Anschlussgrad

#### Akteure

Stadtwerke, Hausbesitzer der entsprechenden Wohngebäude

#### Kosten

**9 Mio. DM**; davon **6,5 Mio. DM** für das Nahwärmenetz und **2,5 Mio.** für die Heizzentrale

#### Erläuterungen

Das Wohngebiet wurde in den 50er-Jahren erschlossen und im Wesentlichen bis Ende der 70er-Jahre aufgesiedelt. Allein 169 Wohngebäude stammen aus der Zeit bis 1968. Sie haben mittlerweile ein Alter erreicht, wo Sanierungen der Gebäudehülle relativ kurzfristig anstehen. Diese Umbruchsituation sollte genutzt werden, um gleich eine umfassende und zukunftsweisende energetische Sanierung durchzuführen.

Die direkte Verbrennung von Holzhackschnitzeln ist derzeit eine kostengünstige Möglichkeit, in die Nutzung erneuerbarer Energien einzusteigen und durch die Nahwärmeversorgung einen hohen Deckungsgrad am Wärmebedarf zu erreichen.

Da man es mit sehr vielen Hausbesitzern zu tun hat, ist ein intensiver Kommunikationsprozess für die Umsetzung notwendig.

**Maßnahme 4: Verbesserung der Akzeptanz von Nah- und Fernwärme in der Bevölkerung**

Was?

Vermittlung von Konzepten zur Nah- und Fernwärmeversorgung für Hausbesitzer kleiner Wohngebäude (EFH, RH, KMH)

Warum?

In Sindelfingen gibt es mehr als 6.300 Einfamilien- und Reihenhäuser, in denen mittelfristig ebenfalls neue Strukturen eingeführt werden müssen, damit auch dort die Kraft-Wärme-Kopplung und erneuerbare Energien zur tragenden Säule der Wärmeversorgung werden können. Ein großer Teil dieser kleinen Wohngebäude weist eine Gebäudedichte auf, die für Nah- und Fernwärmeversorgung geeignet ist.

Klimanutzen

**Sehr groß**

Akteure

Stadtwerke, Stadt, Hausbesitzer

Kosten

**100.000 DM** für die Kommunikationskampagne in einem ersten Wohngebiet mit 200 bis 300 Häusern, wobei der Aufwand mit zunehmender grundsätzlicher Akzeptanz wahrscheinlich abnimmt.

Erläuterungen

Die Wirtschaftlichkeit sowie der ökologische Vorteil von Nahwärmenetzen im Gebäudebestand steht und fällt mit dem Anschlussgrad, der in einem Wohngebiet erreicht wird. Dieser ist wiederum in starkem Maße von der Akzeptanz abhängig.

Auch bei Verdichtung der Fernwärme in Gebiete mit vielen kleinen Wohngebäuden, sind im Gegensatz zum Anschluss von Großobjekten, viele Hausbesitzer Ansprechpartner des Betreibers.

## Klimaschutzkonzept Sindelfingen

### Maßnahme 5: Nutzung von dänischem Know-how bei Verlegung von Nahwärmeleitungen in Vororten

#### Was?

Kooperation/Erfahrungsaustausch mit dänischen Stadtwerken (z.B. Århus) und Tiefbauunternehmen

#### Warum?

Kostensenkung. Minimierung der Belästigung von Anwohnern beim Bau neuer Nahwärmestrassen

#### Klimanutzen

Potenziell sehr hoch, da positiver Wandel in der Beheizungsstruktur gefördert wird

#### Akteure

Stadtwerke, deutsches Tiefbauunternehmen, dänisches Tiefbauunternehmen, dänische Stadtwerke

#### Kosten

Ca. 25.000 DM (möglicherweise aufgeteilt auf den Stadtwerkverbund „Energiepartner Süd“)

#### Erläuterungen

Die dänischen Kosten für Nahwärmeleitungen liegen um einen Faktor 3 unter den deutschen. Wenigstens Teile des dänischen Know-hows lassen sich auch in Deutschland nutzen. Dazu wird ein intensiver Erfahrungsaustausch angeregt (z.B. ein einwöchiger Aufenthalt von je einem Vertreter von deutschen und dänischen Stadtwerken und Tiefbauunternehmen bei einem dänischen bzw. deutschen Gastgeber). Eine größere Wirkung und ein größeres Interesse seitens der regionalen Tiefbauunternehmen ergibt sich, wenn das Projekt vorher zwischen den interessierten Unternehmen des Stadtwerkverbundes „Energiepartner Süd“ abgesprochen wird. Wesentlich für den Erfolg des Erfahrungsaustausches ist eine sorgfältige Vorbereitung.

## **Maßnahme 6: Vorschalten von Gasturbinen im Heizkraftwerk von Daimler**

### Was?

Ersatz der bestehenden Dampfkessel durch zwei Gasturbinen V64.3A (jeweils 68,4 MW<sub>el</sub>) mit Abhitzekesseln

### Warum?

Bessere Ausnutzung der Arbeitsfähigkeit des eingesetzten Erdgases

### Klimanutzen

Sehr hoch. Wenigstens 25 Mio. m<sup>3</sup>/a Erdgas entsprechend 71.000 t CO<sub>2</sub>-Äq/a (hängt vom Vergleichskraftwerk ab, welches durch die Gasturbine verdrängt wird)

### Akteure

DaimlerChrysler, Stadtwerke, Stadt Sindelfingen für politische Unterstützung bei Genehmigungsbehörden

### Kosten

Ca. 110 Mio. DM

### Erläuterungen

Zwischen DaimlerChrysler und den Stadtwerken bestehen bereits gute Kontakte. Die Auskopplung von Fernwärme für die Stadt Sindelfingen aus dem HKW ist bereits beschlossen und auch zu dem Vorschalten von Gasturbinen gibt es positive Sondierungsgespräche. Die Realisierungschancen des Projektes sind kurzfristig stark davon abhängig, welche gesetzlichen Regelungen zur Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung verwirklicht werden und von den Strompreisen, welche die großen Stromversorger mittelfristig für Lieferungen an Stadtwerke festlegen.

An Stelle der oben empfohlenen großen Lösung ist es auch möglich, nur eine Gasturbine nachzurüsten. Auch die Wahl kleinerer Turbinen ist möglich. Probleme bei der Integration (siehe Anhang) in das bestehende HKW werden dadurch verringert. Der Klimanutzen verringert sich aber dementsprechend.

## Klimaschutzkonzept Sindelfingen

### Maßnahme 7: Gründung einer lokalen kommunalen Energieagentur

Was?

Zusammenschluss mehrerer Kommunen zur Gründung einer Energieagentur, welche die (vorhandenen) Energiebeauftragten vernetzt und Maßnahmen zur Energieeinsparung in den kommunalen Liegenschaften durchführt

Warum?

Effizienzsteigerung des kommunalen Energiemanagements durch Nutzung von Synergieeffekten

Klimanutzen (Anteil Sindelfingen)

Ca. 4.000 t CO<sub>2</sub> Äq. /a

Akteure

Stadt Sindelfingen, benachbarte Kommunen

Kosten

150.000 DM/a aufgeteilt auf die beteiligten Kommunen

Erläuterungen

Die Maßnahme hat das erfolgreiche Intracting in Stuttgart zum Vorbild. Durch Vernetzung der (vorhandenen) Energiebeauftragten der beteiligten Kommunen wird eine dem Stuttgarter Modell vergleichbare Arbeitsteilung möglich. Die Energiebeauftragten werden für einen Teil ihrer Arbeitszeit an die lokale Energieagentur abgeordnet. Diese Agentur wird von einer fachkundigen Persönlichkeit geleitet, welche von den beteiligten Kommunalverwaltungen ausgewählt und bezahlt wird.

**Maßnahme 8: Systematische Erfassung des Energiebedarfs aller öffentlichen Gebäude und Einrichtungen**

Was?

Die Energieverbrauchswerte und beheizten Flächen aller öffentlichen Einrichtungen, die nicht von der Fa. GA-tec bearbeitet werden, sollten zentral erfasst werden.

Warum?

Eine Erfassung des Energieverbrauchs ist unabdingbare Voraussetzung für die Planung von Energiesparmaßnahmen. Schwachstellen können durch Vergleich mit den Verbräuchen ähnlicher Gebäude oder durch Zeitreihen ermittelt werden.

Klimanutzen

Hoch, aber mit den vorhandenen Daten nicht quantifizierbar.

Akteure

Stadtverwaltung, Gemeinderat

Kosten

Gering, nachdem der verwaltungsinterne Ablauf geregelt ist. Die Auswertung der Daten kann von der lokalen kommunalen Energieagentur (Maßnahme 7) übernommen werden.

Erläuterungen

Seit Anfang 2000 wird durch die Firma GA-tec in 17 städtischen Gebäuden ein Energie-Controlling durchgeführt. Aber auch die von GA-tec nicht betreuten Gebäude und Einrichtungen stellen noch ein nicht zu unterschätzendes Einsparpotenzial bei Wärme und Strom dar.

Bei dem allgemein als Ansprechpartner genannten Energiebeauftragten im Hochbauamt liegen derzeit nur veraltete Schätzwerte über den Energieverbrauch der städtischen Liegenschaften des Jahres 1995 vor. Dieser unbefriedigende Zustand ist vorrangig zu verbessern, ggf. durch Bereitstellung zusätzlicher Personalkapazität.

## Klimaschutzkonzept Sindelfingen

### Maßnahme 9: Verbesserung der Wärmedämmung von öffentlichen Gebäuden

Was?

An zahlreichen Gebäuden sollte die Wärmedämmung verbessert werden.

Warum?

Es ist die effizienteste Art, Energie einzusparen

Klimanutzen

Rund **10.000 t/a CO<sub>2</sub>-Äquivalente**, wenn bei den größten Objekten, wie Rathäusern, Schulen, Sportstätten und Bürgerzentren die Einsparpotenziale konsequent ausgenutzt werden (Bedarfsminderung um 45 %); Referenz ist der Staus quo.

Akteure

Stadtverwaltung Sindelfingen, Hochbauamt

Kosten

Kosten sind nicht ohne weiteres anzugeben, da Geometrie und Wandaufbau der Gebäude im Einzelnen nicht untersucht wurden.

Erläuterungen

**Maßnahme 10: Zusätzliche Anreize für Wärmedämmmaßnahmen in den Baualtersklassen C, D und E**

Was?

Zusätzlich zum Bundesprogramm, stellt die Stadt Sindelfingen zusätzliche finanzielle Anreize für Wärmedämmmaßnahmen an Wohngebäuden aus den Jahren 1949 bis 1978 zur Verfügung.

Warum?

Die Verbesserung des passiven Wärmeschutzes ist bei den Gebäuden aus den 50er-, 60er- und 70er-Jahren vorrangig, da in diesem Teil des Bestands Sanierungen auf Grund des Alters der Gebäude anstehen, die nicht ohne wesentliche Steigerung des Dämmstandards verstreichen sollten.

Klimanutzen

**13.800 t/a CO<sub>2</sub>-Äquivalente** wenn insgesamt 819 Gebäude wärmegeklämt werden; Referenz: Status quo ohne verbesserte Wärmedämmung bei gleichem Brennstoffmix

Akteure

Stadt, Hausbesitzer

Kosten

78 Mio. DM Investitionskosten; 23,6 Mio. DM Mehrkosten für Dämmmaßnahmen

Erläuterungen

Auf die Baualtersklassen C (1949-1957), D (1958-1968) und E (1969-1978) verteilen sich in Sindelfingen insgesamt 5.430 Wohngebäude, das sind 65 % des gesamten Bestands. Genau diese Gebäude weisen jedoch auch einen sehr schlechten passiven Wärmeschutz auf. Zusätzliche Dämmmaßnahmen bieten somit ein großes Einsparpotenzial.

In ihren Beschlüssen zur Klimapolitik letzten September hat die Bundesregierung zusätzlich 400 Mio. DM pro Jahr bereitgestellt, um die Verbesserung der Wärmedämmung in privaten Wohngebäuden zu fördern. Dieses Angebot muss von der Stadt Sindelfingen verstärkt werden, um Maßnahmen an den Häusern durchzuführen, an denen sowieso eine Sanierung ansteht und die ein hohes Einsparpotenzial aufweisen. Die derzeit hohen Ölpreise wirken sich selbstverständlich ebenso positiv aus.



# Klimaschutzkonzept Sindelfingen

## Maßnahme 11: Herkunft der Stromlieferungen offen legen

Was?

Angabe der Stromquellen einschließlich der zugehörigen Schadstoffemission als Anlage zu jeder Stromrechnung

Warum?

Transparenz für den Kunden. Abwehr von Atom- und Billigstrom (-importen)

Klimanutzen

Potenziell hoch, da ein Strukturwandel zu Gunsten von umweltfreundlicher Stromerzeugung begünstigt wird

Akteure

Stadtwerke, Stromkunden (insbesondere Haushaltskunden)

Kosten

Sehr gering

Erläuterungen

Transparenz bei Strombezug wirkt tendenziell Kunden bindend (möglicher Slogan: „Wir spielen mit offenen Karten“), sofern dem Kunden damit der Eindruck vermittelt wird, einen positiven Beitrag zu Klima- und Umweltschutz zu leisten. Erst durch das hier vorgeschlagene Offenlegen von Qualitätsmerkmalen erhält der Endkunde die Möglichkeit, die Zusammensetzung des Kraftwerkparcs mit zu beeinflussen. Ein Splitten der Tarife in Qualitäts- und Billigstrom wird nicht empfohlen, da auf die Dauer auch den Kunden nicht verborgen bleiben wird, dass dies häufig durch rechnerische Neuordnung ohnehin zu verkaufender Strommengen geschieht, d.h. ohne positive Rückwirkungen auf die Stromerzeugung und den Klimaschutz. Vom Vorlieferanten ist zu verlangen, dass dieser in geeigneter Form die Herkunft des weiter zu verteilenden Stromes bestätigt. Eine Offenlegung der Strombezugsquellen nicht nur beim Verkauf von Strom aus erneuerbaren Quellen wurde bereits vom europäischen Parlament gefordert. In den Weststaaten der USA wurden bereits unter Mitwirkung des „National Council on Competition“ standardisierte Formulare zur Information der Endkunden entwickelt (**Abbildung 3.1**).

ELECTRICITY FACTS																			
<p><b>AVERAGE BILL</b> Average monthly bills for varying levels of use. Bills do not include regulated charges for delivery or other services.</p>	Avg. Monthly Use	250 kWh	500 kWh	1000 kWh	2000 kWh														
	Avg. Generation Bill*	<b>\$25.00</b>	<b>\$50.00</b>	<b>\$100.00</b>	<b>\$200.00</b>														
<p>Your actual bill will depend on future market conditions and prices and could be substantially higher or lower. The average bills shown above are based on average</p>																			
<p><b>CONTRACT</b> See your contract Terms of Service for more information</p>	<p><b>Minimum length:</b> 2 years</p>		<p><b>Price Changes:</b> Variable prices based on market conditions</p>																
<p><b>SUPPLY MIX</b> The electricity to supply this product this year will be obtained from these sources.</p>	<table border="1"> <tr><td>Renewable</td><td>5%</td></tr> <tr><td>Coal</td><td>65%</td></tr> <tr><td>Hydro (non low-impact)</td><td>10%</td></tr> <tr><td>Natural Gas</td><td>5%</td></tr> <tr><td>Nuclear</td><td>10%</td></tr> <tr><td>Other</td><td>5%</td></tr> <tr><td><b>Total</b></td><td><b>100%</b></td></tr> </table>					Renewable	5%	Coal	65%	Hydro (non low-impact)	10%	Natural Gas	5%	Nuclear	10%	Other	5%	<b>Total</b>	<b>100%</b>
Renewable	5%																		
Coal	65%																		
Hydro (non low-impact)	10%																		
Natural Gas	5%																		
Nuclear	10%																		
Other	5%																		
<b>Total</b>	<b>100%</b>																		
<p><b>Environment</b> Spent nuclear fuel, nitrogen oxides (NOx), sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>), carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), and hydro impacts relative to regional average.</p>	<table> <tr><td>Spent Nuclear Fuel</td><td>~0.8</td></tr> <tr><td>Nitrogen Oxides</td><td>~0.3</td></tr> <tr><td>Sulfur Dioxide</td><td>~0.6</td></tr> <tr><td>Carbon Dioxide</td><td>~1.1</td></tr> <tr><td>Hydro Impacts</td><td>~0.5</td></tr> </table> <p>Percentage Of Regional Average</p>					Spent Nuclear Fuel	~0.8	Nitrogen Oxides	~0.3	Sulfur Dioxide	~0.6	Carbon Dioxide	~1.1	Hydro Impacts	~0.5				
Spent Nuclear Fuel	~0.8																		
Nitrogen Oxides	~0.3																		
Sulfur Dioxide	~0.6																		
Carbon Dioxide	~1.1																		
Hydro Impacts	~0.5																		

Abbildung 3.1: Entwurf für ein standardisiertes Informationsblatt für Stromkunden

# Klimaschutzkonzept Sindelfingen

## Maßnahme 12: Benchmarking für Unternehmen

Was?

Gratisinformationen der Unternehmen zur Einschätzung ihres Energieverbrauchs

Warum?

Steigerung des Interesses am Klimaschutz. Anstoß für Verbesserungen bei Unternehmen mit vergleichsweise hohem Energieverbrauch

Klimanutzen

Mittel

Akteure

Stadtwerke, Unternehmen

Kosten

Gering

Erläuterungen

Als zusätzlicher Service der Stadtwerke dient diese Maßnahme auch der Kundenbindung. Wenn es gelingt, den Energiekennwert als Indikator für vorausschauende Innovationsfähigkeit zu kommunizieren, so steigt der Nutzen für den Klimaschutz. Die Teilnahme am Benchmarking ist freiwillig. Die Stadtwerke benötigen dazu von den Unternehmen Angaben zur Beschäftigtenzahl und der Branche. Bei an das Gasnetz angeschlossenen Betrieben werden des Weiteren Angaben zur beheizten Fläche und zum Anteil von Heizöl und Prozesswärme am gesamten Brennstoffbedarf benötigt. Diese Daten sind zu speichern und bei Rechnungsstellung automatisch mit den aktuellen Verbraucherwerten zu verknüpfen. Der Kunde erhält als Rückmeldung seine spezifischen Verbräuche im Vergleich zu Branchenmittelwerten. Wenn genügend Daten gesammelt wurden, sind auch anonyme Vergleiche mit den übrigen Unternehmen Sindelfingens oder des Stadtwerkeverbunds Süd-West Strom oder Energiepartner Süd möglich. Sinngemäß kann diese Maßnahme auch auf private Haushalte übertragen werden.

### **Maßnahme 13: Unterstützung von mittelständischer Industrie und Kleinverbrauch bei intelligenter Energienutzung**

#### Was?

Einrichtung einer Halbtagsstelle für Kurzberatungen und als Ansprechpartner in Energiefragen für Industrie, Handel und Dienstleistung. Die Beratung ist formlos, bevorzugt telefonisch und kostenfrei.

#### Warum?

Kleine mittelständische Betriebe können sich keine eigene Fachkompetenz für die rationelle Energienutzung leisten. Mit Hilfe des Ansprechpartners kann kurz und situationsgerecht entschieden werden, welche Maßnahmen konkret möglich und sinnvoll sind und auf welchem Wege sie am besten weiter verfolgt werden können.

#### Klimanutzen (Anteil Sindelfingen)

Ansteigend bis auf 18 GWh/a im Jahr 2010 entsprechend 8.000 t CO<sub>2</sub> Äq./a.

#### Akteure

Gewerbe- und Handelsverein Sindelfingen, übrige Unternehmer- und Handwerkervereinigungen, Stadt Sindelfingen, weitere Kommunen im Landkreis Böblingen

#### Kosten

80.000 DM/a aufgeteilt auf die beteiligten Kommunen

#### Erläuterungen

Das in kleineren, wenig energieintensiven Unternehmen brachliegende Potenzial zur intelligenten Energienutzung wird zum großen Teil auf Grund von Wissensdefiziten nicht genutzt. Aufgabe einer Initialberatung ist es, die dem Fragenden in seiner Situation sinnvollen Maßnahmen zu erläutern und Wege (z.B. weitere, dann kostenpflichtige Beratung) aufzuzeigen, wie diese umgesetzt werden können. Der Berater muss in der Lage sein, sich einen schnellen Überblick zu verschaffen und Wesentliches von Unwesentlichem zu trennen. Die Beratung hat aus Sicht des Unternehmens zu erfolgen und die Hemmschwelle für eine Anfrage muss niedrig sein. Dies wird erreicht, wenn der Berater bei einem der Unternehmensverbände angestellt ist. Aus derzeitiger Sicht kann die Stelle im Bereich des City-Marketing angesiedelt sein.

Realisierungschancen werden dieser Maßnahme nur eingeräumt, wenn die zu schaffende Stelle von dritter Seite, also insbesondere der Stadt Sindelfingen bezuschusst wird. Der Zuschuss kann vermindert werden, nachdem der wirtschaftliche Nutzen dieser Stelle für die Unternehmen nachgewiesen ist.

Außerdem wird eine Kooperation mit weiteren Kommunen im Landkreis Böblingen empfohlen, da erste Abschätzungen ergeben, dass die beratende Fachkraft durch die zu erwartenden Anfragen der ca. 2.000 Sindelfinger Unternehmen bei maximal 2 Stunden Zeitaufwand für eine kostenlose Initialberatung nicht ausgelastet sein wird.

## **Klimaschutzkonzept Sindelfingen**

Eine derartige Stelle ist nur dann sinnvoll, wenn in der Unternehmenschaft Interesse vorhanden ist. Dies kann im Rahmen einer Veranstaltung zur intelligenten Energienutzung geprüft werden (siehe nachfolgende Maßnahme 13a).

Mittelfristig ist es möglich, die Initialberatung in eine lokale Energieagentur, wie sie in Maßnahme 7 empfohlen wird, zu integrieren.

**Maßnahme 13a: Organisation einer Veranstaltung zur intelligenten Energienutzung**

Was?

Abendveranstaltung zum Thema intelligente Energienutzung in Betrieben

Warum?

1. Förderung der Kommunikation zwischen Unternehmen, Motivation für klimaschonende Maßnahmen, Schließung von Wissenslücken
2. Vorbereitung für Maßnahme 13

Klimanutzen

Nicht quantifizierbar (siehe auch Maßnahme 13)

Akteure

Stadt Sindelfingen, Gewerbe- und Handelsverein Sindelfingen, übrige Unternehmer- und Handwerksvereinigungen

Kosten

Gering

Erläuterungen

Erste Gespräche wurden bereits mit dem GHW, der IHK, dem Bund Selbstständiger, dem Obmann der Kreishandwerkerschaft und der Ingenieurskammer geführt. Der Vorsitzende des GHV hält die Organisation der Veranstaltung im Rahmen der regelmäßig stattfindenden Stammtische des GHV für möglich. Die übrigen genannten Organisationen sind bereit, als Mitveranstalter aufzutreten und Adressen zur Verfügung zu stellen. Besonders begrüßt wird, wenn der OB mit zu der Veranstaltung einlädt und auch daran teilnimmt.

Als Thema für einen Fachvortrag bietet sich ein Überblick über die Möglichkeiten intelligenter Energienutzung mit vertiefter Berücksichtigung der in Sindelfingen weit verbreiteten Druckluftanlagen an. Lokale Beispiele erfolgreicher Maßnahmen sind wichtig. Es darf aber nicht der Eindruck einer Werbeveranstaltung für einzelne Energieberater entstehen.

# Klimaschutzkonzept Sindelfingen

## Maßnahme 14: Solarthermisches Demonstrationsprojekt

Was?

Installation einer kostengünstigen solaren Großanlage

Warum?

Förderung einer zukunftsorientierten, vergleichsweise wettbewerbsfähigen Technologie

Klimanutzen

55-165 t CO<sub>2</sub>-Äq./a in Abhängigkeit von der Größe der Anlage

Akteure

Stadt, Stadtwerke, engagierte Gebäudeeigentümer

Kosten

400.000-900.000 DM in Abhängigkeit von der Größe der Anlage

Erläuterungen

Die Maßnahme ist, gemessen an den heutigen Brennstoffkosten, unwirtschaftlich. Sie ist aber geeignet, Entwicklungen zu beschleunigen, welche die Solarenergie auch aus betriebswirtschaftlicher Sicht konkurrenzfähig machen. Geeignete, am besten kommunale Objekte müssen noch identifiziert werden, dabei sind kommunale Gebäude außerhalb der mit Fernwärme versorgten Gebiete zu bevorzugen.

## Maßnahme 15: PV-Anlagen auf öffentlichen Dächern

### Was?

Die Stadt stellt auf Dächern öffentlicher Gebäude Flächen zur Verfügung (Vermieten) zum Bau von PV-Gemeinschaftsanlagen (Betreiberesellschaften)

### Warum?

Bau von größeren PV-Anlagen, die nach den Bedingungen des EEG ohne weitere Zuschüsse von Betreiberesellschaften wirtschaftlich betrieben werden können

### Klimanutzen

**100 t/a CO<sub>2</sub>-Äquivalente** bei einer Anlagenleistung von **200 kW**; Referenz: Strommix BRD

### Akteure

Stadt, private Betreiberesellschaften

### Kosten

keine, im Gegenteil die Stadt erhält Mieteinnahmen

### Erläuterungen

Durch den im EEG festgelegten Vergütungssatz für PV-Strom und die zusätzlich angebotenen zinsverbilligten Kredite nach dem 100.000 Dächer Programm bzw. dem CO<sub>2</sub>-Minderungsprogramm der KfW, ist für die PV eine dynamische Anschubentwicklung möglich. Durch das Vermieten größerer, öffentlicher Dachflächen, könnte auch die Stadt Sindelfingen einen Teil zu dieser Entwicklung beitragen.



# Klimaschutzkonzept Sindelfingen

## Maßnahme 16: Nutzung der Windenergie

Was?

Errichtung einer 1,5 MW Windkraftanlage auf der ehemaligen Kreismülldeponie Dachsklinge.

Warum?

Wenn es einen Sinn macht, in Sindelfingen Windenergie zu nutzen, dann ist die Mülldeponie voraussichtlich der einzige Standort, wo die Windverhältnisse ausreichen.

Klimanutzen

Ohne Kenntnis des Windangebots nicht quantifizierbar.

Akteure

Stadtwerke, Landkreis

Kosten

3,5 Mio. DM für Windkraftanlage; ca. 30.000 DM für einjährige Windmessung

Erläuterungen

Der Windatlas Baden-Württemberg weist das Gebiet der Gemarkung Sindelfingen mit einer mittleren Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe von weniger als 1,5 m/s aus. Auf Grund des erhöhten Standortes erscheint die Dachsklinge als die einzige Möglichkeit im Stadtgebiet, Windenergie zu nutzen.

Vor Installation der Anlage ist jedoch eine ausführliche Standortevaluierung notwendig, am besten mit einer einjährigen Messung der Windgeschwindigkeit in möglichst großer Höhe.

## 4 Zusammenfassung

### Ausgangslage

Als Mitglied des Klimabündnisses strebt die Stadt Sindelfingen eine Minderung ihrer CO<sub>2</sub>-Emissionen um 50 % bis zum Jahr 2010 an. Seit der Neugründung der Stadtwerke vor zwei Jahren wurden mit dem energischen Ausbau des Fernwärmenetzes und der Nutzung von freien Kapazitäten im Heizkraftwerk von Daimler bereits entschiedene Schritte in dieser Richtung unternommen.

### Leitlinien

Einerseits soll mit dem vorliegenden Klimaschutzkonzept der Kommune ein Leitfaden an die Hand gegeben werden, mit dem ein verstärktes und effektives Engagement der Kommune zugunsten des Klimaschutzes gefördert wird. Andererseits soll die bereits erkennbare positive Strategie der Stadtwerke unterstützt und im Sinne des Klimaschutzes verfeinert werden. In Absprache mit dem Auftraggeber wurde der Zeithorizont bis 2005 vertieft bearbeitet. Daher nimmt die verstärkte Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung, die verbesserte Gebäudedämmung und das hohe Potenzial der rationellen Energienutzung in kleinen und mittleren Unternehmen in dieser Untersuchung den meisten Raum ein. Für eine langfristig unumgängliche Strategie zur verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien werden nur die ersten Schritte beschrieben. Diese sollten aber trotz der vergleichsweise hohen Kosten bereits jetzt ergriffen werden.

### Heutiger Stand

Ausgangspunkt eines jeden Klimaschutzkonzeptes ist die Analyse des aktuellen Energieverbrauchs. **Abbildung 4.1** zeigt die Verbrauchswerte für die verschiedenen Anwendungsgebiete, **Abbildung 4.2** die damit verbundenen Emissionen von klimaschädlichen Gasen. Der Endenergiebedarf liegt insgesamt bei knapp 3 000 GWh/a, woran der Stromverbrauch einen Anteil von gut 800 GWh/a (ohne Stromeinsatz im Verkehr) hat. Die Angaben zum Verkehr enthalten nur den Energieverbrauch und die Emissionen, die den Sindelfinger Bürgern zugerechnet werden können (auch außerhalb der Stadt), nicht aber den auf die Einpendler entfallenden Anteil.

In **Abbildung 4.2** sind außer den direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen auch die in CO<sub>2</sub>-Äquivalente umgerechneten Emissionen der übrigen klimawirksamen Gase (z.B. Methan) und die vorgelagerten Prozessketten für Energieerzeugung und Transport (z.B. Methanverluste im Erdgasnetz) enthalten. Insgesamt werden aufgrund des Energieverbrauchs in Sindelfingen 1,16 Mio.t an CO<sub>2</sub>-Äquivalenten emittiert, davon entfallen 45 % auf DaimlerChrysler.

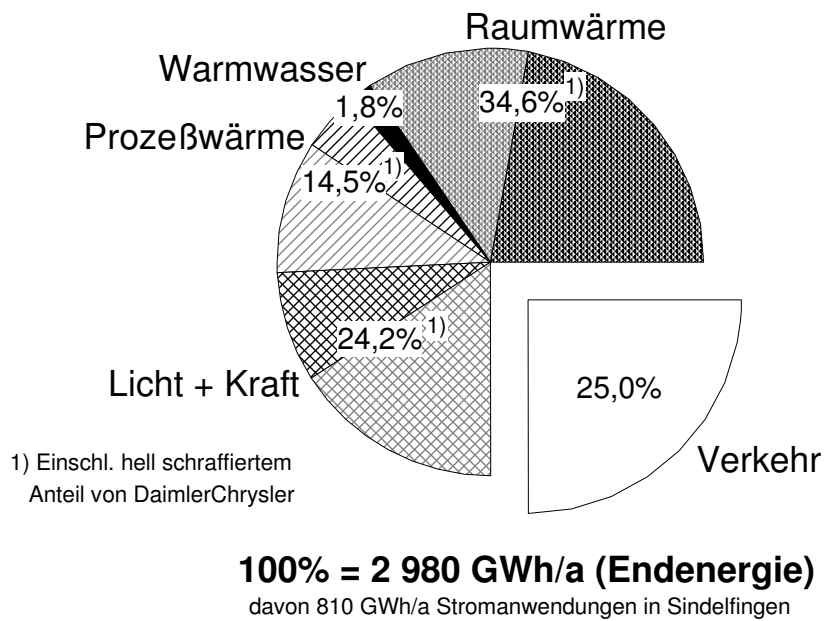
### Ergebnisse

Die wichtigsten Möglichkeiten, CO<sub>2</sub> einzusparen, einschließlich der zugehörigen Kosten sind in **Abbildung 4.3** dargestellt. Bis 2005 können mit den im vorliegenden Bericht dargestellten 16 Maßnahmen bis zu 255 000 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente eingespart werden. Das sind 26 % der heutigen Emissionen außerhalb des Verkehrssektors<sup>22</sup>. Eine entscheidende Rolle spielt dabei die Integration des Heizkraftwerks von DaimlerChrysler in die Energieversorgung der Kommune. Aktive Schritte in diese Richtung wurden bereits von den neuen Stadtwerken unternommen.

---

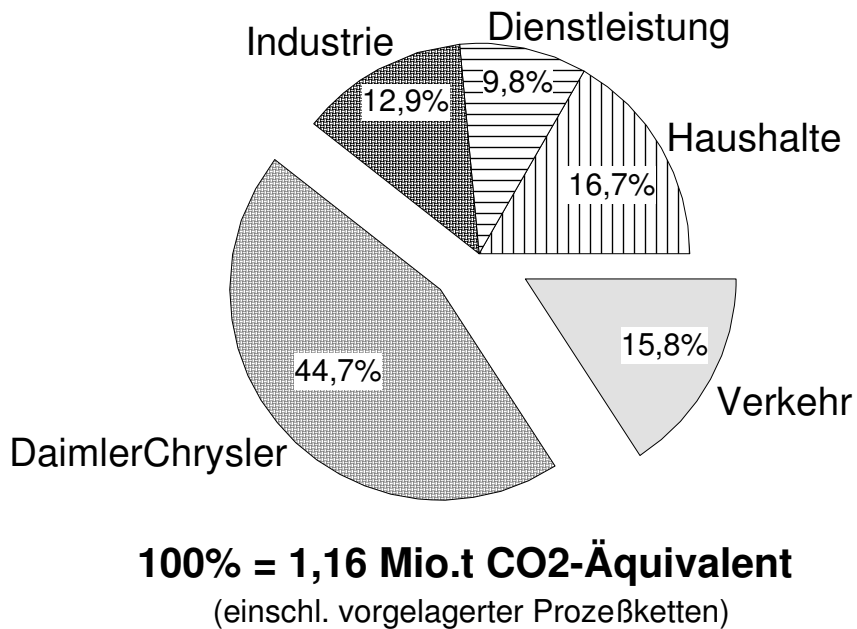
<sup>22</sup> Die Analyse des Verkehrs war nicht Aufgabe dieses Gutachtens.

## Klimaschutzkonzept Sindelfingen



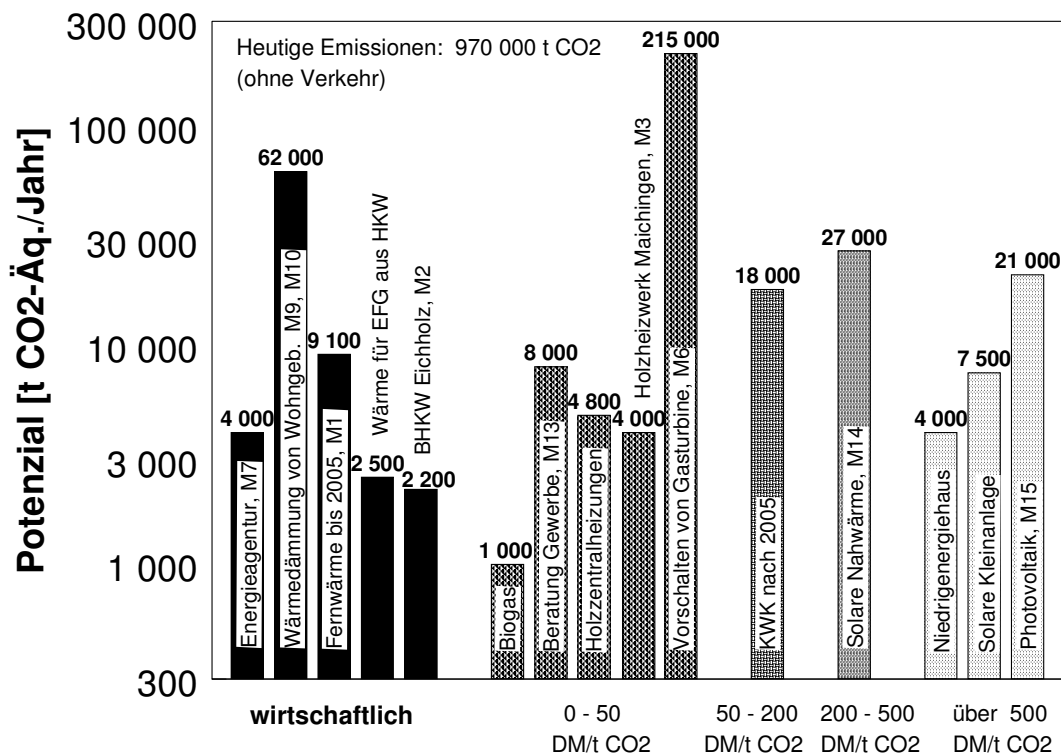
En-Bilanz.pre

Abbildung 4.1: Endenergieverbrauch in Sindelfingen nach Anwendungen (1999)



CO<sub>2</sub>-Bil.pre

Abbildung 4.2: Klimagasbilanz für Sindelfingen



potkos.pre

**Abbildung 4.3: Potenzial für CO<sub>2</sub>-Einsparungen in Sindelfingen aufgeteilt nach Kosten je Tonne eingespartem CO<sub>2</sub>**

### Anforderungen an die Akteure

Die formulierten Maßnahmen wenden sich naturgemäß in erster Linie an die Auftraggeber, also an die Kommune und die Stadtwerke. Die wirkungsvollsten Maßnahmen sind aber nur in Kooperation mit weiteren Akteuren realisierbar. Dies ist für die Kommune offensichtlich der Fall, wenn in Zusammenarbeit mit benachbarten Gemeinden die Gründung einer „lokalen kommunalen Energieagentur“ angestrebt wird oder wenn eine von den mittelständischen Unternehmen voll akzeptierte Energieberatung initiiert werden soll. Für die Stadtwerke wird neben der selbstverständlichen Pflege der Kontakte zu DaimlerChrysler empfohlen, auch die privaten Kunden im Sinne des Klimaschutzes anzusprechen. Dazu gehören die Offenlegung der Quellen des Strombezugs und – auch als Weichenstellung für eine langfristig zunehmende Nutzung von erneuerbaren Energien – die Werbung für eine verstärkte Akzeptanz für zukunftsorientierte Nah- und Fernwärmeanschlüsse. Überzeugungskraft und persönliches Engagement für den Klimaschutz seitens der Führungskräfte und Mitarbeiter in Kommune und Stadtwerken sind eine wesentliche Voraussetzung für eine erfolgreiche Einbindung der übrigen Akteure.

Mit dem Beitritt zum Klimabündnis hat sich Sindelfingen ein notwendiges und anspruchsvolles Ziel gesetzt, das hohe Anforderungen an alle Beteiligten stellt. Das vorliegende Klimaschutzkonzept zählt kurzfristige Bausteine auf und umreist langfristige Entwicklungslinien, welche der Verwirklichung dieses Zieles dienen.

# Klimaschutzkonzept Sindelfingen

## 5 Literatur

- Amt für Umweltschutz 1998 R. Koenigsdorff et al.: Zukunftsorientiertes Energiekonzept für das Projekt „Stuttgart 21“. Amt für Umweltschutz (Hrsg.). Bearbeitet durch DS-Plan GmbH und Fichtner GmbH & Co. KG im Auftrag des Amtes für Umweltschutz und der Neckarwerke Stuttgart 1998.
- Bernauer 1996 D. Bevers, R. Mundle und H. Bernauer: Was bedeutet 50 % CO<sub>2</sub>-Einsparung? Grundlagenpapier und Grobkonzept Energie für die Stadt Sindelfingen. Sindelfingen 1996
- BHKW-Plan F. Steinborn et al.: BHKW-Plan – Programm zur wirtschaftlichen Auslegung und Planung von Blockheizkraftwerken; Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung, Baden-Württemberg (ZSW); Version 1.03 Januar 2000.
- BMWI 1999 Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie: Energiedaten 1999.
- Carpetis 2000 C. Carpetis: Globale Umweltvorteile bei Nutzung von Elektroantrieben mit Brennstoffzellen und/oder Batterien im Vergleich zu Antrieben mit Verbrennungsmotor. DLR-Interner Bericht 200044417400, 135 Seiten. Stuttgart, April 2000.
- Carpetis/Nitsch 1999 C. Carpetis und J. Nitsch: Neue Antriebskonzepte im Vergleich. MTZ Motortechnische Zeitschrift 60 (1999). S. 94-99.
- EnSan 1997 EnSan – Förderkonzept zur energetischen Verbesserung der Bausubstanz im Rahmen des 4. Programms Energieforschung und Energietechnologien; Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie; Oktober 1997.
- ExWoSt 1997 H. Böhnisch, M. Nast et al.: ExWoSt – Schadstoffminderung im Städtebau – Modellvorhaben dörfliche Bebauung Wiernsheim; Band 36 der Reihe: Örtliche und regionale Energieversorgungskonzepte; Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung; Bonn 1998.
- GEMIS 1999 U. Fritsche, L. Rausch, et. al.: Gesamt-Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS) Version 3.1; Ein Computerinstrument zur Umwelt- und Kostenanalyse von Energie-Transport- und Stoffsystemen im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit; Darmstadt/Freiburg/Berlin 1999.
- Heidelberg 1992 M. Schmidt et al.: Handlungsorientiertes, kommunales Konzept zur Reduktion von klimarelevanten Spurengasen für die Stadt Heidelberg – Endbericht; Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu); Heidelberg Juli 1992.
- ISI 1999 „Erfolgsfaktoren und Hemmnisse rationeller Energienutzung in Industrie und Gewerbe“. BINE profi info IV/1999.
- ISI 2000 H. Bradke et al.: Rationelle Energieverwendung. BWK Bd. 52 (2000) Nr. 4.
- Jochem 1996 E. Jochem und H. Bradke: Energieeffizienz, Strukturwandel und Produktionsentwicklung der deutschen Industrie. Monographien des Forschungszentrums Jülich, Band 19/1996.
- Joos 2000 M. Joos: Mündlicher Beitrag zum kommunalen Klimaschutzkongress Güglingen 2000 am 12.10.2000.
- Kienzlen 1996 V. Kienzlen: Stadtinterne Finanzierung energiesparender Maßnahmen: Das Stuttgarter Modell. Wärmetechnik 5/1996, S. 272-277.

## Literatur

- Kienzlen 1998 V. Kienzlen: Kommunales Energiemanagement in Stuttgart – Beispiele und Ergebnisse. VDI-Berichte 1424, S. 5-14, VDI-Verlag Düsseldorf 1998.
- LfU 1994 M. Loistl et al.: Solar- und Windenergieatlas Baden-Württemberg; Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg; Karlsruhe Dezember 1994.
- Ostertag 1998 K. Ostertag et al.: Energie erfolgreich rationeller nutzen – neue Chancen für die Wirtschaft. VDI-Berichte Nr. 1385, S. 1-17, Düsseldorf 1998.
- Pehnt 1999 M. Pehnt: Ökobilanz von Methanol aus Holz und Erdgas. Energiewirtschaftliche Tagesfragen 49 (1999). S. 246-252.
- Pehnt 2000 M. Pehnt: Ganzheitliche Bilanzierung von Brennstoffzellen in der Energie- und Verkehrstechnik. Dissertation in Vorbereitung. DLR- Institut für Technische Thermodynamik: Stuttgart.
- Pforzheim 1992 H. Hertle, O. Hildenbrand et al.: Energiekonzept für die Stadt Pforzheim – Endbericht. ARGE ebök/ifeu, Ingenieurberatung für Energieberatung, Haustechnik und ökologische Konzepte; Institut für Energie- und Umweltforschung; Heidelberg/Tübingen, April 1992.
- Prognos 1998 „Klimaschutzgutachten für das Saarland“. Materialband 3, Einsparpotentiale und Umsetzungskonzepte für den Bereich Energie (bearbeitet von Öko-Institut und Wuppertal-Institut). Untersuchung im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Energie und Verkehr. Freiburg und Wuppertal 1998.
- Rünzi 1997 M. Rünzi: Klimawirkung landwirtschaftlicher Biogasanlagen – Versuch einer monetären Bewertung. Landinfo 8/97.
- Waiblingen 1998 H. Böhnisch, H. Seul: Klimaschutzgutachten Waiblingen; Untersuchung im Auftrag der Stadt Waiblingen; Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung, Baden-Württemberg (ZSW); Stuttgart/Waiblingen Juli 1998
- Wohnstätten 2000 Mündliche Auskunft der Sindelfinger Wohnstätten GmbH vom 11. Dezember 2000.
- Wortmann 1999 K. Wortmann and K. Schuster: The behavioural approach to energy conservation: An opportunity still not taken by energy policy. Proceedings of the 1999 summer study of the European Council for an energy-efficient economy (ECEEE). Mandelien 1999.
- ZfK 1999 „Stromkosten nicht wichtig?“. ZfK Mai 1999, S. 13.