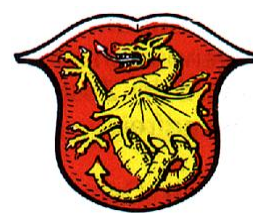
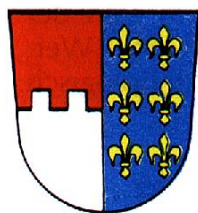




# Integriertes Klimaschutzkonzept der Kommunen Fraunberg, Berglern, Langenpreising und Wartenberg



„Gefördert vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages“

Förderkennzeichen 03KS2776

## **Integriertes Klimaschutzkonzept der Kommunen Fraunberg, Berglern, Langenpreising und Wartenberg**

### **Auftraggeber:**

Verwaltungsgemeinschaft Wartenberg  
Marktplatz 8  
85456 Wartenberg

### **Auftragnehmer**

Institut für Energietechnik (IfE) GmbH  
an der Hochschule Amberg-Weiden  
Kaiser-Wilhelm-Ring 23  
92224 Amberg

### **Bearbeitungszeitraum:**

Januar 2012 bis Dezember 2012

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung, Hintergrund und Zielsetzung .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Die Energie- und CO<sub>2</sub>-Emissionsbilanz im Ist-Zustand .....</b>	<b>9</b>
2.1	Allgemeine Daten zum Einzugsgebiet .....	10
2.1.1	Geographische Lage .....	10
2.1.2	Flächenverteilung .....	11
2.1.3	Bevölkerung .....	12
2.1.4	Wohngebäudebestand .....	13
2.2	Die Charakterisierung der Verbrauchergruppen .....	14
2.2.1	Private Haushalte .....	14
2.2.2	Kommunale Liegenschaften .....	14
2.2.3	Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie (GHDI) .....	15
2.2.4	Verkehr (Kraftfahrzeuge) .....	15
2.3	Datengrundlage zur Ermittlung des energetischen Ist-Zustandes.....	16
2.3.1	Der Erdgasbedarf .....	16
2.3.2	Der elektrische Energiebedarf .....	16
2.3.3	Der fossile, nicht-leitungsgebundene Energiebedarf.....	16
2.3.4	Der Anteil bereits genutzter Erneuerbarer Energien im Ist-Zustand.....	17
2.4	Der Endenergieverbrauch in den einzelnen Verbrauchergruppen .....	21
2.4.1	Private Haushalte .....	21
2.4.2	Kommunale Liegenschaften .....	22
2.4.3	Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie .....	23

2.4.4	Verkehr (Kraftfahrzeuge) .....	24
2.4.5	Zusammenfassung .....	26
2.5	Der Primärenergieeinsatz und der CO <sub>2</sub> -Ausstoß in den einzelnen Verbrauchergruppen .....	28
<b>3</b>	<b>Potentialbetrachtung zur Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen .....</b>	<b>31</b>
3.1	Grundlegende Strategiefanalyse .....	31
3.2	Analyse der demographischen Aspekte .....	32
3.3	Potentiale zur Energieeinsparung und Steigerung der Energieeffizienz .....	34
3.3.1	Potentialbetrachtung im Bereich der privaten Haushalte .....	34
3.3.2	Potentialbetrachtung im Bereich der kommunale Liegenschaften .....	39
3.3.3	Potentialbetrachtung im Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie .....	42
3.3.4	Potentialbetrachtung im Bereich Straßenverkehr / Kraftfahrzeuge .....	47
3.3.5	Zusammenfassung .....	49
3.4	Potentiale zum Einsatz Erneuerbarer Energien .....	51
3.4.1	Photovoltaik und Solarthermie .....	52
3.4.2	Biomasse .....	56
3.4.3	Windkraft .....	63
3.4.4	Wasserkraft .....	64
3.4.5	Geothermie .....	65
3.4.6	Zusammenfassung .....	68
<b>4</b>	<b>Szenarien bis zum Jahr 2030 .....</b>	<b>69</b>
4.1	Strom .....	69

4.2 Wärme .....	71
4.3 Verkehr .....	73
4.4 Die CO <sub>2</sub> -Minderungspotentiale .....	74
<b>5 Regionalwirtschaftliche Aspekte .....</b>	<b>76</b>
5.1 Prognostizierte Investitionskosten.....	76
5.1.1 Energieeffizienz.....	76
5.1.2 Erneuerbare Energien .....	79
5.2 Kommunale Wertschöpfung durch den Einsatz Erneuerbarer Energien.....	80
<b>6 Maßnahmenkatalog.....</b>	<b>83</b>
6.1 Maßnahmenkatalog für die Verbrauchergruppe private Haushalte.....	83
6.1.1 Sanierung der privaten Wohngebäude .....	86
6.1.2 Ausbau von Solarthermie und Photovoltaik .....	87
6.2 Maßnahmenkatalog für die Verbrauchergruppe kommunale Liegenschaften .....	88
6.3 Maßnahmenkatalog für die Verbrauchergruppe Gewerbe / Handel / Dienstleistung (GHD) und Industrie .....	92
6.4 Maßnahmenkatalog für die Verbrauchergruppe Verkehr .....	95
6.4.1 Umrüstung der kommunalen Fahrzeugflotte auf E-Mobilität .....	96
6.4.2 Ausbau von Elektroladestationen .....	96
6.5 Integration der Potentiale der Erneuerbaren Energien.....	97
6.5.1 Erstellung von Wärmekataster.....	97
6.5.2 Hinweise zu den Wärmeerzeugern.....	104

6.5.3	Erneuerung Wärmeversorgung „Schulkomplex Wartenberg“ .....	106
6.5.4	Erneuerung Wärmeversorgung „Sozialwohnungen“ in Wartenberg .....	116
6.5.5	Wärmenetz „Langenpreising“ .....	125
<b>7</b>	<b>Ausarbeitung eines Konzepts zur fortschreibbaren CO<sub>2</sub>-Bilanz mit Controlling-Konzept.....</b>	<b>136</b>
<b>8</b>	<b>Konzept zur Öffentlichkeitsarbeit .....</b>	<b>140</b>
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>144</b>
<b>10</b>	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>148</b>
<b>11</b>	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>153</b>
<b>12</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>155</b>
12.1	Energetische Bewertung eines Mustergebäudes .....	155
12.2	Effizienzsteigerung bei der Wärmeerzeugung, -verteilung und Regelung .....	162
12.3	Energieeinsparung und Effizienzsteigerung in privaten Wohngebäuden.....	165
12.4	Reduzierung bzw. Effizienzsteigerung im Stromverbrauch der Maschinen-, Anlagen- und Antriebstechnik im Sektor Industrie .....	169
12.5	Wissenschaftliche Erkenntnisse und Zukunftsszenarien im Sektor Verkehr .....	173

# 1 Einführung, Hintergrund und Zielsetzung

Der Klimaschutz nimmt mit zunehmender Verknappung von fossilen Rohstoffen, den damit verbundenen Energiepreisteigerungen und ersten erkennbaren Anzeichen eines anstehenden Klimawandels bei Weiterführung der bisherigen Energieversorgungs- und Verbrauchsstruktur einen immer größeren Stellenwert ein. Ein Umdenken in unserer Bevölkerung im Bereich der Energieversorgung hinsichtlich Energieeinsparung und der Nutzung erneuerbarer Energiequellen ist bereits deutlich zu erkennen, zumal hierbei neben den ökologischen Aspekten auch ökonomische Aspekte eine Rolle spielen.

Zur Begrenzung des Klimawandels hat sich auch die Bundesregierung im Energiekonzept vom 28. September 2010 verpflichtet. Demnach sollen die Treibhausgasemissionen in Deutschland bis zum Jahr 2020 um 40 %, bis zum Jahr 2030 um 55 % und bis zum Jahr 2050 um 80 – 95 % unter das Niveau von 1990 gesenkt werden.

Im Rahmen des von der BMU-Klimaschutzinitiative geförderten integrierten Klimaschutzkonzeptes soll eine breite Ausgangsbasis mit Handlungsempfehlungen für das weitere Vorgehen im Klimaschutz in den Kommunen Berglern, Fraunberg, Langenpreising und Wartenberg geschaffen werden.

Im Zuge einer detaillierten, gemeindespezifischen Untersuchung wird eine umfassende Bestandsaufnahme in den Verbrauchergruppen private Haushalte, Gewerbe/Handel/Dienstleistung und Industrie, kommunale Liegenschaften und dem Sektor Verkehr durchgeführt und der Gesamtenergieumsatz sowie der CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Ist-Zustand dargestellt. Darauf basierend können in den unterschiedlichen Verbrauchergruppen konkrete Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung, Energieeinsparung bzw. dem Ausbau erneuerbarer Energien entwickelt und auf ihr CO<sub>2</sub>-Einsparpotential untersucht werden. Die Potentialabschätzung mündet in einen zielgruppenspezifischen Maßnahmenkatalog mit konkreten Handlungsempfehlungen für die jeweiligen Verbrauchergruppen. Aufbauend auf den kalkulierten Energie- und Stoffströmen können Primär- und CO<sub>2</sub>-Bilanzen für unterschiedliche technische Ansätze ermittelt und dem Ist-Zustand fortschreibbar gegenüber gestellt werden.

Das integrierte Klimaschutzkonzept wird dementsprechend einen Handlungsleitfaden für die Kommunen und die einzelnen Verbrauchergruppen darstellen, um den derzeitigen Energieumsatz und CO<sub>2</sub>-Ausstoß einordnen zu können. Anhand der aufgezeigten Potentiale zur Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes können entsprechende Klimaschutzziele ausgewiesen werden. Diese sind durch die Umsetzung von konkreten Maßnahmen auch zu erreichen.

Neben dem vorrangigen Ziel der weitest gehenden Ausschöpfung der Potentiale zur Effizienzsteigerung und Energieeinsparung sollte ein weiteres Ziel der Kommunen der Ausbau der Versorgung durch nachwachsenden Rohstoffe und Energieträger aus der Region sein.

Durch Ausschöpfung der regionalen Potentiale erneuerbarer Energieträger mit deutlich besserer CO<sub>2</sub>-Bilanz als fossile Rohstoffe bleibt die Energie aus der Region in der Region und stärkt die regionale Wertschöpfung. Der Klimaschutz bietet somit die Möglichkeit regionale Arbeitsplätze zu sichern bzw. auch solche zu schaffen.

Das integrierte Klimaschutzkonzept zeigt in der Potentialanalyse auf, welche Deckungsgrade einer Selbstversorgung im Bereich der elektrischen und thermischen Energieversorgung möglich und umsetzbar sind. Darauf aufbauend können die Kommunen ihren Beitrag zu einer möglichen Vollversorgung aus Erneuerbaren Energien in ausgewählten Verbrauchergruppen definieren und dazu beitragen, die angestrebten Ziele zu erreichen.

## 2 Die Energie- und CO<sub>2</sub>-Emissionsbilanz im Ist-Zustand

Die Grundlage eines fundierten Energiekonzeptes bzw. Klimaschutzkonzeptes stellt die möglichst detaillierte Aufnahme der Energieversorgung im Ist-Zustand dar. Insbesondere wird hier die Nutzung von leitungsgebundenen und nicht-leitungsgebundenen Energieträgern für die nachfolgenden vier Sektoren erfasst.

- Private Haushalte
- Kommunale Liegenschaften
- Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie (GHDI)
- Verkehr

Die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen der einzelnen Kommunen ist jedoch nicht nur von Klimaschutzmaßnahmen in den oben aufgeführten Sektoren abhängig, sondern auch von der allgemeinen Entwicklung der Nachfrage an den verschiedenen Formen der Energie.

Um die Bilanzen im Ist-Zustand erstellen zu können, müssen daher verschiedene Entwicklungen im Voraus betrachtet werden. Allgemeine Daten, wie die geographische Lage, die Flächenverteilung, sowie die Entwicklung der Einwohnerzahlen erleichtern diese Betrachtung.

## 2.1 Allgemeine Daten zum Einzugsgebiet

In diesem Kapitel wird das Betrachtungsgebiet mit den zugehörigen Gemeinden kurz dargestellt. Es werden allgemeine Zahlen und Daten, wie z.B. die Einwohnerzahlen, die Flächenverteilung und der Gebäudebestand vorgestellt. Diese Daten bilden die Grundlage der Berechnungen, Hochrechnungen und Prognosen in den nachfolgenden Kapiteln.

### 2.1.1 Geographische Lage

In nachfolgender Studie werden folgenden Kommunen betrachtet: Gemeinde Berglern, Gemeinde Fraunberg, Gemeinde Langenpreising und Markt Wartenberg. Der Markt Wartenberg, die Gemeinde Berglern und die Gemeinde Langenpreising bilden die Verwaltungsgemeinschaft Wartenberg. Die Kommunen liegen im nördlichen Bereich des Landkreises Erding.

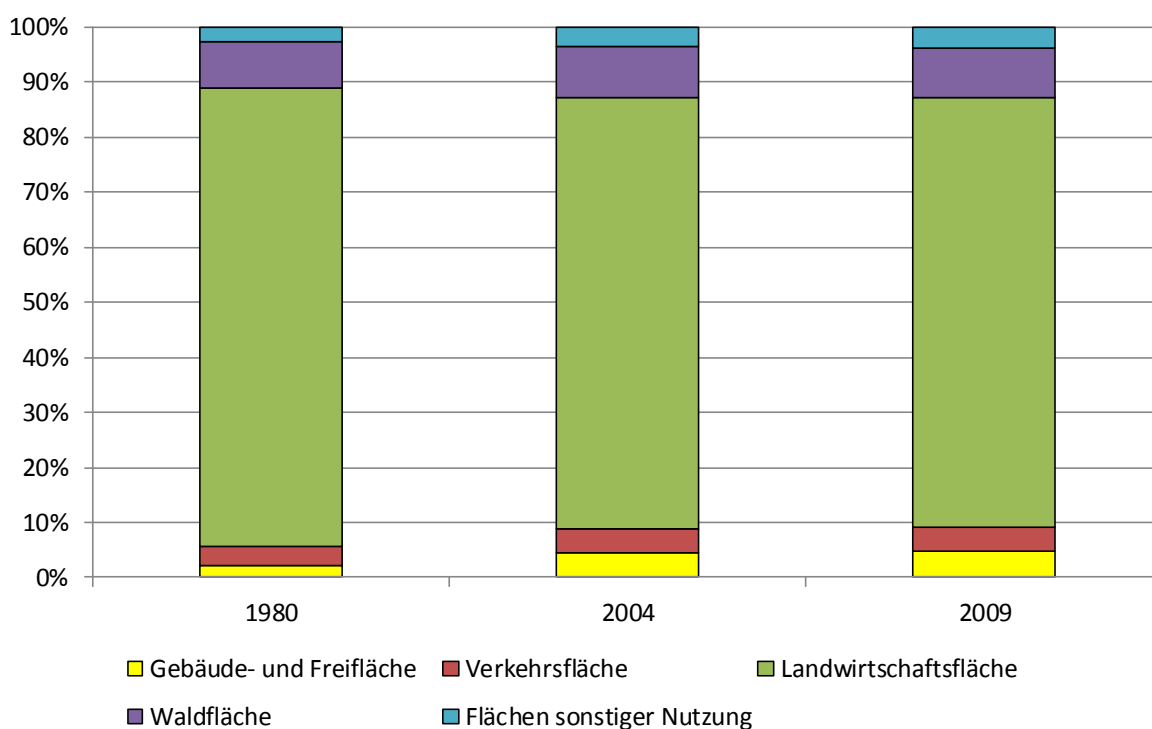


Abbildung 1: Übersicht über das Bilanzierungsgebiet [Quelle: [www.wikipedia.de](http://www.wikipedia.de)]

## 2.1.2 Flächenverteilung

Das Betrachtungsgebiet der 4 Kommunen erstreckt sich über eine Gesamtfläche von 10.763 ha (Stand 2009). Wird diese Fläche nach Nutzungsarten gegliedert, ergeben sich drei verschiedene Bereiche (Landwirtschaftsfläche, Waldfläche und sonstige Flächen). Aus energetischer Sicht sind insbesondere die land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen zur Erzeugung biogener Brennstoffe von Interesse. *[Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung]*

Betrachtet man die prozentuale Verteilung der Flächennutzung (dargestellt in Abbildung 2) so stellen die Bereiche Landwirtschafts- und Waldflächen insgesamt rund 87 % der Gesamtfläche des Betrachtungsgebietes. Der flächenmäßig hohe Anteil an landwirtschaftlicher Nutzfläche und Waldfläche erscheint für die Nutzung heimischer Biomasse vorteilhaft.



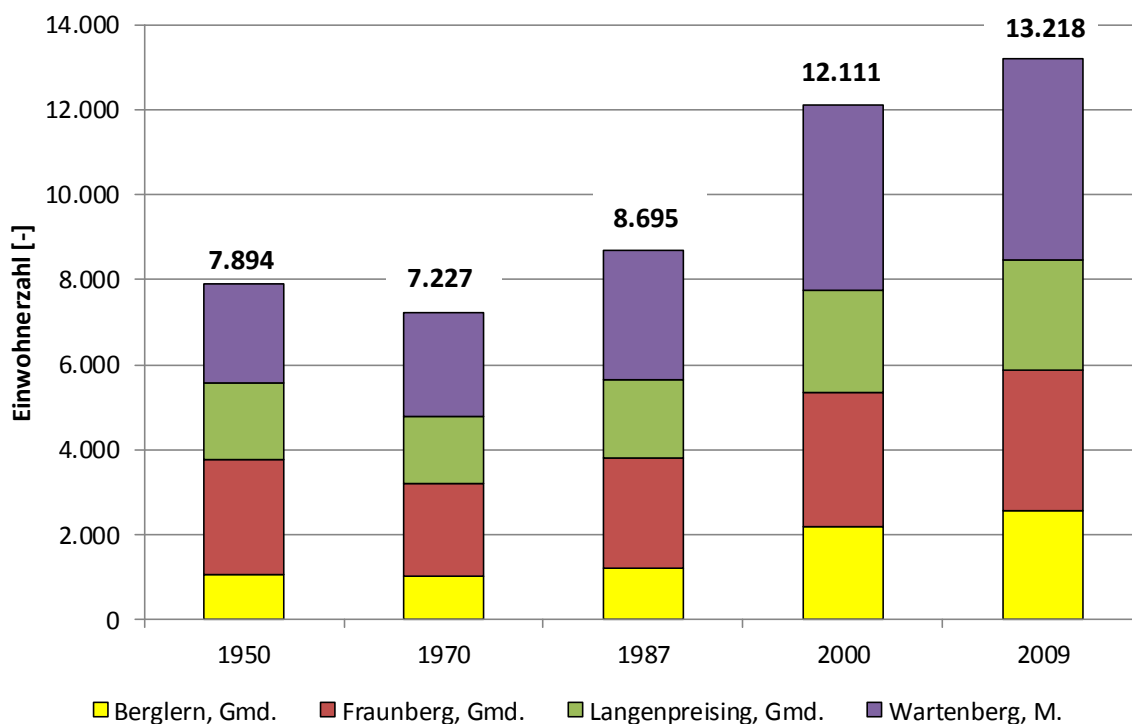
**Abbildung 2: Flächenverteilung nach Nutzungsart (Stand 2010)**

*[Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung]*

### 2.1.3 Bevölkerung

Die Bevölkerungszahlen aller 4 Kommunen umfassten im Jahr 2009 rund 13.200 Einwohner. Die Bevölkerungsdichte beläuft sich auf 123 Einwohnern je km<sup>2</sup>. (Vergleich: bayerischer Durchschnitt: rund 178 Einwohner pro km<sup>2</sup>). [Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung]

Es ist ersichtlich, dass die Bevölkerungszahlen seit dem Jahr 1970 stark angestiegen sind, was in Kapitel 3.2 näher betrachtet wird.



**Abbildung 3: Die Bevölkerungsentwicklung im Zeitraum 1950 bis 2009**  
[Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung]

## 2.1.4 Wohngebäudebestand

In Tabelle 1 ist die Wohngebäudestatistik des Jahres 2010 in den einzelnen Kommunen dargestellt. Die Informationen bzgl. der Wohnflächen sind insbesondere für die Ermittlung der thermischen Einsparpotentiale durch Gebäudesanierung von Bedeutung.

Als Mittelwert aller 4 Kommunen ergibt sich ein Verhältnis von rund 1,5 Wohnungen / Wohngebäude. Die mittlere Wohnfläche pro Wohngebäude beläuft sich auf rund 172 m<sup>2</sup>. Dies verdeutlicht den ländlichen Charakter des Betrachtungsgebietes. *[Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung]*

**Tabelle 1: Die Wohngebäudestatistik des Jahres 2010**  
*[Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung]*

	Anzahl Wohngebäude [-]	Anzahl Wohnungen [-]	Wohnfläche [m <sup>2</sup> ]
Berglern, Gmd.	589	957	106.513
Fraunberg, Gmd.	897	1.179	151.412
Langenpreising, Gmd.	694	983	115.772
Wartenberg, M.	1.135	1.865	197.313
<b>Bilanzgebiet</b>	<b>3.315</b>	<b>4.984</b>	<b>571.010</b>

## **2.2 Die Charakterisierung der Verbrauchergruppen**

Die Grundlage eines fundierten Klimaschutzkonzeptes ist die möglichst detaillierte Darstellung der energetischen Ausgangssituation. In die Darstellung des Energieumsatzes werden der elektrische Gesamtumsatz (Strombezug), der thermische Energieumsatz (Heizwärme und Prozesswärme) und der Verkehr mit einbezogen.

Bei der Verbrauchs- bzw. Bedarfserfassung wird auf direkt erhobene Daten aus den Kommunen und den Gewerbe / Industriebetrieben (Datenerhebungsbögen), Energieverbrauchsdaten der hiesigen Energieversorgungsunternehmen (Erdgas, Strom), einer Aufstellung der Feuerstätten, sowie im Bedarfsfall auf allgemein anerkannte, spezifische Kennwerte zurückgegriffen.

Die Darstellung des gesamten Endenergieumsatzes im Betrachtungsgebiet und die entsprechende Aufteilung in die untersuchten Verbrauchergruppen erfolgt auf Grundlage des vorhandenen Datenmaterials.

### **2.2.1 Private Haushalte**

Im Rahmen dieser Studie umfasst die Verbrauchergruppe private Haushalte alle Wohngebäude im Betrachtungsgebiet und somit den Energieverbrauch aller Einwohner (Heizenergie und Strom) in ihrem privaten Haushalt.

### **2.2.2 Kommunale Liegenschaften**

In der Verbrauchergruppe „kommunale Liegenschaften“ werden alle von den 4 Kommunen versorgten, unterhaltenen oder betriebenen Liegenschaften oder Anlagen zusammengefasst. Für diese Verbrauchergruppe wurden sämtliche Verbrauchsdaten, sowie Informationen zu installierten Heizkesseln und bereits durchgeführten Sanierungen anhand eines Datenerhebungsbogens umfangreich erfasst.

Diese Datenerhebung stellt für die Kommunen einen ersten Schritt hin zu einem detaillierten Energiecontrolling dar. Die einzelnen Verbrauchsdaten werden im Rahmen dieser Studie jedoch nicht veröffentlicht.

Zudem wurden die folgenden kommunalen Energieverbraucher aufgenommen:

- Kläranlagen (mit Pumpwerken/-stationen, Wasserwerken)
- Straßenbeleuchtungen

### **2.2.3 Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie (GHDI)**

Der Verbrauchergruppe „GHDI“ werden neben den Verbrauchergruppen „Private Haushalte“, „Kommunale Liegenschaften“ und „Verkehr“ die übrigen Abnehmer bzw. Verbraucher und der entsprechend zugehörige Energieverbrauch zugeordnet. Zudem basieren die Berechnungen auch auf den Ergebnissen eines umfangreichen Datenerhebungsbogens, welcher an die größeren Unternehmen in den Kommunen versandt wurde. In dieser Verbrauchergruppe sind auch sämtliche Betriebe des Handwerks und die Landwirtschaft geführt.

### **2.2.4 Verkehr (Kraftfahrzeuge)**

Die Ermittlung des Endenergiebedarfes in der Verbrauchergruppe „Verkehr“ erfolgt über die aktuellen Zulassungszahlen an Kraftfahrzeugen im Betrachtungsgebiet mit der Verrechnung einer Laufleistung und einem durchschnittlichen Kraftstoffverbrauch.

Im Bereich des motorisierten Individualverkehrs (MIV) werden folgende Fahrzeugtypen betrachtet:

- PKW
- LKW (inkl. Sattelzugmaschinen für den gewerblichen Transport)
- Krafträder
- Sonderfahrzeuge
- Landwirtschaftliche Zugmaschinen

## 2.3 Datengrundlage zur Ermittlung des energetischen Ist-Zustandes

### 2.3.1 Der Erdgasbedarf

Als Datengrundlage stehen der gesamte Erdgasverbrauch des Jahres 2010, sowie der detaillierte Verbrauch jeder mit Erdgas versorgten kommunalen Liegenschaft zur Verfügung. Jede Kommune verfügt über ein Erdgasnetz.

Der Erdgasnetzbetrieb erfolgt einerseits durch die Stadtwerke Erding GmbH und andererseits durch die Energienetze Bayern GmbH.

Insgesamt beträgt der jährliche Erdgasverbrauch im Betrachtungsgebiet rund 8.887 MWh<sub>Hi</sub>.  
[Quelle: Energieversorgungsunternehmen]

### 2.3.2 Der elektrische Energiebedarf

Im Betrachtungsgebiet erfolgt der Netzbetrieb durch folgende Energieversorgungsunternehmen: E.ON Bayern AG, Stadtwerke Erding GmbH, SWM Infrastruktur GmbH, Stromversorgung Langenpreising.

Zudem steht der Stromverbrauch in der Verbrauchergruppe der kommunalen Liegenschaften detailliert zur Verfügung.

Insgesamt beläuft sich der jährliche Stromverbrauch im Betrachtungsgebiet auf rund 38.965 MWh. [Quelle: Energieversorgungsunternehmen]

### 2.3.3 Der fossile, nicht-leitungsgebundene Energiebedarf

Der Gesamtendenergiebedarf an fossilen, nicht-leitungsgebundenen Energieträgern im Betrachtungsgebiet beläuft sich auf rund 67.104 MWh pro Jahr.

Hierbei sind folgende Energieträger erfasst:

- Heizöl
- Flüssiggas
- Kohle

## 2.3.4 Der Anteil bereits genutzter Erneuerbarer Energien im Ist-Zustand

### 2.3.4.1 Regenerative Stromerzeugung durch EEG-Anlagen

#### Photovoltaik

Zum Ende des Jahres 2010 waren im Betrachtungsgebiet rund 422 Photovoltaikanlagen mit einer Gesamtleistung von 8.511 kW<sub>p</sub> installiert. Die Stromeinspeisung im Jahr 2010 belief sich auf rund 6.408 MWh. Die gemeindespezifischen Daten wurden einer Aufstellung der verschiedenen Energieversorgungsunternehmen des Jahres 2010 entnommen. Hierbei muss berücksichtigt werden, dass einige der Anlagen erst Ende 2010 installiert wurden und dementsprechend im Jahr 2010 noch nicht der tatsächlich zu erwartende Ertrag erzielt wurde. *[Quelle: Energieversorgungsunternehmen]*

#### Wasserkraft

Im Betrachtungsgebiet sind nach Angaben der verschiedenen Energieversorgungsunternehmen insgesamt 8 Wasserkraftanlagen mit einer elektrischen Gesamtleistung von rund 98 kW installiert, welche im Bilanzjahr 2010 rund 577 MWh an elektrischer Energie erzeugten. *[Quelle: Energieversorgungsunternehmen]*

#### Biomasse-KWK-Anlagen (EEG-Anlagen)

Im Betrachtungsgebiet sind dem Datenbestand des Jahres 2010 zufolge 13 Biomasseanlagen mit einer elektrischen Gesamtleistung von 2.380 kW installiert. Die jährliche Stromproduktion aller Biomasse-KWK-Anlagen beläuft sich auf rund 7.615 MWh. *[Quelle: Energieversorgungsunternehmen]*

## Zusammenfassung

Tabelle 2 zeigt eine gemeindespezifische Übersicht der im Jahr 2010 eingespeisten Strommengen aus Erneuerbaren Energien. In Summe wurden im Jahr 2010 rund 14.600 MWh durch die EEG-Anlagen eingespeist. Dies entspricht rund 37 % des gesamten Stromverbrauches im Betrachtungsgebiet.

**Tabelle 2: Übersicht der regenerativen Stromerzeugung im Betrachtungsgebiet**

*[Quelle: Energieversorgungsunternehmen]*

	<u>Photovoltaik</u>		<u>Wasserkraft</u>		<u>Biomasse-KWK</u>	
	installierte Leistung [kWp]	ingespeiste Energie * [MWh]	installierte Leistung [kWp]	ingespeiste Energie * [MWh]	installierte Leistung [kWp]	ingespeiste Energie * [MWh]
Berglern, Gmd.	1.191	871	14	218	-	-
Fraunberg, Gmd.	3.605	2.853	20	86	1.527	5.809
Langenpreising, Gmd.	1.538	1.110	15	43	608	730
Wartenberg, M.	2.178	1.574	49	230	245	1.076
<b>Bilanzgebiet</b>	<b>8.511</b>	<b>6.408</b>	<b>98</b>	<b>577</b>	<b>2.380</b>	<b>7.615</b>

\* entspricht der tatsächlich eingespeisten Energiemenge im Jahr 2010 --> Anlagen, welche erst Ende des Jahres in Betrieb gegangen sind, speisten dementsprechend weniger ein

### 2.3.4.2 Thermische Nutzung regenerativer Energien

#### **Solarthermie**

Die Gesamtfläche der bereits installierten Solarthermieanlagen im Betrachtungsgebiet wurde mit Hilfe des Solaratlas, einem interaktiven Auswertungssystem für den Datenbestand aus dem bundesweiten "Marktanreizprogramm Solarthermie" durchgeführt. Über das Förderprogramm wurden vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) seit Oktober 2001 über 940.000 Solaranlagen gefördert.

Im Betrachtungsgebiet sind nach Angaben der BAFA (Stand: Ende 2010) insgesamt 496 Solarthermie-Anlagen mit einer Gesamt-Bruttoanlagenfläche aller solarthermischen Kollektortypen von rund 4.800 m<sup>2</sup> installiert. Die mittlere Kollektorgröße je Anlage beträgt demnach rund 9,7 m<sup>2</sup>.

Zur Errechnung der Wärmemenge, welche von den solarthermischen Anlagen pro Jahr erzeugt wird, wurde von einem Standardwert für eine Solarthermieanlage von 350 kWh/(m<sup>2</sup>·a) ausgegangen. Der Wert der angegebenen Wärmebereitstellung errechnet sich aus der installierten Kollektorfläche und einem mittleren jährlichen Wärmeertrag.

Insgesamt beträgt die Energiebereitstellung durch Solarthermie im Betrachtungsgebiet rund 1.680 MWh<sub>th</sub>/a. *[Quelle: Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle]*

#### **Feste Biomasse**

Unter fester Biomasse versteht man vor allem Stückholz, Hackschnitzel oder Holzpellets, die in Heizkesseln oder Einzelfeuerstätten (z.B. Kaminöfen) zur Wärmebereitstellung eingesetzt werden. Im Betrachtungsgebiet werden jährlich rund 18.170 MWh an Biomasse zur Feuerung genutzt.

## Wärmepumpen

Zum Zeitpunkt der Datenerfassung wurden im Betrachtungsgebiet im Jahr 2010 rund 950 MWh an elektrischer Energie für den Betrieb von Wärmepumpen benötigt. Anhand eines mittleren COP von 3 ergibt sich eine Bereitstellung an thermischer Energie von rund 2.849 MWh. [Quelle: Energieversorgungsunternehmen; Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle]

## Zusammenfassung

In Tabelle 3 ist die thermische Nutzung regenerativer Energien im Betrachtungsgebiet gemeindespezifisch dargestellt. In Summe beläuft sich die regenerative Wärmeerzeugung auf rund 22.699 MWh pro Jahr (entsprechend rund 23 % des gesamten thermischen Energiebedarfes im Betrachtungsgebiet).

**Tabelle 3: Übersicht der regenerativen Wärmenutzung im Betrachtungsgebiet**

	<b>Solarthermie</b> [MWh <sub>th</sub> /a]	<b>feste Biomasse</b> [MWh/a]	<b>Wärmepumpe</b> [MWh <sub>th</sub> /a]
Berglern, Gmd.	219	3.173	1.017
Fraunberg, Gmd.	519	4.780	509
Langenpreising, Gmd.	384	3.605	814
Wartenberg, M.	558	6.611	509
<b>Bilanzgebiet</b>	<b>1.680</b>	<b>18.170</b>	<b>2.849</b>

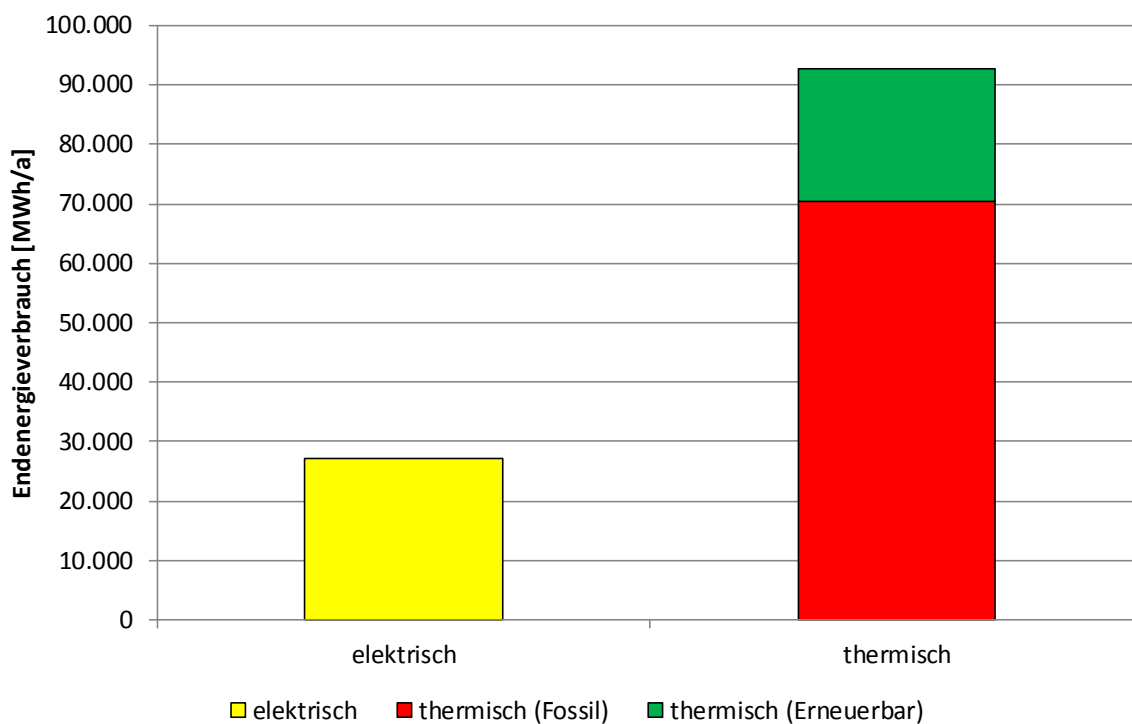
## 2.4 Der Endenergieverbrauch in den einzelnen Verbrauchergruppen

### 2.4.1 Private Haushalte

Tabelle 4 und Abbildung 4 zeigt eine gemeindespezifische und zusammenfassende Übersicht des Gesamtendenergiebedarfes in der Verbrauchergruppe „Private Haushalte“.

**Tabelle 4: Der Endenergieverbrauch in der Verbrauchergruppe „Private Haushalte“**

	<u>elektrisch</u>	<u>thermisch</u>		<u>Summe</u>
	Strom [MWh/a]	Fossil [MWh/a]	Erneuerbar [MWh/a]	[MWh/a]
Berglern, Gmd.	6.043	12.118	4.410	22.571
Fraunberg, Gmd.	7.187	19.211	5.373	31.771
Langenpreising, Gmd.	5.813	14.312	4.803	24.928
Wartenberg, M.	8.197	24.769	7.678	40.644
<b>Bilanzgebiet</b>	<b>27.240</b>	<b>70.411</b>	<b>22.263</b>	<b>119.914</b>



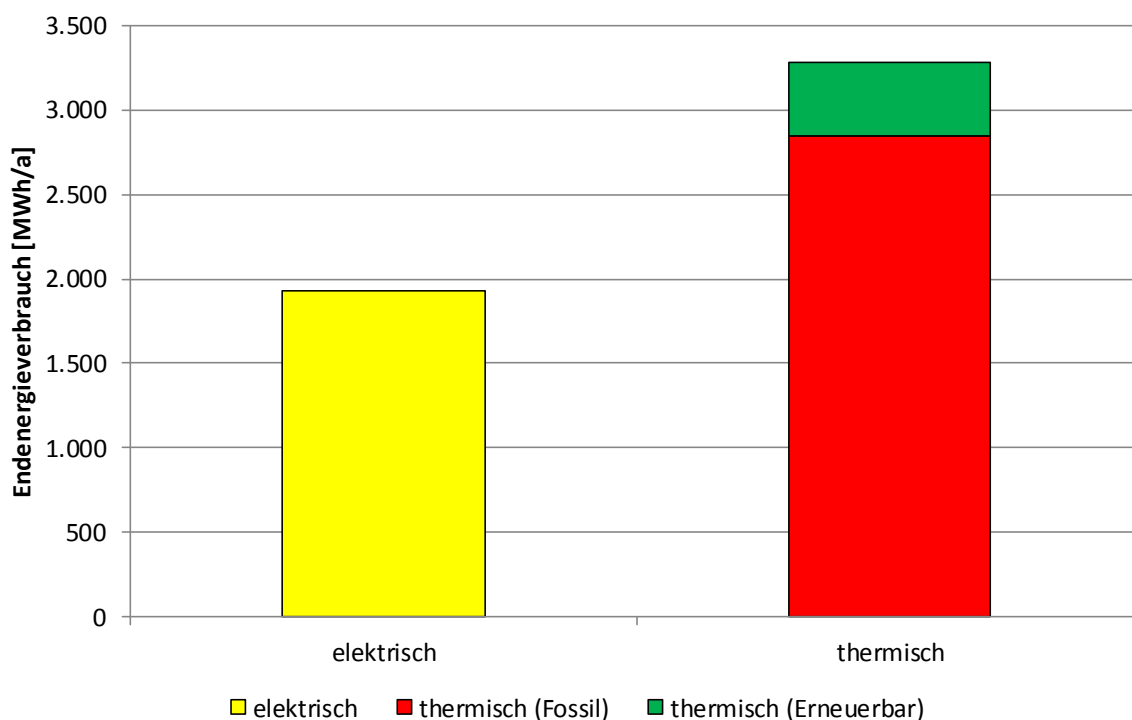
**Abbildung 4: Der Endenergieverbrauch in der Verbrauchergruppe „Private Haushalte“**

## 2.4.2 Kommunale Liegenschaften

Tabelle 5 und Abbildung 5 zeigt eine gemeindespezifische und zusammenfassende Übersicht des Gesamtendenergiebedarfes in der Verbrauchergruppe „kommunale Liegenschaften“.

**Tabelle 5: Der Endenergieverbrauch in der Verbrauchergruppe „kommunale Liegenschaften“**

	<u>elektrisch</u>	<u>thermisch</u>		<u>Summe</u>
	Strom [MWh/a]	Fossil [MWh/a]	Erneuerbar [MWh/a]	[MWh/a]
Berglern, Gmd.	384	603	-	987
Fraunberg, Gmd.	385	216	435	1.036
Langenpreising, Gmd.	253	402	-	655
Wartenberg, M.	911	1.628	-	2.539
<b>Bilanzgebiet</b>	<b>1.932</b>	<b>2.849</b>	<b>435</b>	<b>5.217</b>



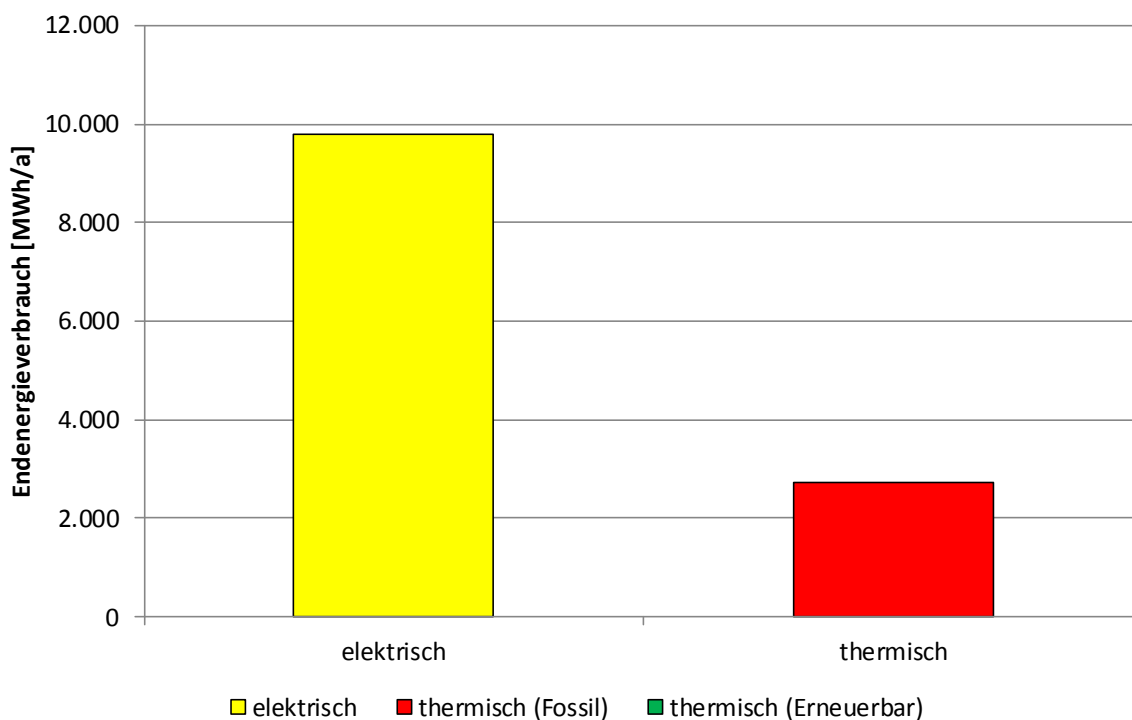
**Abbildung 5: Der Endenergieverbrauch in der Verbrauchergruppe „kommunale Liegenschaften“**

### 2.4.3 Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie

Tabelle 6 und Abbildung 6 zeigt eine gemeindespezifische und zusammenfassende Übersicht des Gesamtendenergiebedarfes in der Verbrauchergruppe „Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie“.

**Tabelle 6: Der Endenergieverbrauch in der Verbrauchergruppe „GHDI“**

	<u>elektrisch</u>	<u>thermisch</u>		<u>Summe</u>
	Strom [MWh/a]	Fossil [MWh/a]	Erneuerbar [MWh/a]	[MWh/a]
Berglern, Gmd.	2.417	105	-	2.522
Fraunberg, Gmd.	1.099	729	-	1.827
Langenpreising, Gmd.	269	62	-	331
Wartenberg, M.	6.008	1.835	-	7.843
<b>Bilanzgebiet</b>	<b>9.792</b>	<b>2.731</b>	-	<b>12.523</b>



**Abbildung 6: Der Endenergieverbrauch in der Verbrauchergruppe „GHDI“**

#### 2.4.4 Verkehr (Kraftfahrzeuge)

Die Ermittlung des Endenergiebedarfes für den Kfz-Verkehr im Betrachtungsgebiet erfolgt über die Zulassungszahlen an Kraftfahrzeugen mit der Verrechnung einer statistischen Laufleistung und einem durchschnittlichen, bundesweiten Kraftstoffverbrauch. *[Quelle: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung; Verkehr in Zahlen]*

Der Energiebedarf der landwirtschaftlichen Zugmaschinen wird anhand des durchschnittlichen Kraftstoffverbrauchs pro Hektar landwirtschaftlicher Fläche bzw. Waldfläche berechnet.

In Tabelle 7 sind die von der Kfz-Zulassungsbehörde des Landkreises Erding zur Verfügung gestellten Daten aufgelistet.

**Tabelle 7: Kfz-Zulassungszahlen im Betrachtungsgebiet *[Quelle: Kfz-Zulassungsstelle]***

	<b>Krafträder</b> [-]	<b>LKW</b> [-]	<b>PKW</b> [-]	<b>Sonstige</b> [-]	<b>Summe</b> [-]
Berglern, Gmd.	202	59	1.625	185	2.071
Fraunberg, Gmd.	300	144	2.171	500	3.115
Langenpreising, Gmd.	241	73	1.654	312	2.280
Wartenberg, M.	338	146	3.003	212	3.699
<b>Bilanzgebiet</b>	<b>1.081</b>	<b>422</b>	<b>8.453</b>	<b>1.209</b>	<b>11.165</b>

Die Anzahl der PKW sticht mit großem Abstand hervor. Bezogen auf das Gesamtgebiet ergibt sich eine Zulassungszahl von 0,64 PKW je Einwohner (Vergleichswert Bayern: 0,55 PKW/EW). [Quelle: Kraftfahrtbundesamt; Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung]

In Summe ergibt sich im Bereich Verkehr ein jährlicher Endenergiebedarf für Kraftstoffe in Höhe von ca. 156.713 MWh, was einem Äquivalent von rund 15,5 Mio. Liter Dieselmotorkraftstoff entspricht. Die prozentuale Verteilung des Endenergiebedarfes im Sektor Verkehr wird in Tabelle 6 verdeutlicht.

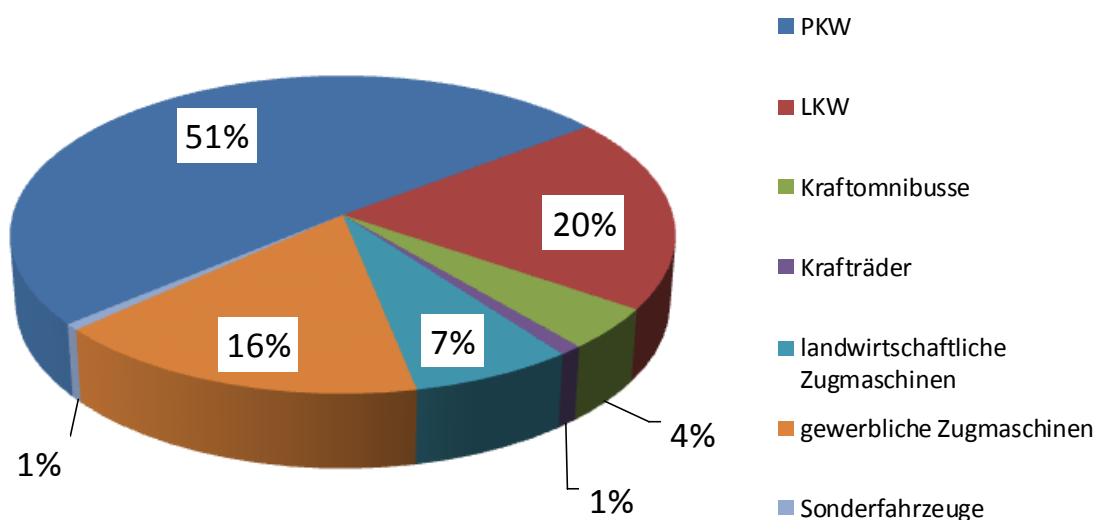


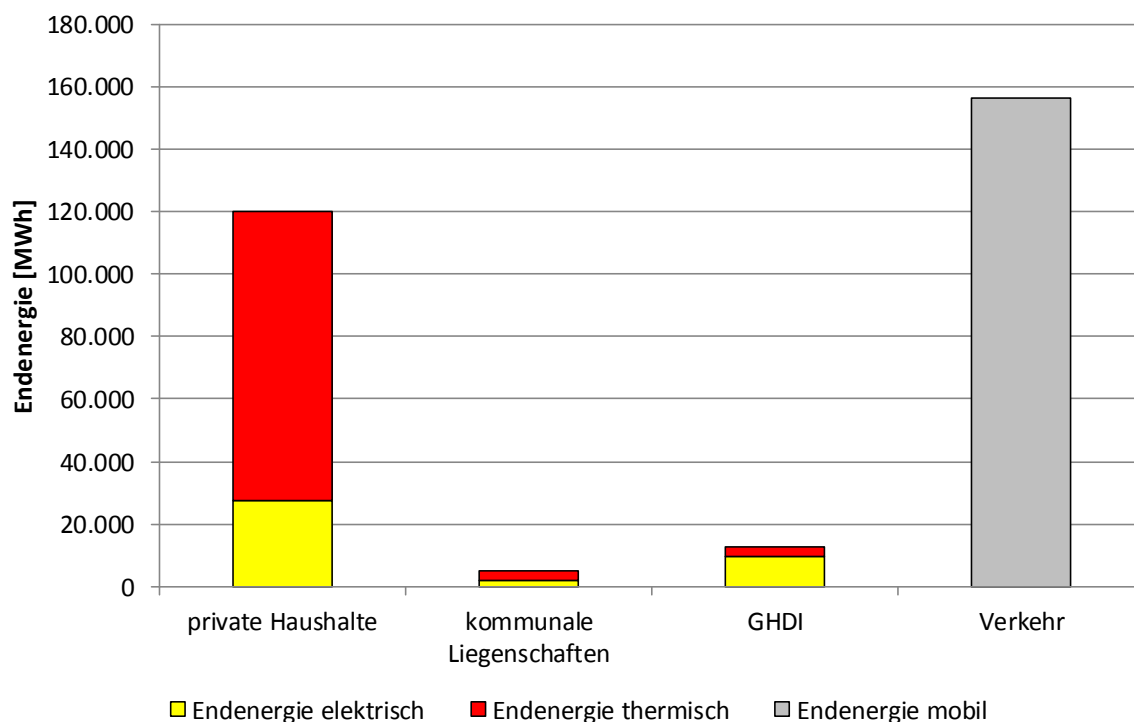
Abbildung 7: Verteilung des Endenergiebedarfes durch Kfz-Betrieb

## 2.4.5 Zusammenfassung

Im Betrachtungsgebiet wurde eine umfangreiche Bestandsanalyse der Endenergieverbrauchsstruktur und des Energieumsatzes durchgeführt. Als Ergebnis wurde in den vorhergehenden Kapiteln der Endenergieeinsatz in den einzelnen Verbrauchergruppen dargestellt. Zudem wurde der Sektor Kfz-Verkehr anhand der zugelassenen Fahrzeuge unter Berücksichtigung einer bundesdurchschnittlichen Laufleistung betrachtet. Eine gemeindespezifische und zusammenfassende Übersicht der Ergebnisse ist in Tabelle 8 und Abbildung 8 dargestellt.

**Tabelle 8: Der Endenergieverbrauch im Betrachtungsgebiet**

	<u>elektrisch</u>	<u>thermisch</u>		<u>Mobil</u>	<u>Summe</u>
	<b>Strom</b> [MWh/a]	<b>Fossil</b> [MWh/a]	<b>Erneuerbar</b> [MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]
Berglern, Gmd.	8.844	12.826	4.410		26.080
Fraunberg, Gmd.	8.671	20.156	5.808		34.634
Langenpreising, Gmd.	6.335	14.777	4.803		25.914
Wartenberg, M.	15.115	28.232	7.678		51.025
<b>Bilanzgebiet</b>	<b>38.965</b>	<b>75.991</b>	<b>22.699</b>	<b>156.713</b>	<b>294.368</b>



**Abbildung 8: Der Endenergieverbrauch im Betrachtungsgebiet**

In Summe werden im Betrachtungsgebiet jährlich rund 294.368 MWh Endenergie verbraucht, wovon

- ➔ rund 98.689 MWh Endenergie dem Verbrauch an thermischer Energie
- ➔ rund 38.965 MWh dem Verbrauch an elektrischer Energie
- ➔ rund 156.713 MWh dem Verbrauch an Kraftstoffen für den mobilen Bereich

zuzuordnen sind.

Dem Datenstand des Jahres 2010 zufolge wird im Betrachtungsgebiet bereits jährlich eine

- ➔ elektrische Energiemenge von rund 14.600 MWh (tatsächliche Einspeisung im Jahr 2010; entsprechend rund 37 % am Gesamtstromverbrauch)
- ➔ thermische Energiemenge von rund 22.699 MWh (entsprechend rund 23 % am thermischen Gesamtenergieverbrauch)

aus Erneuerbaren Energien erzeugt.

## 2.5 Der Primärenergieeinsatz und der CO<sub>2</sub>-Ausstoß in den einzelnen Verbrauchergruppen

Anhand der in den vorhergehenden Kapiteln dargestellten Endenergieverbrauchsdaten der jeweiligen Verbrauchergruppen und der zugehörigen Zusammensetzung nach Energieträgern wird nachfolgend der CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Ist-Zustand (Ausgangslage) berechnet.

Bei der Darstellung der CO<sub>2</sub>-Emissionen gibt es grundsätzlich eine Vielzahl unterschiedlicher Herangehensweisen. Bislang existiert bei der kommunalen CO<sub>2</sub>-Bilanzierung keine einheitliche Methodik die anzuwenden ist, bzw. angewendet wird. Die Thematik der CO<sub>2</sub>-Bilanz gewinnt jedoch gerade wieder entscheidend an Präsenz, da diese ein wichtiges Monitoring-Instrument für den kommunalen Klimaschutz darstellt. Bei den nachfolgenden Berechnungen zum CO<sub>2</sub>-Ausstoß werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen nach CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren für die verbrauchte Endenergie der entsprechenden Energieträger berechnet. Die Emissionsfaktoren wurden vom IfE nach GEMIS berechnet.

**Tabelle 9: Die CO<sub>2</sub>-Äquivalente und Primärenergiefaktoren der jeweiligen Energieträger**

CO <sub>2</sub> -Äquivalente nach GEMIS 4.7 - eigene Berechnungen IfE; 01/2012			
	CO <sub>2</sub> -Äquivalent (Gesamte Prozesskette)	Primärenergiefaktoren (nicht erneuerbarer Anteil)	Bemerkung
Brennstoff	[g/kWh]	[kWh <sub>prim</sub> /kWh <sub>end</sub> ]	
Erdgas	252	1,1	Erdgas beim Endverbraucher für Heizzwecke
Heizöl EL	316	1,1	Heizöl beim Endverbraucher für Heizzwecke
Heizöl S	323	1,1	Schweres Heizöl beim Endverbraucher für Heizzwecke
Kohle	387	1,1	Steinkohlebriketts ab Fabrik
Kohle	433	1,1	Kohle-Briketts beim Endverbraucher für Heizzwecke
Flüssiggas	264	1,1	Flüssiggas beim Endverbraucher für Heizzwecke
Strom	572	2,8	Bonus für Substitution von Netzstrom auf Niederspannungsebene
Strom	566	2,4	Dt. Strommix 2010
Biogas	111	0,5	Biomethan aus 100% Mais (NawaRo) ohne Landnutzungsänderungen
Biomethan	131	0,5	Biomethan aus 100% Mais (NawaRo) ohne Landnutzungsänderungen, Einspeiseanlage 500 m <sup>3</sup> /h, Druckwechsel/PSA-Konzept
Palmöl	203	0,5	Palmölproduktion ohne Landnutzungsänderungen inkl. Seetransport, Umschlag und 150 km Transport in Dtl.
Rapsöl	180	0,5	Rapsölproduktion ohne Landnutzungsänderungen inkl. Seetransport, Umschlag und 150 km Transport in Dtl.
Holzpellets	23	0,2	Holzpellets beim Endverbraucher für Heizzwecke
Hackschnitzel	23	0,2	Hackschnitzel beim Endverbraucher für Heizzwecke
Scheitholz	17	0,2	Stückholz beim Endverbraucher für Heizzwecke

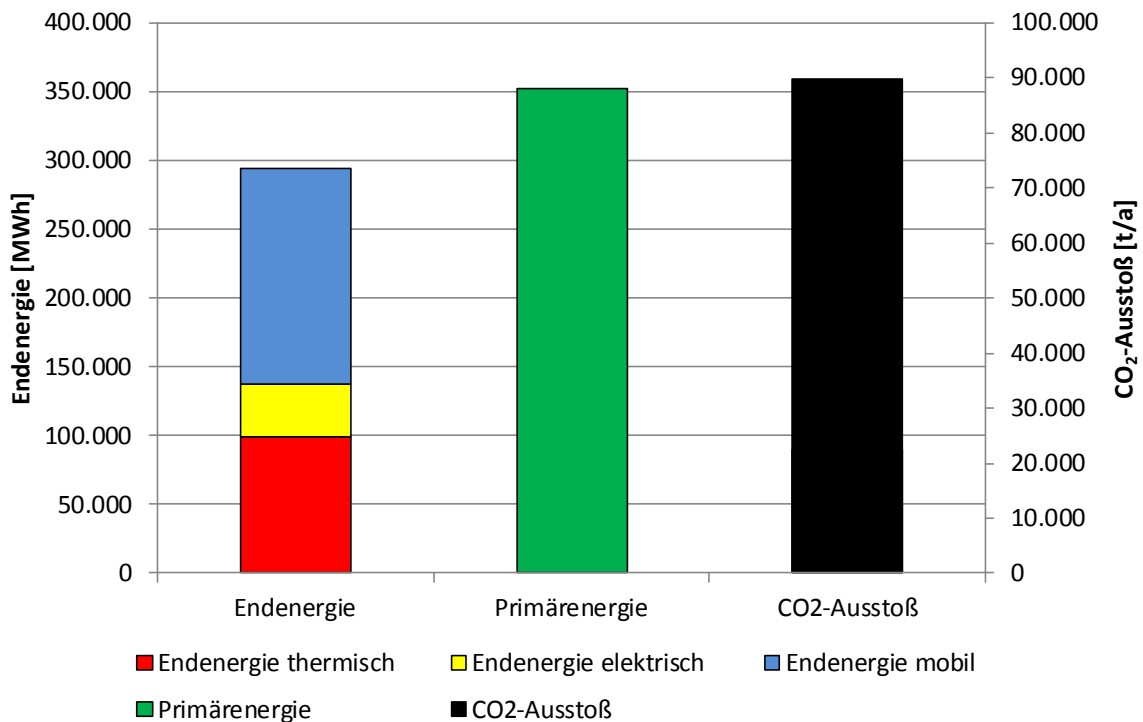
Bezugsgröße: kWh Endenergie, Heizwert H<sub>i</sub>

Im Untersuchungsgebiet wurde eine umfangreiche Bestandsanalyse der Energieverbrauchsstruktur und des Energieumsatzes durchgeführt. Darauf aufbauend wurde der der CO<sub>2</sub>-Ausstoß in den jeweiligen Verbrauchergruppen im Ist-Zustand berechnet. Die Situationsanalyse stellt somit die Basis für das weitere Vorgehen einer Potentialbetrachtung zur Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes dar.

In Tabelle 10 und Abbildung 7 ist die ermittelte Energiebilanz mit Endenergie, Primärenergie und dem gesamten CO<sub>2</sub>-Ausstoß mit den bereits genutzten Anteilen an erneuerbaren Energieträgern für das Betrachtungsgebiet dargestellt.

**Tabelle 10: Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Ist-Zustand**

	<u>elektrisch</u>		<u>thermisch</u>		<u>Mobil</u>	<u>Summe</u>
	Strom [t/a]	EEG-Anlagen [t/a]	Fossil [t/a]	Erneuerbar [t/a]	[t/a]	[t/a]
Berglern, Gmd.	5.598	-689	4.616	95		9.620
Fraunberg, Gmd.	5.489	-5.537	6.965	143		7.060
Langenpreising, Gmd.	4.010	-1.192	5.280	108		8.206
Wartenberg, M.	9.568	-1.823	9.654	198		17.598
<b>Bilanzgebiet</b>	<b>24.665</b>	<b>-9.242</b>	<b>26.516</b>	<b>545</b>	<b>47.327</b>	<b>89.812</b>



**Abbildung 9: Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Ist-Zustand**

Der Endenergieverbrauchsstruktur zufolge entstehen in der

- Verbrauchergruppe „Private Haushalte“ rund 42.655 Tonnen jährlicher CO<sub>2</sub>- Ausstoß,
- durch den Verbrauch in den „Kommunalen Liegenschaften“ rund 2.124 Tonnen
- der Sektor „GHD / Industrie“ verursacht einen Ausstoß von rund 6.947 Tonnen
- der Sektor „Verkehr“ emittiert jährlich rund 47.327 Tonnen.
- Durch die Einspeisung elektrischer Energie aus erneuerbaren Energien wird insgesamt gleichzeitig ein Ausstoß von rund 9.242 Tonnen pro Jahr vermieden

Aus dem Gesamtendenergieverbrauch resultieren unter Berücksichtigung der Einspeisung des Stroms aus erneuerbaren Energien ein Ausstoß von rund 89.812 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr.

**Dies entspricht einem jährlichen CO<sub>2</sub>-Ausstoß pro Kopf von rund 6,8 Tonnen**

### 3 Potentialbetrachtung zur Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen

#### 3.1 Grundlegende Strategieberatung

Um eine Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen erreichen zu können, müssen die Potentiale in den einzelnen Verbrauchergruppen ermittelt werden. Im Zusammenhang mit dieser Thematik wurden verschiedene Richtlinien und Leitfäden veröffentlicht. Zu den wichtigsten Publikationen zählt die „Richtlinie 2006/32/EG des europäischen Parlaments und des Rates über Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen“. Zweck dieser Richtlinie ist es, die Effizienz der Energienutzung durch gezielte Maßnahmen zu steigern. Als allgemeines Ziel der Mitgliedsstaaten wurde ein genereller nationaler Einsparwert von 9 % ausgerufen, der zum Abschluss des neunten Jahres (2015) erreicht werden soll. Dieses Ziel gibt also eine jährliche Einsparung von einem Prozentpunkt vor. Eine besondere Rolle in dieser Richtlinie nimmt die Energieeffizienz im öffentlichen Sektor ein, da diese eine Vorbildfunktion einnehmen soll. *[Quelle: [www.eur-lex.europa.eu](http://www.eur-lex.europa.eu)]*

Eine weiterführende Richtlinie stellt die neue EU-Energieeffizienzrichtlinie dar, welche im Herbst 2012 final beschlossen werden soll. Eine für alle EU-Staaten verbindliche Einsparquote soll ebenfalls inhaltlich verankert sein. Im bisherigen Entwurf ist vorgesehen, dass im Bereich der privaten Haushalte und auf dem Sektor GHD durch Maßnahmen der Energieversorger durchschnittlich mindestens 1,5 % Energie eingespart werden sollen (z.B. durch Hilfen bei Gebäudesanierungen, Heizungsumstellungen, etc.). *[Quelle: [www.euractiv.de](http://www.euractiv.de)]*

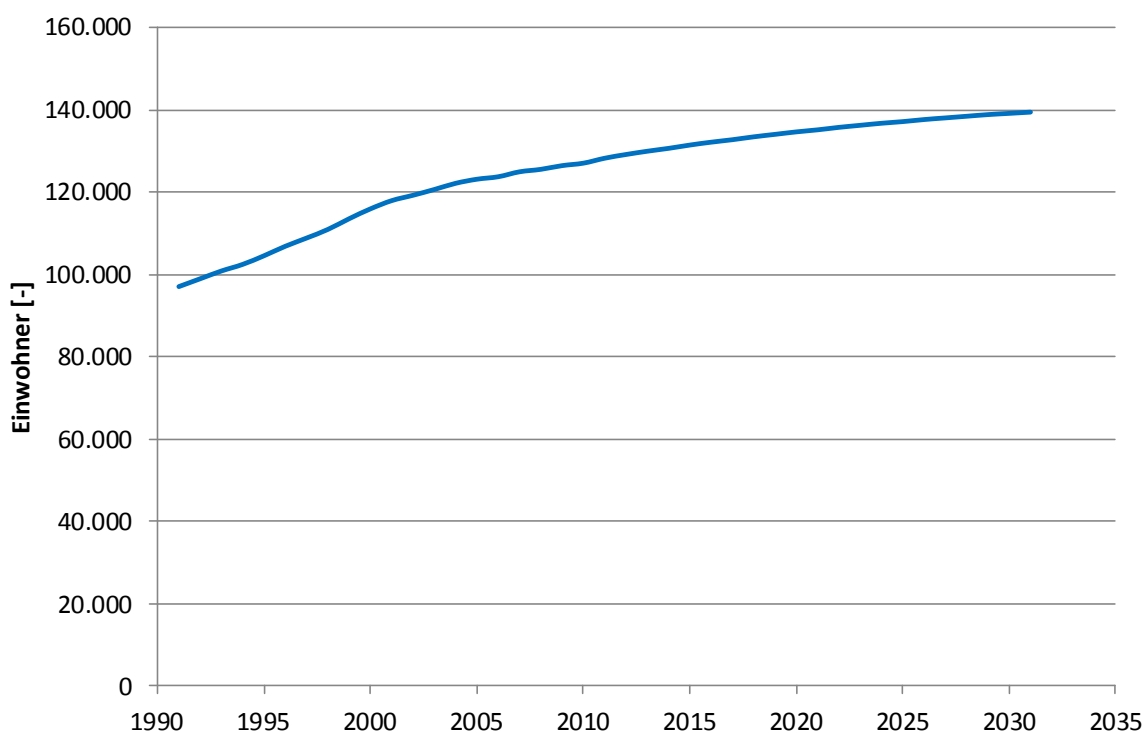
Verbrauchsreduzierungen sind vor allem im Bereich der Wärmedämmung an Gebäuden, durch Steigerung der Energieeffizienz unter dem Einsatz neuer Technik sowie einer an den tatsächlichen Bedarf angepassten, optimierten Betriebsweise möglich. Hierbei muss jedoch berücksichtigt werden, dass von Beginn an auf eine korrekte bauliche Ausführung bei der Sanierung geachtet werden muss, um langfristig Probleme (z.B. Schimmelbildung) zu vermeiden. Insbesondere die Sanierung denkmalgeschützter Gebäude ist dadurch mit einem erheblichen Kostenaufwand verbunden.

Anhand der natürlichen Gegebenheiten im Betrachtungsgebiet ergeben sich große Potentiale zur Nutzung Erneuerbarer Energien, z.B. im Bereich der Land- und Forstwirtschaft. In der nachfolgenden Potentialbetrachtung werden demnach zum einen Möglichkeiten in den einzelnen Verbrauchergruppen aufgezeigt, wie der Energieverbrauch reduziert werden kann, zum anderen werden parallel dazu die Potentiale zum Ausbau der Erneuerbaren Energien betrachtet, die im untersuchten Gebiet anhand der gegebenen räumlichen und strukturellen Situation dargestellt werden können.

### 3.2 Analyse der demographischen Aspekte

Ein wichtiges Kriterium für die Veränderungen hinsichtlich der zukünftigen Endenergienutzung ist die demographische Entwicklung. Im Rahmen dieses Konzeptes wird hierfür der Landkreis Erding als Referenz (alle vier Kommunen sind gehören dem Landkreis Erding an) herangezogen. Bei der demographischen Entwicklung werden die Entwicklung der Bevölkerung und deren Struktur betrachtet, ihre alters- und zahlenmäßige Gliederung, ihre geographische Verteilung, sowie die Umwelt- und Sozialfaktoren, die für Veränderungen verantwortlich sind. Die Daten wurden der regionalisierten Bevölkerungsvorausberechnung für Bayern bis 2029 entnommen. *[Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung]*

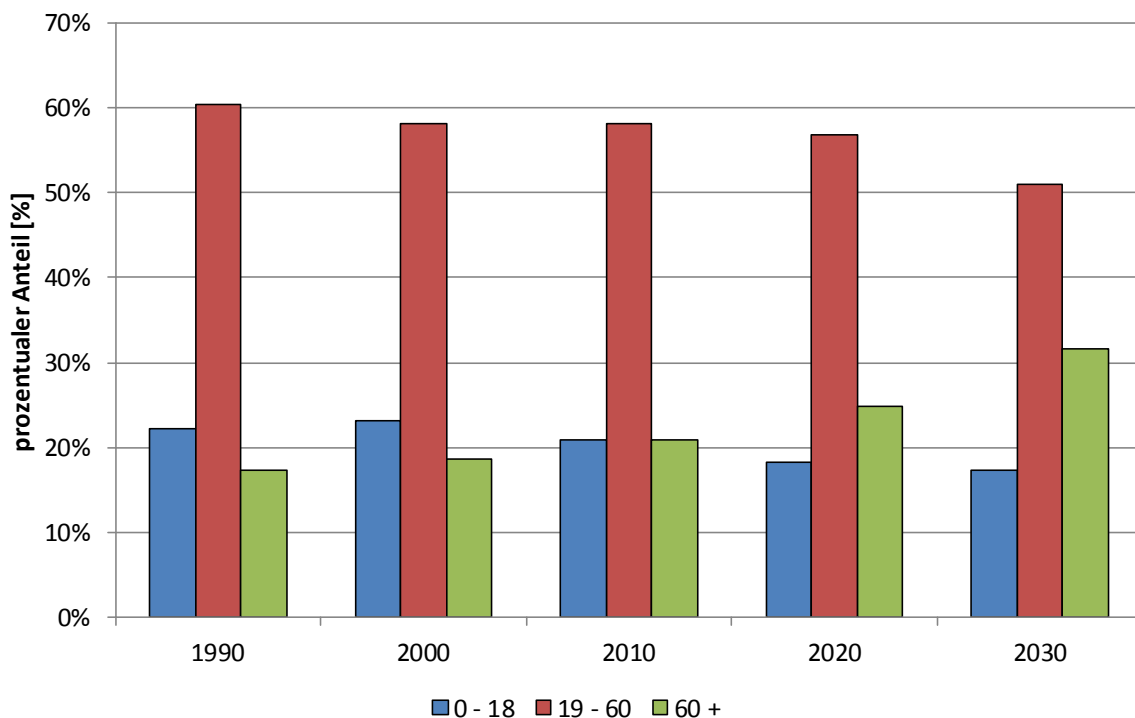
In Abbildung 10 ist die Entwicklung der Einwohnerzahlen für den Landkreis Erding dargestellt. In dieser ist zu erkennen, dass die Einwohnerzahlen seit dem Jahr 1990 bis heute stetig zunahmten. Diese Zunahme der Einwohner wird für den Landkreis Erding auch für die kommenden Jahre prognostiziert.



**Abbildung 10: Die prognostizierte Entwicklung der Einwohnerzahlen im Landkreis Erding**  
*[Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung; eigene Darstellung]*

Neben der Entwicklung der Bevölkerungszahlen ist die Veränderung der Altersgruppenverteilung ein entscheidender Faktor bei der demographischen Betrachtung. In Abbildung 11 ist die Veränderung der Altersgruppenstruktur für den Landkreis Erding dargestellt.

Für die kommenden Jahre wird eine Veränderung der Altersgruppenstruktur im Betrachtungsgebiet prognostiziert. Diese Prognose zeigt eine Zunahme der Bevölkerungsgruppe über 60 Jahre. Parallel dazu wird für die Altersgruppe zwischen 0 und 18 Jahre und für die Altersgruppe zwischen 19 und 60 Jahre eine Abnahme vorausgesagt.



**Abbildung 11: Die Veränderung der Altersgruppenstruktur im Landkreis Erding**  
 [Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung; eigene Darstellung]

### Zusammenfassung:

Die Ergebnisse der regionalisierten Bevölkerungsvorausberechnung im Landkreis Erding zeigen, dass der demographische Wandel im Betrachtungsgebiet einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss haben wird. Neben der langfristigen Zunahme der Einwohnerzahlen stellt die Alterung der Bevölkerung das zweite wichtige Merkmal dar.

### **3.3 Potentiale zur Energieeinsparung und Steigerung der Energieeffizienz**

#### **3.3.1 Potentialbetrachtung im Bereich der privaten Haushalte**

Die Verbrauchergruppe der privaten Haushalte bietet sehr viele Möglichkeiten, elektrische und thermische Energie einzusparen und folglich den CO<sub>2</sub>-Ausstoß in dieser Verbrauchergruppe zu minimieren. Die nachfolgenden Kapitel zeigen die einzelnen Potentiale zur Energiereduzierung, und somit der Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in den einzelnen Bereichen der privaten Haushalte auf.

##### **3.3.1.1 Sanierung von Bestandsgebäuden**

Im folgenden Kapitel werden die Potentiale der Energieeinsparung mittels Sanierung der bestehenden Gebäudehüllen sämtlicher Bestandsgebäude im Betrachtungsgebiet untersucht. Die Analyse wird für verschiedene Baualterklassen entsprechend der Baualterstruktur im Betrachtungsgebiet durchgeführt.

- Baualterklasse I: Baujahr bis 1918
- Baualterklasse II: Baujahr 1919 bis 1948
- Baualterklasse III: Baujahr 1949 bis 1957
- Baualterklasse IV: Baujahr 1958 bis 1968
- Baualterklasse V: Baujahr 1969 bis 1977
- Baualterklasse VI: Baujahr 1978 bis 1984
- Baualterklasse VII: Baujahr 1985 bis 1995
- Baualterklasse VIII: Baujahr 1996 bis 2001
- Baualterklasse IX: ab Baujahr 2002

Im Anhang dieses Konzeptes ist die Berechnung der Heizenergieeinsparung an Mustergebäuden der Baualterklassen IV und dargestellt. Zudem werden allgemeine Informationen bzgl. der Wärmeerzeugung, -verteilung und -regelung dargestellt.

### **Zusammenfassung**

Ausgehend vom Gebäudebestand und der Gebäudealtersstruktur in den einzelnen Kommunen wird das energetische Einsparpotential berechnet, das durch verschiedene Gebäudesanierungsszenarien erreicht werden kann.

Für die Gebäudesanierung bzw. Wärmedämmmaßnahmen an den Wohngebäuden werden zwei Szenarien betrachtet:

– **Sanierung 1:**

Sämtliche Wohngebäude (Stand 2009) werden nach dem EnEV 2009 Standard saniert. Hierbei wird das energetische Einsparpotential wie in der Beispielrechnung für jede Baualterklasse separat ermittelt.

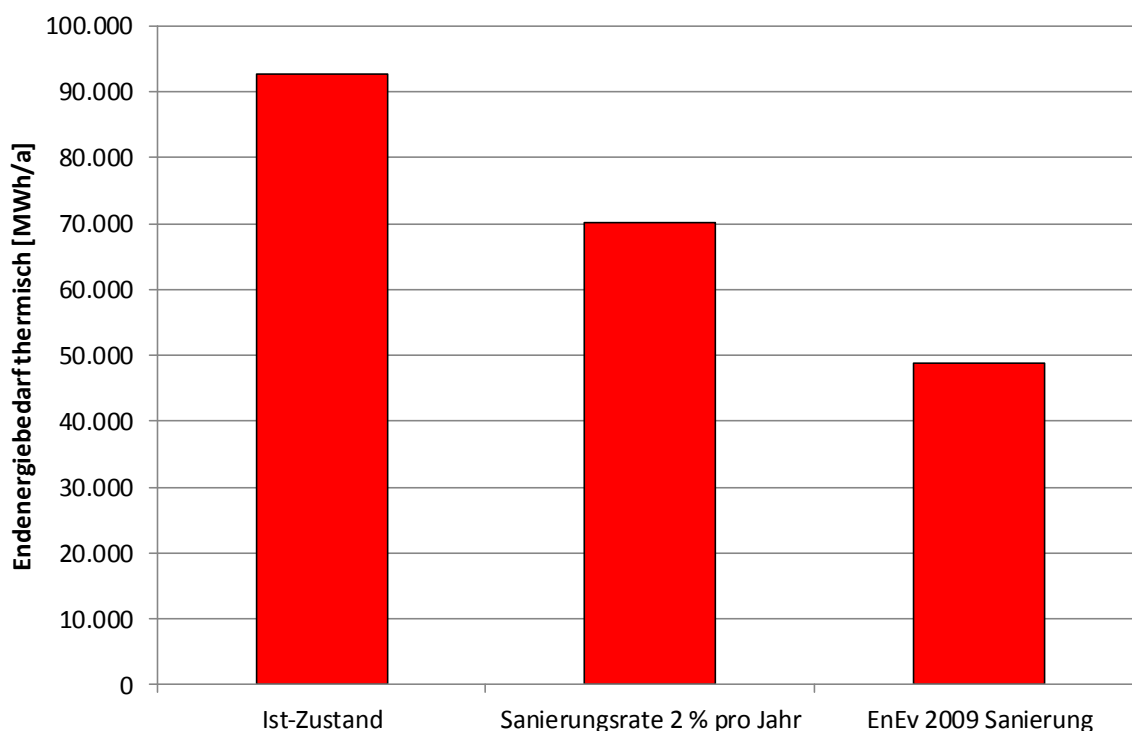
– **Sanierung 2:**

Es wird ab dem Jahr 2010 mit einer mittleren Sanierungsrate von 2 % pro Jahr auf den EnEV 2009 Standard gerechnet. Die Betrachtung wird hierbei bis zum Jahr 2030 durchgeführt. Auch dieses Szenario stellt eine ehrgeizige Aufgabe dar. Die mittlere Sanierungsrate in Deutschland liegt derzeit lediglich bei rund 1 %. *[Quelle: [www.enefhaus.de](http://www.enefhaus.de)]*

Das Ergebnis der Potentialbetrachtung der energetischen Sanierung von Bestandsgebäuden im Betrachtungsgebiet ist in Abbildung 12 dargestellt.

In Summe kann der thermische Endenergiebedarf im Bereich der Wohngebäude im Betrachtungsgebiet durch eine EnEV 2009 Sanierung mit einer jährlichen Sanierungsrate von 2 % bis zum Jahr 2030 um rund 22.533 MWh gesenkt werden.

Durch eine Sanierung aller Wohngebäude (Stand 2009) nach EnEV-Standard bis zum Jahr 2030 könnte der thermische Endenergiebedarf um rund 43.969 MWh nahezu halbiert werden.



**Abbildung 12: Die Potentialbetrachtung der energetischen Sanierung von Bestandsgebäuden**

Durch die beschriebene Sanierungsrate von 2 Prozent pro Jahr ergeben sich Investitionskosten in Höhe von rund 103.000.000 Euro bis zum Jahr 2030. Durch das beschriebene Einsparpotential von rund 22.533 MWh resultiert eine CO<sub>2</sub>-Einsparung in Höhe von rund 6.174 Tonnen pro Jahr.

### 3.3.1.2 Reduzierung bzw. Effizienzsteigerung im Stromverbrauch

Der Einsatz von stromsparenden Haushaltsgeräten trägt zu einer Reduzierung des Stromverbrauches und somit auch zu einer Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes bei. Nachfolgend werden einige Energiesparmaßnahmen aufgezeigt. Im Anhang (Kapitel 12.4) dieser Studie werden die einzelnen Punkte vertieft erläutert.

- Ertüchtigung der stufengeregelten Heizungsumwälzpumpen durch geregelte Pumpen
- Einsatz effizientester Kühl- / Gefrierschränke / -truhen
- Einsatz effizienter Waschmaschinen
- Einsatz effizientester Beleuchtung (Energiesparlampen, LED)
- Vermeidung des Stand-By Betriebs

Durch konsequentes Umsetzen der aufgezeigten Maßnahmen zur Reduzierung des **elektrischen Energieverbrauchs** in den privaten Haushalten ist davon auszugehen, dass durchschnittlich eine Einsparung von rund 30 % des derzeitigen Stromverbrauches in der Verbrauchergruppe ohne Komfortverlust und wirtschaftlichen Nachteil erreicht werden kann.

#### Hinweis:

Als Anreiz und Fördermöglichkeit zur Effizienzsteigerung bietet sich an, eine Energieeffizienzberatung durch einen regionalen Energieberater und den Einsatz effizientester Geräte (mindestens Effizienzklasse A) kommunal zu fördern und zu bezuschussen.

Neben dem positiven Effekt der Energieeinsparung durch einen Förderanreiz werden zugleich die regionale Wertschöpfung und das regionale Handwerk gefördert.

### 3.3.1.3 Zusammenfassung

Durch konsequentes Umsetzen der aufgezeigten Maßnahmen zur Reduzierung des **elektrischen Energieverbrauchs** in den privaten Haushalten ist davon auszugehen, dass durchschnittlich eine Einsparung von rund 30 % des derzeitigen Stromverbrauchs in der Verbrauchergruppe ohne Komfortverlust und wirtschaftlichen Nachteil erreicht werden kann. Bei einer Umsetzung bis zum Jahr 2030 müsste eine jährliche Einsparung von 1,5 Prozentpunkten erreicht werden.

Absolut würde sich hierdurch – ausgehend vom derzeitigen Verbrauch von ca. 27.240 MWh/a – im Bereich der privaten Haushalte ein Einsparpotential von rund 8.172 MWh/a an elektrischer Endenergie ergeben.

#### Hinweis:

Erfahrungsgemäß wurden jedoch erzielte Einsparungen bisher meist durch die Schaffung neuer Anwendungsbereiche ausgeglichen. Es ist deshalb nicht davon auszugehen, dass der tatsächliche Stromverbrauch immens sinken wird.

Der **thermische Endenergiebedarf** im Bereich der Wohngebäude könnte durch Sanierungen (gemäß der EnEV 2009) im Vergleich zum Ist-Zustand um rund 22.533 MWh gesenkt werden. Die technisch und wirtschaftlich machbare Sanierungsrate liegt dabei bei etwa 2 % pro Jahr (bis zum Jahr 2030).

### 3.3.2 Potentialbetrachtung im Bereich der kommunale Liegenschaften

Aus Sicht der EU und des Bundes kommt den Städten und Kommunen eine zentrale Rolle bei der Umsetzung von Energieeinsparmaßnahmen zu. Nur auf der kommunalen Ebene besteht die Möglichkeit einer direkten Ansprache der Akteure. Die Motivation zur eigenen Zielsetzung und das Mitwirken bei der Reduktion des Energiebedarfs für die Städte und Kommunen kann dabei auf mehrere Ebenen untergliedert werden:

- die Selbstverpflichtung aus Überzeugung in die Notwendigkeit des Handelns
- die Vorbildfunktion für alle Bürger
- die wirtschaftliche Motivation.

Zudem können die Aktivitäten, dem Klimawandel und seinen Herausforderungen eine aktive Handlungsbereitschaft und eine klare Zielsetzung entgegenzusetzen, auch Vorteile im Zusammenhang mit privaten und unternehmerischen Standortentscheidungen hervorrufen.

Die Kommune bildet somit ein Verbindungsglied zwischen EU, Bund, Land und dem Endverbraucher.

#### 3.3.2.1 Energetische Gebäudesanierung, Wärmedämmung und Elektroeffizienz

Nach der Grundlage der Berechnungen des Einsparpotentials im Bereich der Wohngebäude ergibt sich auch für die kommunalen Gebäude ein erhebliches Potential in der energetischen Gebäudesanierung.

In den vergangenen Jahren wurden an vielen kommunalen Liegenschaften bereits verschiedene energetische Sanierungen durchgeführt. Nachfolgend werden einige Beispiele exemplarisch aufgeführt:

- Schule Maria Thalheim, Fraunberg
- Mietshaus, Langenpreising

Alle bereits aufgeführten Energieeinsparmaßnahmen in Bezug auf die Energieeffizienz (z.B. Anlagentechnik, Heizungspumpen etc.) zur Einsparung an Endenergie gelten ebenfalls für die kommunalen Liegenschaften. In den öffentlichen Gebäuden ergeben sich zusätzliche Möglichkeiten im Bereich der Beleuchtung durch intelligente Lichttechnik, z.B. durch tageslichtabhängige Bewegungsmelder oder durch Zeitsteuerungen.

Die EU-Effizienzrichtlinie sieht in ihrem bisherigen Entwurf vor, dass jährlich 3 % aller Gebäude der Zentralregierung auf einen Mindestenergiestandard gebracht werden müssen. Im Rahmen dieses Konzeptes wird für die kommunalen Liegenschaften ebenfalls eine Sanierungsrate in dieser Höhe veranschlagt und als Berechnungsgrundlage verwendet. Der Sanierung kommunaler Gebäude kommt eine große Vorbildfunktion zu, weswegen eine Ausführung nach den effizientesten Technologien angestrebt wird.

Im Zuge der Potentialbetrachtung wurde jede einzelne Liegenschaft hinsichtlich ihres thermischen Einsparpotentials bewertet. Für ausgewählte Liegenschaften ist dies in nachfolgender Tabelle 11 dargestellt. In Summe ergibt sich ein thermisches Einsparpotential in den kommunalen Liegenschaften von rund 782 MWh.

**Tabelle 11: thermisches Einsparpotential ausgewählter Liegenschaften**

Liegenschaft	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Wärmebedarf [kWh <sub>th</sub> /a]	spez. Wärmebedarf [kWh <sub>th</sub> /m <sup>2</sup> *a]	Wärmebedarf nach Sanierung [kWh <sub>th</sub> /a]	Einsparung [%]
Kindergarten (Kirchplatz 6)	610	87.000	142	37.000	58
Schule/Turnhalle (Prisostraße 2)	2.015	234.000	116	121.000	48
Strogenhalle (Zustorfer Straße 3)	1.858	214.000	115	111.000	48
Schule (Erdinger Straße 1)	3.004	337.000	112	180.000	46
Rathaus & Kinderhaus (Schulstraße 1)	2.003	220.000	110	120.000	45
Kindergarten (Bgm.-Stuhlberger-Straße 2)	2.112	217.000	103	127.000	42
Rathaus (Marktplatz 8)	1.153	108.000	94	69.000	36
Bürgerhaus (Obere Hauptstraße 21)	415	39.000	93	25.000	35

Ausgehend von einer jährlichen Steigerung der Elektroeffizienz in den kommunalen Liegenschaften um 1,5 Prozentpunkte kann bis zum Jahr 2030 der elektrische Verbrauch um jährlich rund 429 MWh gesenkt werden.

### 3.3.2.2 Straßenbeleuchtung

Nach Auskunft der einzelnen Energieversorgungsunternehmen, welche im Betrachtungsgebiet Netzbetreiber des jeweiligen Stromnetzes sind, sind in den vier Kommunen rund 1.600 Leuchtmittel installiert, welche im Bilanzierungsjahr 2010 einen Stromverbrauch von rund 502 MWh verursachten.

Durch konsequente Umrüstung der bestehenden Leuchtmittel (rund 1.600) auf die LED-Technik könnten jährlich rund 264 MWh an elektrischer Energie eingespart werden.

### 3.3.2.3 Zusammenfassung

Durch konsequentes Umsetzen der Maßnahmen zur Reduzierung des **elektrischen Energieverbrauchs** bei den kommunalen Liegenschaften könnte der Stromverbrauch von aktuell 1.932 MWh pro Jahr auf rund 1.240 MWh pro Jahr reduziert werden.

In Summe kann der **thermische Endenergiebedarf** im Bereich der kommunalen Liegenschaften im Bilanzierungsgebiet durch eine energetische Sanierung um rund 24 % bis zum Jahr 2030 gesenkt werden. Dies entspricht einer Einsparung in Höhe von rund 782 MWh jährlich.

### 3.3.3 Potentialbetrachtung im Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie

Grundsätzlich ist die Potenzialabschätzung im Sektor GHDI mit Unsicherheiten behaftet. In großen Betrieben stellt der Energiebedarf für Raumwärme meist nur einen geringen Teil des Gesamtenergiebedarfs dar, weil energieintensive Verarbeitungsprozesse durchzuführen sind. Aufgrund von gealterten Versorgungsstrukturen in den Betrieben ist das energetische Einsparpotential hierbei jedoch oft sehr groß. Selbstverständlich bleiben auch manche energieintensive Arbeitsprozesse bestehen, da eine Optimierung nicht, oder kaum mehr möglich ist.

Eine genaue Analyse der Energieeinsparpotentiale kann nur durch ausführliche Begehung sämtlicher Betriebe und umfangreiche Erhebungen erfolgen. Zudem beeinflussen die konjunktur- und strukturbedingten Entwicklungen den Energieverbrauch erheblich. Die Ermittlung der Einsparpotenziale im Strom- und Wärmebereich erfolgt an Hand bundesweiter Potenzialstudien, eigener Berechnungen nach Erfahrungswerten, sowie der Annahme einer allgemein umsetzbaren jährlichen Effizienzsteigerung.

Aus verschiedenen Quellen, wie z.B. dem „Leitfaden für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe“, der im Jahre 2009 vom Bayerischen Landesamt für Umwelt veröffentlicht wurde, lassen sich Aussagen darüber treffen, in welchen Bereichen in dieser Verbrauchergruppe Einsparpotentiale vorhanden sind. *[Quelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt „Leitfaden für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe“]*

### 3.3.3.1 Reduzierung bzw. Effizienzsteigerung im Stromverbrauch

#### Maschinen-, Anlagen- und Antriebstechnik

Rund 70 % des Stromverbrauchs in Industriebetrieben entfallen auf den Bereich der elektrischen Antriebe. Mehr als zwei Drittel dieses Bedarfs an elektrischer Energie werden für den Betrieb von Pumpen, Ventilatoren und Kompressoren benötigt.

Die möglichen Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung im Bereich der Maschinen-, Anlagen und Antriebstechnik werden in Tabelle 12 zusammenfassend dargestellt. Die Potentiale wurden hierbei dem „Leitfaden für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe“ entnommen. *[Quelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt]*

Folglich können die nachfolgend aufgeführten Einsparpotentiale nur als durchschnittliche Werte gesehen werden, die in der tatsächlichen Umsetzung deutlich abweichen können. Eine ausführliche Beschreibung der Effizienzsteigerungen ist im Anhang, Kapitel 12.4 dargestellt.

**Tabelle 12: Energieeffizienzsteigerung in der Maschinen-, Anlagen- und Antriebstechnik**  
*[Quelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt „Leitfaden für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe; eigene Darstellung]*

<b>Maßnahmen</b>	<b>wirtschaftliches Einsparpotential</b>
<b>Verbesserung des Antriebs</b>	
Einsatz hocheffizienter Motoren	3%
Einsatz drehzahlvariabler Antriebe	11%
<b>Systemverbesserungen</b>	
bei Druckluftsystemen	33%
bei Pumpensystemen	30%
bei Kältesystemen	18%
bei raumluftechnischen Anlagen und Ventilatoren	25%
<b>Motorensysteme gesamt</b>	<b>25-30%</b>

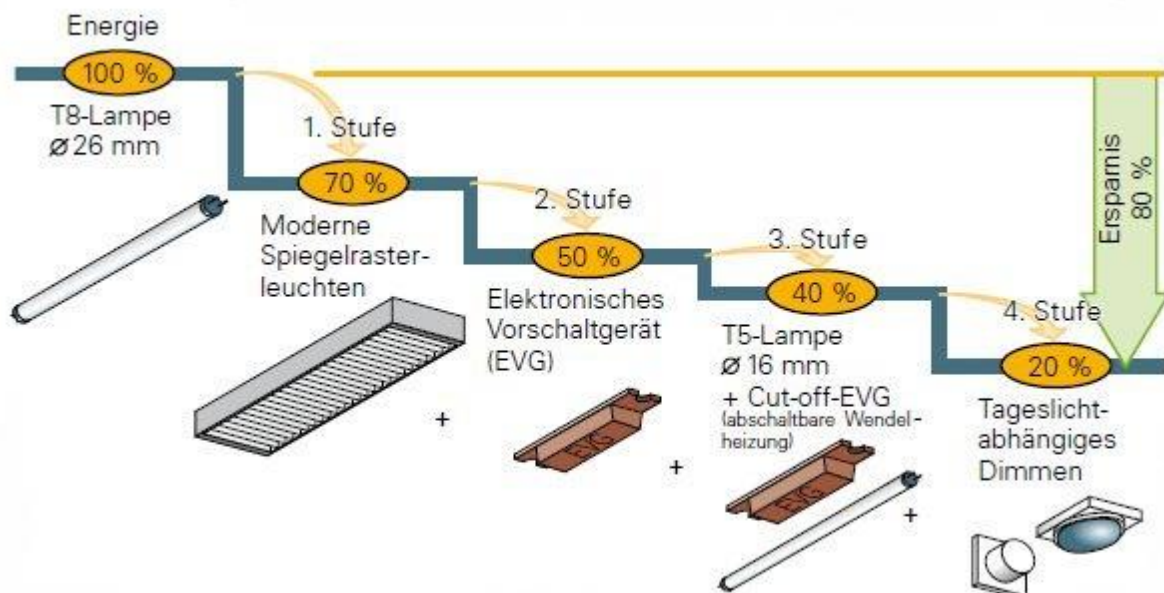
## Beleuchtung

Die Beleuchtung in Industrie und Gewerbe/Handwerksbetrieben weist bei einem Großteil der Unternehmen jährlich einen Anteil zwischen 15 und 25 % des gesamten elektrischen Energieverbrauchs auf.

Durch gezielte Maßnahmen, wie z.B. der Installation von:

- modernen Spiegelrasterleuchten
- elektronischen Vorschaltgeräten
- Dimmern

kann dieser Anteil, wie in Abbildung 13 dargestellt, um bis zu 80 % gesenkt werden.



**Abbildung 13: Die Einsparpotentiale im Bereich der Beleuchtung**

*[Quelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt „Leitfaden für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe; eigene Darstellung]*

### **3.3.3.2 Einsparung bzw. Effizienzsteigerung im Bereich Raumheizung, Prozesswärme und Warmwasserbereitung**

Ein Großteil des betrieblichen Energieverbrauchs entfällt auf die Bereitstellung von Wärmeenergie (Raumwärme und Prozesswärme). Die am häufigsten erkannten Einsparpotentiale in Industrie und Gewerbe/Handwerksbetrieben werden nachfolgend aufgeführt.

- Einsatz von Strahlungsheizungen zur Hallenbeizung
- optimierte Dimensionierung der Heizkessel
- Einsatz von modulierenden Brennern im Teillastbetrieb
- Vorwärmung der Verbrennungsluft durch Abwärmenutzung
- Einsatz eines Luftvorwärmers bzw. Economizers bei der Dampferzeugung
- Wärmedämmung von Rohrleitungen
- Anpassung der Heiztechnik an die benötigten Prozesstemperaturen

### 3.3.3.3 Zusammenfassung

Der thermische Endenergieverbrauch für die Verbrauchergruppe GHD/Industrie beläuft sich im Ausgangszustand auf etwa 2.731 MWh/a, wodurch jährlich rund 749 Tonnen CO<sub>2</sub>-Emissionen verursacht werden. Der elektrische Endenergieverbrauch beläuft sich im Ist-Zustand auf rund 9.792 MWh/a, wodurch jährlich CO<sub>2</sub>-Emissionen in Höhe von 6.199 Tonnen entstehen.

Unter der Annahme, dass kein Produktionszuwachs stattfindet, könnte der **thermische** Endenergiebedarf bei einer jährlichen Effizienzsteigerung von 1,5 Prozentpunkten (EU-Energieeffizienzrichtlinie) in den nächsten 20 Jahren bis zum Zieljahr 2030 um insgesamt 30 % verringert werden. Hieraus resultiert eine Einsparung von rund 819 MWh an elektrischer Endenergie.

Unter der Annahme, dass kein Produktionszuwachs stattfindet, könnte der **elektrische** Endenergiebedarf bei einer konservativ eingeschätzten, jährlichen Effizienzsteigerung von 1,5 Prozentpunkten (EU-Energieeffizienzrichtlinie) in den nächsten 20 Jahren bis zum Zieljahr 2030 um insgesamt 30 % verringert werden. Hieraus resultiert eine Einsparung von rund 2.938 MWh an elektrischer Endenergie.

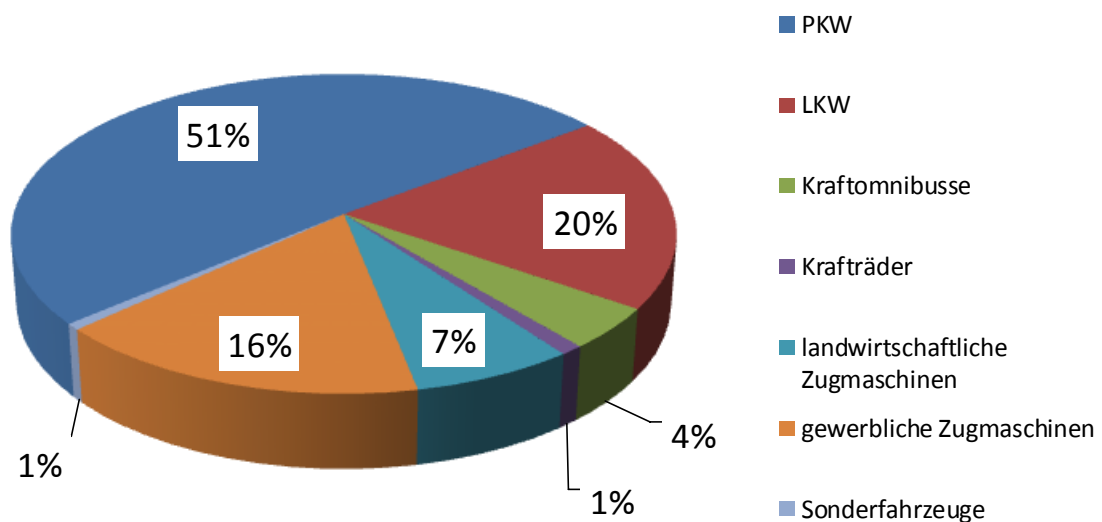
#### Hinweis

Die aufgeführten Einsparpotentiale können nur als durchschnittliche Werte gesehen werden. Bei der tatsächlichen Umsetzung im Betrachtungsgebiet können sich deutliche Abweichungen ergeben.

### 3.3.4 Potentialbetrachtung im Bereich Straßenverkehr / Kraftfahrzeuge

In Deutschland wird rund ein Viertel des jährlichen Energieverbrauchs durch den Betrieb von Kraftfahrzeugen eingenommen. Im Betrachtungsgebiet liegt der Anteil des Endenergiebedarfes für den Betrieb von Kraftfahrzeugen mit 53 % deutlich höher als im bundesweiten Durchschnitt. Für einen ländlich geprägten Raum ist dies jedoch charakteristisch.

Der Verkehrssektor im Betrachtungsgebiet verursacht einen jährlichen CO<sub>2</sub>-Ausstoß in Höhe von rund 47.327 Tonnen. Die Sparte der Personenkraftwagen hat in der Verbraucherguppe „Verkehr“ den größten Anteil mit rund 51 % des gesamten CO<sub>2</sub>-Ausstoßes gefolgt von den Lastkraftwagen mit einem Anteil von circa 20 %.



**Abbildung 14: Die Aufteilung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Verbraucherguppe Verkehr aufgelistet nach den verschiedenen Fahrzeugarten**

Nachfolgend werden verschiedene Potentiale betrachtet, um die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Sektor Verkehr zu verringern.

## **Klimaeffizienz im Bereich des PKW- und LKW-Sektors anhand der Shell Studie** **[www.shell.com]**

Im Betrachtungsgebiet liegt die PKW-Dichte bei rund 640 PKW pro 1.000 Einwohner. Sowohl die Bevölkerungszahlen, die PKW-Dichte und die Anzahl der zugelassenen Fahrzeuge nahmen in den letzten Jahren stetig zu. Einen Grund hierfür stellt der in Kapitel 3.2 beschriebene, demographische Wandel dar. Zum einen wollen die über 65-jährigen zunehmend mobiler werden und gleichzeitig stieg der Motorisierungsgrad der Frauen und der Jugend in den vergangenen Jahren deutlich an. Zudem blieb die PKW-Fahrleistung trotz steigender Energiepreise in den vergangenen Jahren nahezu unverändert hoch.

In der Shell-Studie wurde das Nachhaltigkeitsszenario „Automobilität im Wandel“ entwickelt, in dem die künftige Entwicklung des Verkehrssektors bis zum Jahr 2030 berechnet wurde. Nach dieser Studie soll rund die Hälfte aller PKW bis zum Jahr 2030 mit Hybridantrieb ausgestattet sein. Durch den technologischen Fortschritt wird der Kraftstoffverbrauch konventioneller Kraftstoffe in den nächsten 20 Jahren von aktuell rund 7,5 Liter/ 100 km auf rund 5,2 Liter/ 100 km sinken. Im Rahmen dieser Studie werden die Prognosen der Shell Studie (sinkender Kraftstoffverbrauch) auf das Gebiet der vier Kommunen angewandt.

Unter diesen Randbedingungen ließen sich bis zum Jahr 2030 rund 28 % des Endenergieverbrauchs in der Verbrauchergruppe Verkehr einsparen. Dies würde einer Einsparung von rund 43.880 MWh pro Jahr entsprechen, was wiederum einer Einsparung von rund 13.252 Tonnen CO<sub>2</sub> jährlich gleichkommt.

### **Hinweis:**

Im Anhang dieser Studie sind zudem allgemeine wissenschaftliche Erkenntnisse (Umstieg auf alternative Kraftstoffe, effizientere Treibstoffnutzung, Wasserstofftechnik und Elektromobilität) ausführlich beschrieben.

### 3.3.5 Zusammenfassung

In Tabelle 13 werden die im Rahmen dieser Studie berechneten Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz in den einzelnen Verbrauchergruppen zusammenfassend dargestellt. In Summe werden im Betrachtungsgebiet jährlich rund 294.368 MWh Endenergie verbraucht, wovon rund 98.689 MWh Endenergie dem Verbrauch an thermischer Energie, rund 38.965 MWh dem Verbrauch an elektrischer Energie, sowie rund 156.713 MWh dem Verbrauch an Kraftstoffen für den mobilen Bereich zuzuordnen sind.

Durch die aufgezeigten Maßnahmen zur Effizienzsteigerung können in der Verbrauchergruppe

- ➔ „private Haushalte“ rund 8.172 MWh an elektrischer und rund 22.533 MWh an thermischer Endenergie
- ➔ „kommunale Liegenschaften“ rund 693 MWh an elektrischer und rund 782 MWh an thermischer Endenergie
- ➔ „GHD / Industrie“ rund 2.938 MWh an elektrischer und rund 819 MWh an thermischer Endenergie
- ➔ „Verkehr“ rund 43.880 MWh an mobiler Endenergie

eingespart werden.

**Tabelle 13: Übersicht der Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz bzw. -einsparung**

		Endenergie Ist-Zustand [MWh/a]	Maßnahme	Einsparpotential [%]	Einsparpotential [MWh/a]	Endenergie 2030 [MWh/a]
private Haushalte	Endenergie thermisch	92.674	Wärmedämmung Sanierungsrate 2 % auf EnEv 2009	24	22.533	70.141
	Endenergie elektrisch	27.240	Steigerung der Elektroeffizienz	30	8.172	19.068
kommunale Liegenschaften	Endenergie thermisch	3.284	Wärmedämm- maßnahmen	24	782	2.503
	Endenergie elektrisch	1.430	Steigerung der Energieeffizienz	30	429	1.001
	Endenergie elektrisch	502	Umrüstung auf LED	52	264	239
Großgewerbe, Handel, Dienstleistung , Industrie, Sonderkunden	Endenergie thermisch	2.731	Effizienzsteigerung	30	819	1.912
	Endenergie elektrisch	9.792	Effizienzsteigerung	30	2.938	6.855
Verkehr	Endenergie mobil	156.713	Effizienzsteigerung persönliches Verhalten	28	43.880	112.834

Durch die beschriebenen Energieeinsparmaßnahmen können in der Verbrauchergruppe

- ➔ „private Haushalte“ rund 11.347 Tonnen CO<sub>2</sub>
- ➔ „kommunale Liegenschaften“ rund 653 Tonnen CO<sub>2</sub>
- ➔ „GHD / Industrie“ rund 2.084 CO<sub>2</sub>
- ➔ „Verkehr“ rund 13.252 Tonnen CO<sub>2</sub>

eingespart werden.

### 3.4 Potentiale zum Einsatz Erneuerbarer Energien

In der nachfolgenden Ermittlung wird eine Datenbasis über das grundsätzliche und langfristig zur Verfügung stehende Potential aus diversen erneuerbaren Energiequellen im Betrachtungsgebiet zusammengestellt. Als erneuerbare Energien in diesem Sinne werden Energieträger bezeichnet, die im gleichen Zeitraum in dem sie verbraucht werden wieder neu gebildet werden können, oder grundsätzlich in unerschöpflichem Maße zur Verfügung stehen.

In dieser Studie werden insbesondere die Verfügbarkeit von Biomasse sowie die direkte Sonnenstrahlung genauer betrachtet. Einen Sonderfall stellt die Geothermie dar, die ebenfalls zu den erneuerbaren Energieträgern gezählt wird, da sie für menschliche Zeitschichten ebenfalls als unerschöpflich angesehen werden kann. Abbildung 15 gibt eine Übersicht der Möglichkeiten zur Nutzung des regenerativen Energieangebotes.

Ursache	Primärwirkung	Sekundärwirkung	Anlagen	Nutzenergie
Sonne: Solarstrahlung	Erwärmung der Erdoberfläche	Verdampfung, Schmelzen	Wasserkraftwerke	Strom
		Luftbewegung: Wind, Wellen	Windkraftwerke	Strom
			Wellenkraftwerke	Strom
		Meeresströmung	Strömungskraftwerke	Strom
	Temperaturgradient	Meereswärmekraftwerke	Strom	
		Wärmepumpen	Wärme	
	Direkte Solarstrahlung	Photoelektrischer Effekt	Photovoltaikkraftwerke	Strom
		Erwärmung	Solarthermische Kraftwerke	Wärme
Photolyse		Photolyseanlagen	Brennstoffe	
Photosynthese		Biomassegewinnung und-verarbeitung	Brennstoffe	
Erde	Erdwärme		Geothermiekraftwerke	Strom, Wärme
Mond	Gravitation	Gezeiten	Gezeitenkraftwerke	Strom

**Abbildung 15: Die Möglichkeiten der Nutzung Erneuerbarer Energiequellen**

*[Quelle: [www.wissenschaft-technik-ethik.de](http://www.wissenschaft-technik-ethik.de); eigene Darstellung]*

### 3.4.1 Photovoltaik und Solarthermie

Die Nutzung der direkten Sonneneinstrahlung ist auf verschiedene Arten möglich. Zum einen stehen Möglichkeiten der passiven Nutzung von Sonnenlicht und –wärme zur Verfügung, die vor allem in der baulichen Umsetzung bzw. Gebäudearchitektur Anwendung finden. Zum anderen gibt es die aktive Nutzung der direkten Sonnenstrahlung, die in erster Linie in Form der Warmwasserbereitung (Solarthermie) und der Stromerzeugung (Photovoltaik) in technisch ausgereifter Form zur Verfügung steht.

Zur Abschätzung der zur Verfügung stehenden Flächen für die Installation von Photovoltaik oder Solarthermie werden die nachfolgend beschriebenen Annahmen getroffen. Zunächst wird bei der Ermittlung der potentiellen Fläche nicht nach einer photovoltaischen oder solarthermischen Nutzung unterschieden.

Der „Statistik Kommunal“ [Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung] ist der Gesamtbestand an Wohngebäuden im Betrachtungsgebiet zu entnehmen. Da eine Erfassung aller Gebäude mit Ausrichtung, Dachneigung und Verbauung im Einzelnen nicht möglich ist, müssen pauschalisierte Annahmen getroffen werden. Alle Wohngebäude haben entweder geneigte Dächer mit einer Dachneigung zwischen 30 und 60 Grad oder besitzen ein Flachdach. Die Ausrichtung der Gebäude (Firnstrichtung) ist nahezu gleich verteilt, d.h. es stehen genauso viele Häuser hauptsächlich in Ost-West-Richtung, wie in Nord-Süd –Richtung. Wird davon ausgegangen, dass bis zu einer Abweichung von +/- 45 Grad zur optimalen Südausrichtung, die nach Süden geneigte Dachfläche grundsätzlich nutzbar ist, so errechnet sich eine Fläche von rund 25 % der gesamten geneigten Dachfläche. Von dieser grundsätzlich nutzbaren Fläche müssen Verbauungen und Verschattungen durch Erker, Dachfenster, Schornsteine und sonstige Hindernisse abgezogen werden. Hierfür wird von der grundsätzlich nutzbaren Fläche ein Fünftel abgezogen. Zudem wurden denkmalgeschützte Bereiche in der Betrachtung nicht berücksichtigt. Demzufolge bleiben knapp 20 % der gesamten schrägen Dachfläche zur Installation von Photovoltaik oder Solarthermie zur Verfügung.

Zudem bietet sich die Installation von Solarthermie / PV-Anlagen auf vorhandenen Dächern der Gewerbe / Industriebetriebe an. Die Berechnung der geeigneten Fläche auf Schrägdächern erfolgt äquivalent zur Berechnung der Wohngebäude. Auf Flachdächern sollten die Anlagen aufgeständert installiert werden. Die Anlagen können somit in Neigung und Ausrichtung optimal zur Sonne ausgerichtet werden.

Durch die Aufständigung am Flachdach ergeben sich jedoch zwischen den einzelnen Reihen in Abhängigkeit vom Sonnenstand Verschattungen, wodurch nur etwa ein Drittel der Grundfläche als Modulfläche nutzbar ist. Auch bei Flachdächern wird noch ein Fünftel der grundsätzlich nutzbaren Fläche aufgrund von Verbauungen und Verschattungen von Hindernissen abgezogen, sodass letztendlich ca. 25 % der Flachdachfläche als Modulfläche nutzbar sind.

Mithilfe der Anzahl der Wohngebäude aus der Statistik Kommunal, den vorhandenen Dächern der Gewerbe/Industriebetrieben, der Auswertung von Luftbilddaufnahmen und unter Berücksichtigung der erläuterten Annahmen kann die für die Nutzung von Solarthermie und Photovoltaik geeignete Dachfläche (Modulfläche) bestimmt werden. In Summe beläuft sich die nutzbare Modulfläche im Betrachtungsgebiet auf rund 195.000 m<sup>2</sup>.

Ausgehend vom heutigen Stand der Technik kann bei der Verwendung von monokristallinen PV-Modulen zur solaren Stromproduktion von einem Flächenbedarf von rund 7,5 m<sup>2</sup>/kW<sub>p</sub> ausgegangen werden. Mit einer solarthermischen Anlage können pro m<sup>2</sup> Kollektorfläche ca. 350 kWh Wärme pro Jahr bereitgestellt werden. Jedoch kann dieser technische Vorteil nur bedingt genutzt werden, da die schlechte Transportfähigkeit und die mangelnde Speicherefähigkeit einen Durchbruch dieser Technik erschweren. So ist beispielsweise die Wärmeerzeugung in den Sommermonaten am höchsten, während der Wärmebedarf erst in den Wintermonaten merklich ansteigt.

Aus diesem Grund besitzt die Photovoltaik, welche bezüglich der Dachflächen in direkter Konkurrenz zur solarthermischen Nutzung steht einen deutlichen Wettbewerbsvorteil, da der Bedarf an elektrischer Energie über das gesamte Jahr betrachtet deutlich konstanter ist.

Für die weiteren Berechnungen wird von folgenden Annahmen ausgegangen:

- |                             |   |                           |  |
|-----------------------------|---|---------------------------|--|
| – Photovoltaik (Aufdach)    | → | mittl. jährlicher Ertrag: | 900 kWh <sub>el</sub> /kW <sub>p</sub>   |
| – Photovoltaik (Freifläche) | → | mittl. jährlicher Ertrag: | 1.000 kWh <sub>el</sub> /kW <sub>p</sub> |
| – Solarthermie              | → | mittl. jährlicher Ertrag: | 350 kWh <sub>th</sub> /m <sup>2</sup>    |

## Szenario

Es wird davon ausgegangen, dass die für solare Nutzung geeignete Dachfläche für die Installation von Solarthermieanlagen für die Warmwasserbereitung und die Installation von Photovoltaikanlagen für die Stromproduktion genutzt werden.

Aufgrund der direkten Standortkonkurrenz der beiden Techniken muss eine prozentuale Verteilung berücksichtigt werden. Um ein praxisbezogenes Ausbausoll an Solarthermiefläche vorgeben zu können, wird als Randbedingung ein Deckungsziel von 50 % des Warmwasserbedarfs in der Verbrauchergruppe „Private Haushalte“ anvisiert. Der Warmwasserbedarf kann mit verschiedenen Annahmen abgeschätzt werden. Ausgehend von einem spezifischen Warmwasserbedarf von  $12,5 \text{ kWh}_{\text{th}}/\text{m}^2_{\text{WF}} \cdot \text{a}$  ergibt sich für das Betrachtungsgebiet ein jährlicher Gesamt-Warmwasserwärmebedarf von rund  $7.138 \text{ MWh}_{\text{th}}$ , von dem rund  $3.569 \text{ MWh}_{\text{th}}$  durch Solarthermie gedeckt werden sollen (entsprechend 50 %). Um die Randbedingung des 50 prozentigen Deckungsgrades zu erreichen, werden insgesamt rund  $11.900 \text{ m}^2$  an Kollektorfläche benötigt. Diese Fläche stellt gleichzeitig das Gesamtpotential für die Solarthermie dar.

Derzeit sind im Betrachtungsgebiet Solarthermieanlagen mit einer Gesamtfläche von rund  $4.800 \text{ m}^2$  bereits installiert.

Zur Erreichung des oben definierten Gesamtpotentials müssen demnach noch  $7.100 \text{ m}^2$  zugebaut werden (solarthermisches Ausbaupotential).

Ausgehend von der Annahme, dass die benötigten Solarthermie-Kollektoren installiert werden, ergibt sich eine maximale nutzbare Restdachfläche für Photovoltaikmodule von  $182.000 \text{ m}^2$ . Nachfolgend wird das realistische Szenario betrachtet, falls lediglich 60 % dieser grundsätzlich für Photovoltaik geeigneten Dachfläche belegt werden (entspricht rund  $109.000 \text{ m}^2$ ). In der weiteren Betrachtung wird diese Fläche zur Ermittlung des PV-Ausbaupotentials herangezogen. In Summe können auf dieser Modulfläche Photovoltaikmodule mit einer Gesamtleistung in Höhe von rund  $14.600 \text{ kW}_p$  installiert werden. Im Jahr 2010 sind bereits Module mit einer Gesamtleistung von rund  $8.500 \text{ kW}_p$  installiert. Das Ausbaupotential beträgt folglich noch rund  $6.100 \text{ kW}_p$ . Hierdurch können jährlich rund  $13.115 \text{ MWh}$  an Strom produziert werden.

Die Potentiale für Erneuerbare Energien aus PV- und Solarthermieanlagen sind in der nachfolgenden Tabelle 14 als Übersicht zusammengefasst.

Tabelle 14: Das Potential Erneuerbarer Energien aus Solarthermie und Photovoltaik

<b>Solarthermie und Photovoltaik</b>	
geeignete Modulfläche (Dachneigung, Denkmalschutz, etc.)	195.000 m <sup>2</sup>
<b>Warmwasserbereitung durch Solarthermie</b>	
(50% des WW-Bedarfes der privaten Haushalte)	
Erforderliche Kollektorfläche	11.900 m <sup>2</sup>
bereits installiert	4.800 m <sup>2</sup>
Ausbaupotential	7.100 m <sup>2</sup>
→ <b>gesamte Wärmeproduktion</b>	<b>3.569 MWh/a</b>
<b>Stromproduktion durch Photovoltaik</b>	
(60% der übrigen geeigneten Dachfläche)	
Gesamtpotential	14.600 kW <sub>peak</sub>
bereits installiert	8.500 kW <sub>peak</sub>
Ausbaupotential	6.100 kW <sub>peak</sub>
→ <b>gesamte Stromproduktion</b>	<b>13.115 MWh/a</b>

Durch den kontinuierlichen Ausbau der Solarthermie und der Photovoltaik im Betrachtungsgebiet entstehen Investitionskosten in Höhe von rund 9.200.000 Euro. Durch den beschriebenen Ausbau der direkten Nutzung der Sonnenenergie können rund 4.246 Tonnen an CO<sub>2</sub>-Emissionen vermieden werden.

### 3.4.2 Biomasse

Als Biomasse wird im allgemeinen Sprachgebrauch die Gesamtheit der Masse an organischem Material in einem Ökosystem bezeichnet.

Die Biomasse kann in Primär- und Sekundärprodukte unterteilt werden, wobei erstere durch die direkte Ausnutzung der Sonnenenergie (Photosynthese) entstehen. Im Hinblick auf die Energiebereitstellung zählen hierzu land- und forstwirtschaftliche Produkte aus einem Energiepflanzenanbau oder pflanzliche Rückstände und Abfälle aus der Land- und Forstwirtschaft sowie der Industrie und aus Haushalten (z. B. Rest- und Altholz).

Sekundärprodukte entstehen durch den Ab- bzw. Umbau der organischen Substanz in höheren Organismen (Tieren). Zu ihnen zählen unter anderem Gülle oder Klärschlamm.

Im Rahmen dieser Studie wird unter Biomassepotential das Potential an

- Primärprodukten für die energetische Nutzung,
- Gülle durch den Viehbestand,
- Klärschlammnutzung der kommunalen Kläranlagen
- Nutzung des Bioabfallaufkommens

im Betrachtungsgebiet ermittelt. Es erfolgt eine Aufteilung in land- und forstwirtschaftliche Potentiale unter Einbeziehung der zur Verfügung stehenden Flächen.

### 3.4.2.1 Forstwirtschaft

Die gesamte Waldfläche im Betrachtungsgebiet umfasst rund 990 ha, was einem Anteil an der gesamten Gebietsfläche von etwa 9 % entspricht.

Bei der Ermittlung des maximal zur Verfügung stehenden Potentials an Primärenergie aus Holz wird von einem durchschnittlichen Holzzuwachs von etwa 8 Vollfestmeter je ha und Jahr ausgegangen.

Bei der vorhandenen Waldfläche im Betrachtungsgebiet entspricht dies einem theoretisch nutzbaren Gesamtpotential von rund 15.063 MWh/a. Bei dem zur Verfügung stehenden Potential an Holz steht der Anteil, welcher energetisch genutzt werden kann in Konkurrenz mit der stofflichen Verwertung. Der Rohstoff Holz ist nicht nur ein wichtiger Energieträger sondern auch Ausgangsstoff für unzählige Produkte des täglichen Gebrauchs. Der Großteil geht in die weiterverarbeitende Holz- oder Papierindustrie. Der durchschnittliche jährliche Ertrag für die energetische Nutzung (Holzbrennstoffe Ertrag) beläuft sich in Abstimmung mit den beteiligten Akteuren auf rund **4.971 MWh/a** und entspricht folglich rund 30 % des theoretisch zur Verfügung stehenden Potentials.

#### Landschaftspflegeholz

Landschaftspflegeholz (Holz aus öffentlichem und privatem Baum-, Strauch- und Heckenschnitt) unterliegt keiner sonstigen Nutzung und steht somit – theoretisch – komplett zur Verfügung. Unter der Annahme eines jährlichen Anfalls an Landschaftspflegeholz von rund 101 kg pro Einwohner, laut Abfallstatistik Bayern für den Landkreis Erding, entspricht dies einer Masse von rund 1.340 Tonnen im Betrachtungsgebiet (rund **2.937 MWh/a**). [Abfallbilanz Bayern; eigene Berechnung]

Altholz

Eine Sonderstellung kommt dem Altholz zu. Pro Einwohner und Jahr fallen im Landkreis Erding laut Abfallbilanz Bayern ca. 9,2 kg Altholz an.

Bezogen auf die Einwohnerzahl im Betrachtungsgebiet steht dadurch eine Menge von knapp 120 t/a zur Verfügung. Davon werden knapp 50% zur Produktion von Holzwerkstoffen oder Papier verwendet, bzw. können aufgrund der Belastungen nicht ohne Aufbereitung verbrannt werden. Der Rest steht potentiell für die energetische Verwertung in Biomasseheizwerken zur Verfügung (rund **243 MWh/a**). [Abfallbilanz Bayern; eigene Berechnung]

In Tabelle 15 ist das Potential zur Energiebereitstellung aus holzartiger Biomasse aufgelistet.

**Tabelle 15: Übersicht der Energiebereitstellungspotentiale aus Holz**

Energiebereitstellung	[MWh/a]
Nachwuchs auf gesamter Waldfläche <i>(rund 990 ha; regenerativer Nachwuchs ca. 8,0 Fm/ha x a)</i>	15.063
davon als Brennholz nutzbar	4.971 (rund 33%)
<u>zusätzlich:</u>	
Landschaftspflegeholz	2.937
Altholz	243
<b>Summe nutzbares Gesamtpotential</b>	<b>8.151 MWh/a</b>

In Summe beträgt das nutzbare Gesamtpotential an fester Biomasse für das Betrachtungsgebiet rund 8.151 MWh/a. In den vier Kommunen werden bereits rund 22.699 MWh/a durch die Feuerung von Biomasse-Zentralöfen und Einzelfeuerstätten verbraucht. Somit steht aus eigenen Ressourcen im Betrachtungsgebiet kein Ausbaupotential mehr zur Verfügung.

### 3.4.2.2 Landwirtschaft

#### Biogas aus Energiepflanzen

Bei der Abschätzung des Potentials an Biomasse aus der landwirtschaftlichen Produktion wird in dieser Studie von einem Anbau von Energiepflanzen (z.B. Raps, Mais o. sonstige) auf 25 % der zur Verfügung stehenden landwirtschaftlichen Fläche ausgegangen. Folglich würden weiterhin 80 % der Flächen für die Nahrungsmittelproduktion zur Verfügung stehen.

Bei einer ausgewiesenen landwirtschaftlichen Nutzfläche von rund 8.401 ha im gesamten Betrachtungsgebiet stünden demnach rund 2.100 ha für den Anbau von Energiepflanzen zur Verfügung.

Durch einen wechselnden Anbau verschiedener Energiepflanzen ist das Ertragsspektrum sehr weit. Die Erträge sind von den jährlichen klimatischen Bedingungen sowie von der Art und dem Endprodukt der Pflanze abhängig.

Die Nutzungsmöglichkeiten dieser nachwachsenden Rohstoffe zur Energiewandlung sind wiederum sehr vielfältig. Eine Möglichkeit der energetischen Nutzung besteht beispielsweise in Biogasanlagen zur Biogaserzeugung, welches anschließend in Blockheizkraftwerken effizient in Strom und Wärme gewandelt werden kann.

Im Rahmen dieser Studie wird der Betrieb des Zweikulturnutzungssystem für den Energiepflanzenanbau betrachtet: Das System basiert darauf, dass zweimal pro Jahr geerntet wird, um einen maximalen Biomasseertrag zu realisieren. Im Frühsommer bringt man zunächst die im Vorjahr gesäte Winterfrucht ein, danach folgt eine Sommerkultur, die man wiederum im Herbst erntet. Anschließend wird wieder eine Winterkultur für das nächste Jahr gesät usw. Es kann jeweils vor der Vollreife der Pflanzen geerntet werden, da nicht die Früchte selbst, sondern der Ertrag an Biomasse im Vordergrund steht. Die ganzjährig bestandene Fläche verhindert Erosion und Nährstoffauswaschung.

Ein ökologischer Landbau sollte auch eine ökologisch verträgliche Energieversorgung haben. Hierfür wird ein spezieller Energiepflanzenanbau benötigt, der zu einer Optimierung in der Fruchtfolgegestaltung führen sollte. Neben Mais mit seinen sehr guten Eigenschaften als Energiepflanze gibt es zahlreiche andere Pflanzenarten, die energetisch genutzt werden können und zu vergleichbaren Energieerträgen führen. Sinnvoll ist dabei die Entwicklung innovativer Anbausysteme für die Energiepflanzen, die sich durch hohe Flächenproduktivität und eine ökologische Verträglichkeit auszeichnen.

Bei einem prognostizierten jährlichen Hektarertrag von rund 6.600 m<sup>3</sup> Biogas liegt das durchschnittliche Potential an **Biogasertrag** auf der zur Verfügung stehenden Fläche im Betrachtungsgebiet bei rund **75.261 MWh im Jahr**. [eigene Berechnung]

→ Diese Biogasenergie kann z. B. in Blockheizkraftwerken in elektrische und thermische Energie umgewandelt werden, wodurch rund 30.104 MWh<sub>el</sub> und 33.868 MWh<sub>th</sub> bereitgestellt werden können (Grundlage:  $\eta_{th} = 0,45$ ;  $\eta_{el} = 0,40$ ). Bei einer durchschnittlichen Jahresbetriebszeit von 8.000 Stunden ergibt sich eine installierte elektrische Leistung von rund 3.800 kW. [eigene Berechnung]

→ Mit diesem jährlichen Biogasertrag könnte in geeignet umgerüsteten Fahrzeugen eine Fahrleistung von insgesamt rund 79.000.000 km/a für den mobilen Sektor zur Verfügung gestellt werden. Bei einer durchschnittlichen Fahrleistung im PKW von 14.100 km/a könnten damit knapp 5.600 PKW betrieben werden. [eigene Berechnung]

### **Biogas aus Gülle**

Eine weitere Möglichkeit der energetischen Nutzung in der Landwirtschaft stellt der Reststoff „Gülle“ dar. Eine Großvieheinheit produziert ca. 15 Tonnen Gülle im Jahr. Mit einer Tonne Gülle können in Biogasanlagen ca. 20-30 m<sup>3</sup> Biogas erzeugt werden.

Unter der Voraussetzung, dass in etwa 25 % der anfallenden Gülle als Input für Biogasanlagen genutzt werden, ergibt sich für das Betrachtungsgebiet derzeit ein Potential von rund 8.289 MWh/a an Biogas.

Diese Biogasenergie kann z. B. in Blockheizkraftwerken in elektrische und thermische Energie umgewandelt werden. Bei angenommenen Nutzungsgraden von  $\eta_{el} = 0,40$  und  $\eta_{th} = 0,45$  können somit 3.316 MWh<sub>el</sub> sowie 3.730 MWh<sub>th</sub> erzeugt werden. Bei einer durchschnittlichen Jahresbetriebszeit von 8.000 Stunden ergibt sich eine installierte elektrische Leistung von rund 400 kW. [eigene Berechnung]

### **Biogas aus Bioabfällen**

Unter der Annahme eines mittleren Bioabfallaufkommens in Höhe von rund 92 kg pro Einwohner stehen im Betrachtungsgebiet bei geeigneter Sammlung (z.B. Biotonne) in Summe rund 1.200 Tonnen zur Verfügung. Bei einem mittleren Biogasertrag von rund 100 m<sup>3</sup> pro Tonne Bioabfall könnten folglich rund 288 MWh<sub>el</sub> sowie 324 MWh<sub>th</sub> erzeugt werden. Bei einer durchschnittlichen Jahresbetriebszeit von 8.000 Stunden ergibt sich eine installierte elektrische Leistung von rund 40 kW. [Abfallbilanz Bayern; eigene Berechnung]

### **Biogas aus Klärschlamm**

Eine weitere Möglichkeit stellt die Biogaserzeugung aus Klärschlamm der kommunalen Kläranlagen dar. Das Klärschlammaufkommen beläuft sich nach Angaben des Bayerischen Landesamts für Umwelt im Landkreis Erding auf rund 34 kg Trockenmasse pro Einwohner. Unter der Annahme eines mittleren Biogasertrages von rund 600 m<sup>3</sup> pro Tonne Trockenmasse Klärschlamm könnten folglich rund 699 MWh<sub>el</sub> sowie 786 MWh<sub>th</sub> erzeugt werden. Bei einer durchschnittlichen Jahresbetriebszeit von 8.000 Stunden ergibt sich eine installierte elektrische Leistung von rund 90 kW. [Abfallbilanz Bayern, eigene Berechnung]

## Zusammenfassung

In den vier Kommunen steht ein Gesamtpotential an Energiepflanzen, Gülle, Bioabfälle und Klärschlamm zur Installation einer Biogasanlage von insgesamt rund 4.330 kW zur Verfügung. Das Gesamtpotential beinhaltet die energetische Verwertung von Energiepflanzen auf 25 % der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche, der energetischen Nutzung von rund 25 % des gesamten Gülleanfalls im Betrachtungsgebiet, der Vergärung des gesamten Bioabfalles im Betrachtungsgebiet und der Vergärung des gesamten Klärschlammaufkommens.

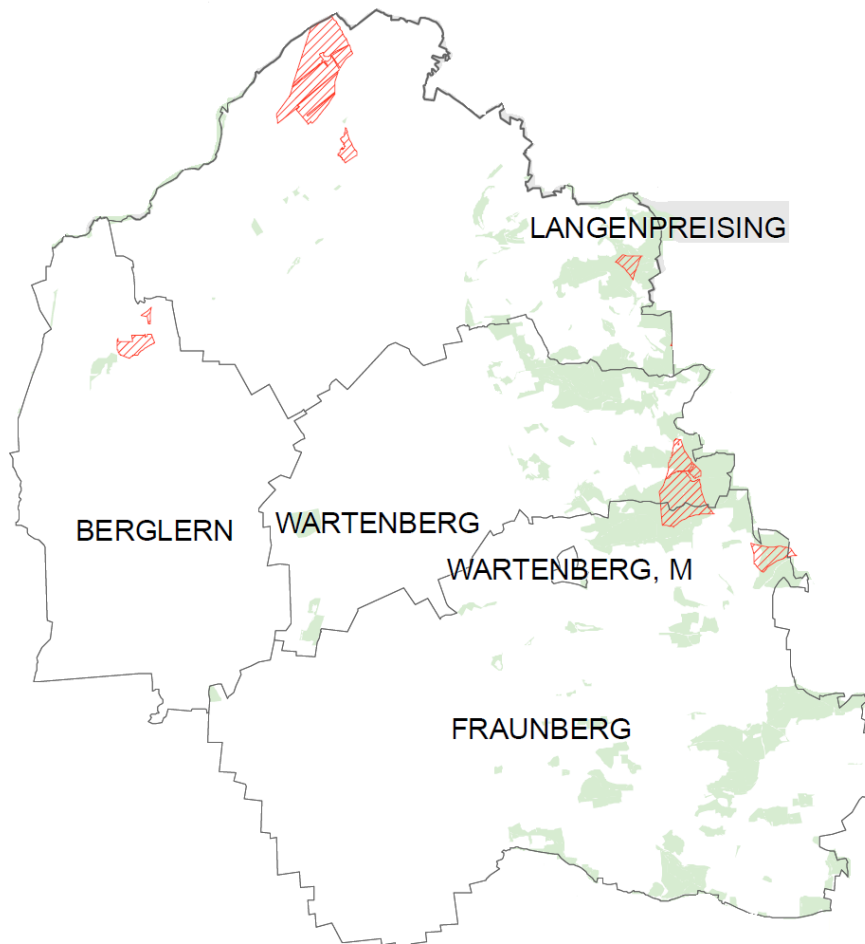
Im Betrachtungsgebiet sind bereits 13 Biogasanlagen mit einer elektrischen Leistung von 2.380 kW installiert (Stand 2010). Demnach steht noch ein Ausbaupotential von Biogasanlagen mit einer elektrischen Leistung von rund 1.950 kW aus heimischer Biomasse zur Verfügung.

Jedoch muss hierbei erwähnt werden, dass die Errichtung der BHKW für einen langfristig wirtschaftlichen Betrieb der Biogasanlagen an einer Wärmesenke installiert werden müssen um die anfallende Wärme sinnvoll nutzen zu können (Forderung EEG: mind. 60% Wärmenutzung). Dies stellt im ländlichen Raum aufgrund der geringen Wärmedichte häufig ein großes Problem dar.

Neben der Errichtung einer Biogasanlage mit direkter Verstromung sollte auch die Errichtung einer Biogasanlage mit Aufbereitung des produzierten Biogases auf Erdgasqualität geprüft werden. In Summe könnte mit den beschriebenen Ausbaupotentialen eine Aufbereitungsanlage mit einer Leistung von rund 500 Nm<sup>3</sup>/h betrieben werden. Hierdurch könnten jährlich rund 50.000 MWh<sub>H<sub>2</sub></sub> an Erdgas in das allgemeine Versorgungsnetz eingespeist werden. Hierdurch könnte mehr als der gesamte Erdgasverbrauch im Betrachtungsgebiet (rund 9.864 MWh<sub>H<sub>2</sub></sub>) bereitgestellt werden. Die Möglichkeit der Errichtung einer Biogasaufbereitungsanlage im Betrachtungsgebiet muss jedoch zunächst einer umfangreichen Wirtschaftlichkeitsprüfung unterzogen werden.

### 3.4.3 Windkraft

Zur Bewertung des Potentials werden die Ergebnisse des „Gemeinsamen, sachlichen Teilflächennutzungsplanes – Windkraft“ für die vier relevanten Kommunen herangezogen. Ein Ausschnitt der Ergebniskarte der ermittelten Konzentrationsflächen ist nachfolgend dargestellt.



**Abbildung 16: Konzentrationsflächen Windkraft**  
**[Quelle: Planungsverband München; eigene Darstellung]**

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse wird ein Potential von sieben Windkraftanlagen mit einem jährlichen Ertrag in Höhe von rund 39.900 MWh für das betreffende Gebiet herangezogen.

### 3.4.4 Wasserkraft

Die Potentialbetrachtung im Bereich der Wasserkraft erfolgt auf verschiedene Wege. Eine Erhöhung der Energieerzeugung im Bereich der Wasserkraft kann durch mehrere Maßnahmen erfolgen:

- Neubau an neuen Standorten
- Neubau an bestehenden, inaktiven Querbauwerken
- Ausbau bestehender Anlagen
- Reaktivierung stillgelegter Anlagen.

Zum Zeitpunkt der Datenerhebung (Stand 2010) sind 8 Wasserkraftanlagen mit einer Gesamtleistung von 98 kW im Betrachtungsgebiet in Betrieb, welche im Bilanzierungsjahr rund 577 MWh an elektrischer Energie erzeugen.

Im Rahmen der Potentialbetrachtung wurden die bestehenden Anlagen hinsichtlich ihres Baualters analysiert und die Potentiale einzeln bewertet. Des Weiteren wurden aktuelle Planungen bzgl. Neubauten berücksichtigt, wie auch die Potentiale der Reaktivierung von bestehenden Querbauwerken mit einbezogen.

In Summe wird hier ein Zubaupotential von rund 980 MWh an elektrischer Energie als realistisch angesehen. Dies entspricht ca. 166 kW zu installierender Leistung.

### 3.4.5 Geothermie

Die Geothermie oder Erdwärme ist die im derzeit zugänglichen Teil der Erdkruste gespeicherte Wärme. Sie umfasst die in der Erde gespeicherte Energie, soweit sie entzogen werden kann. Sie kann sowohl direkt genutzt werden, etwa zum Heizen und Kühlen im Wärmemarkt, als auch zur Erzeugung von elektrischem Strom in einer Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlage.

Grundsätzlich gibt es zwei Arten der Geothermienutzung

- oberflächennahe Geothermie bis ca. 400 Meter Tiefe zur Wärme- und Kältegewinnung (meist über Wärmepumpen in Verbindung mit Erdwärmesonden oder –kollektoren, die als Wärmetauscher genutzt werden) und
- tiefe Geothermie bis ca. 7 km Tiefe. In diesen Tiefen kann neben der Wärmeproduktion auch die Produktion von Strom über die sog. Kraft-Wärme-Kopplung wirtschaftlich interessant sein.

In Abbildung 17 sind die als wirtschaftlich erachteten, möglichen Gebiete für tiefe Geothermie im Bundesland Bayern dargestellt. Die blau gefärbte Fläche stellt Gebiete mit geologisch günstigen Verhältnissen für die energetische Nutzung von Erdwärme mittels tiefer Geothermie dar. Die gelb gefärbte Fläche stellt die Gebiete dar, die möglicherweise günstige geologische Verhältnisse für die energetische Nutzung von Erdwärme mittels Geothermie bieten. Allgemein lässt sich feststellen, dass das Betrachtungsgebiet in einem Gebiet liegt, in welcher Energieerzeugung aus tiefer Geothermie unter Umständen wirtschaftlich realisierbar erscheint.

Dies bedarf jedoch einer detaillierten Prüfung der örtlichen geologischen Verhältnisse, weshalb in dieser Potentialbetrachtung kein Potential an „tiefer“ Geothermie ausgewiesen wird.

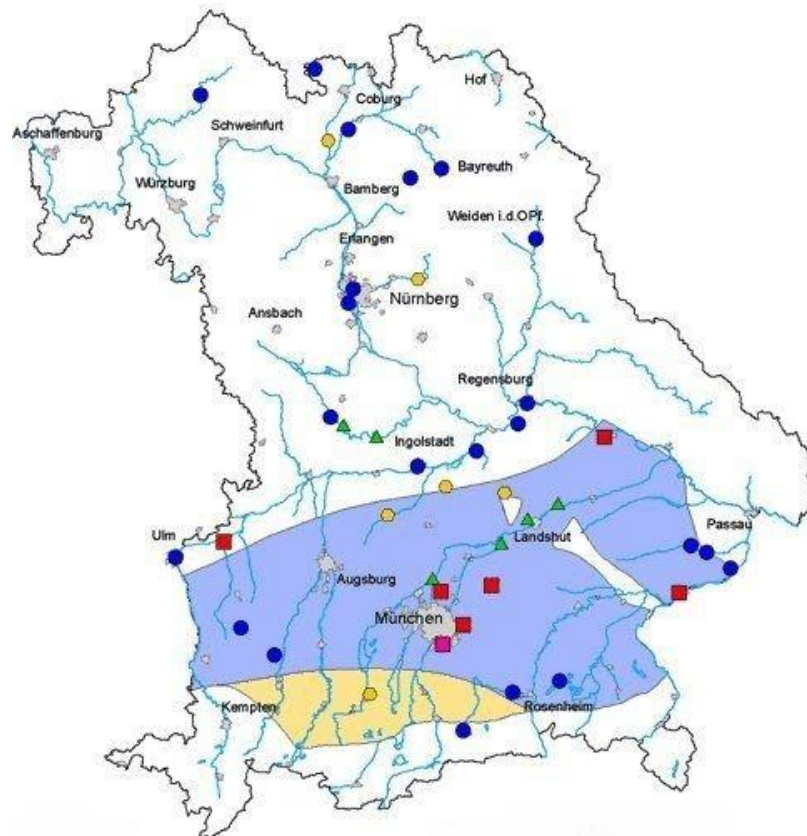


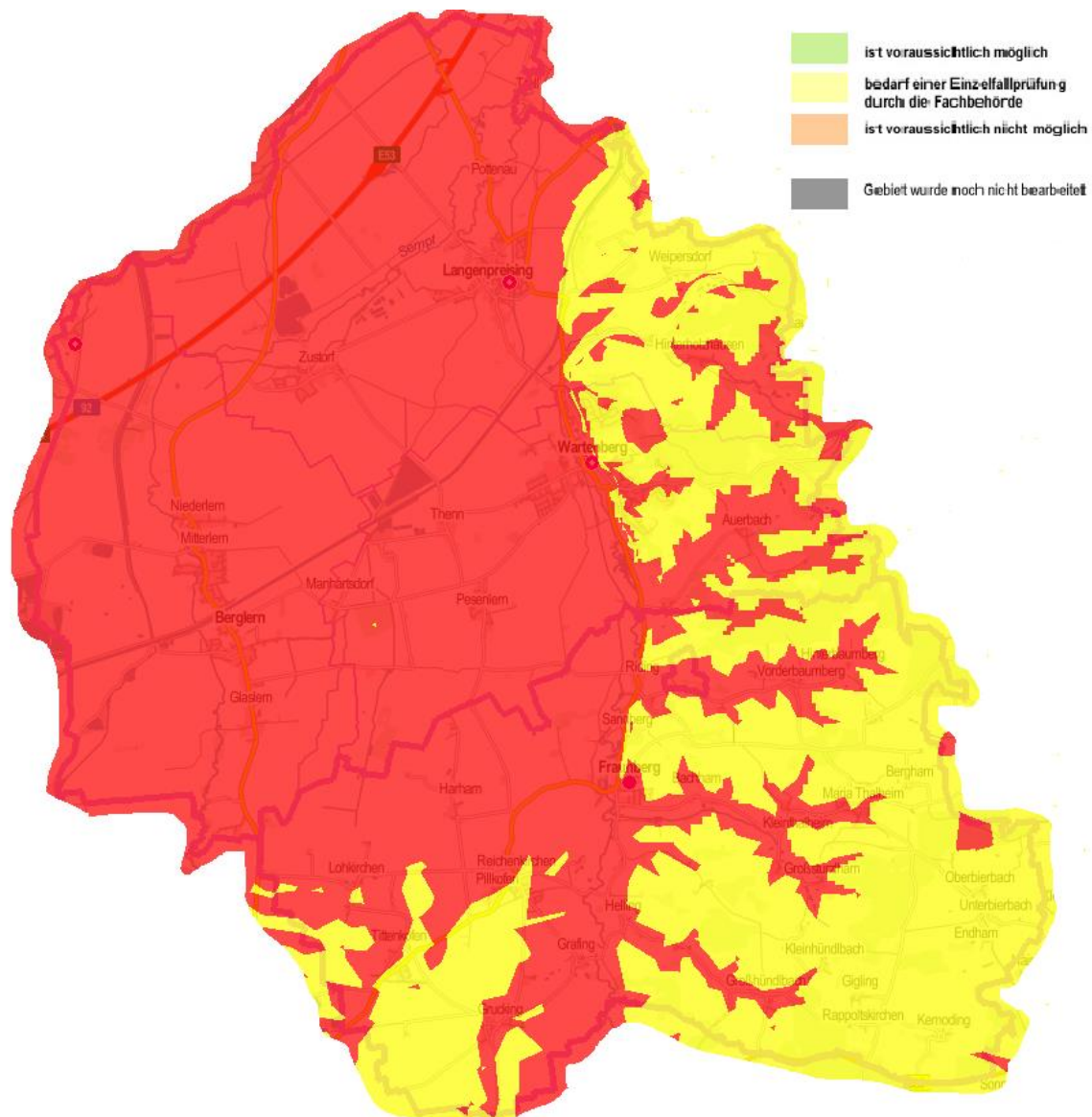
Abbildung 17: Das Geothermiepotential im Bundesland Bayern

[Quelle: [www.geothermieprojekte.de](http://www.geothermieprojekte.de)]

Die direkte Nutzung oberflächennaher Geothermie, in Form von Wärmepumpenheizung, ist in Deutschland schon weit verbreitet und verzeichnet hohe Zuwachsraten. Diese Technik findet überwiegend ihren Einsatz in kleinen und mittleren dezentralen Anlagen zur Bereitstellung von Wärmeenergie und Klimakälte. Zur Nutzung des niedrigen Temperaturniveaus, in Bayern zwischen 7°C und 12°C, steht ein vielfältiges Spektrum an Techniken zur Verfügung, um die im Untergrund vorhandene Energie nutzen zu können. Die wichtigsten hierbei sind:

- Erdwärmekollektoren
- Erdwärmesonden
- Grundwasser-Wärmepumpe
- Erdberührte Betonbauteile
- Thermische Untergrundspeicher

In nachfolgender Abbildung 18 wären die für oberflächennahe Geothermie günstigen Bereiche grün eingefärbt.



**Abbildung 18: Übersicht über die zur oberflächennahen Geothermie günstigen Gebiete**  
**[Quelle: Energieatlas Bayern]**

Das Gesamtpotential an oberflächennaher Geothermie im Betrachtungsgebiet kann im Rahmen dieser Studie nur qualitativ aufgezeigt werden. Die oberflächennahe Geothermie könnte künftig jedoch einen erheblichen Beitrag zur Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen leisten, insbesondere dann, wenn der für den Betrieb der Wärmepumpen notwendige Stromeinsatz aus regenerativen Energieformen erfolgt.

### 3.4.6 Zusammenfassung

In nachfolgender Tabelle 17 sind der Ist-Zustand, das Gesamtpotential sowie das Zubaupotential der Erneuerbaren Energien im Betrachtungsgebiet dargestellt. Das Potential der Erdwärmenutzung kann, wie bereits in Kapitel 3.4.5 erwähnt, im Rahmen dieser Studie nicht quantitativ bewertet werden.

**Tabelle 16: Übersicht der Potentiale an Erneuerbaren Energien im Betrachtungsgebiet**

	Ist-Zustand		Zubaupotential		Gesamtpotential	
	Endenergie elektrisch [MWh]	Endenergie thermisch [MWh]	Endenergie elektrisch [MWh]	Endenergie thermisch [MWh]	Endenergie elektrisch [MWh]	Endenergie thermisch [MWh]
<b>Photovoltaik</b>	<b>6.408</b>	-	<b>6.707</b>	-	<b>13.115</b>	-
<b>Solarthermie</b>	-	<b>1.680</b>	-	<b>1.889</b>	-	<b>3.569</b>
<b>Biomasse (holzartig)</b>	-	<b>22.699</b>	-	-	-	<b>22.699</b>
<b>Biomasse-KWK</b>	<b>7.615</b>	<b>920</b>	<b>26.792</b>	<b>37.788</b>	<b>34.407</b>	<b>38.708</b>
<b>Wasserkraft</b>	<b>577</b>	-	<b>980</b>	-	<b>1.557</b>	-
<b>Windkraft</b>	-	-	<b>39.900</b>	-	<b>39.900</b>	-
<b>Wärmepumpen</b>	-	<b>2.849</b>	-	<b>k.a.</b>	-	<b>k.a.</b>
<b>Summe</b>	<b>14.600</b>	<b>28.147</b>	<b>74.380</b>	<b>39.677</b>	<b>88.979</b>	<b>64.975</b>

Durch Umsetzung der realistischen Potentiale im Bereich der Erneuerbaren Energien könnten zusätzlich rund 39.677 MWh an thermischer Energie und rund 74.380 MWh an elektrischer Energie bereitgestellt werden. Durch den kontinuierlichen Ausbau der Erneuerbaren Energien können rund 57.954 Tonnen CO<sub>2</sub> vermieden werden.

## 4 Szenarien bis zum Jahr 2030

In diesem Kapitel wird der energetische Ist-Zustand im Betrachtungsgebiet einem Soll-Zustand im Jahr 2030 gegenübergestellt, welcher die vorher ermittelten möglichen Energieeffizienzsteigerungen in den einzelnen Verbrauchergruppen, bzw. das als realistisch zu betrachtende Potential für den Ausbau der Erneuerbaren Energien berücksichtigt. Die Gegenüberstellung soll die Grundlage zur Definition von ehrgeizigen, aber realisierbaren Klimaschutzziele bieten, die zum einen durch eine Verbrauchsreduzierung, zum anderen durch die Substitution fossiler Energieträger durch regenerative Energieträger erreicht werden können.

### 4.1 Strom

In Abbildung 19 ist die elektrische Endenergieverbrauchssituation im Betrachtungsgebiet im Ist-Zustand und dem Jahr 2030 gegenübergestellt.

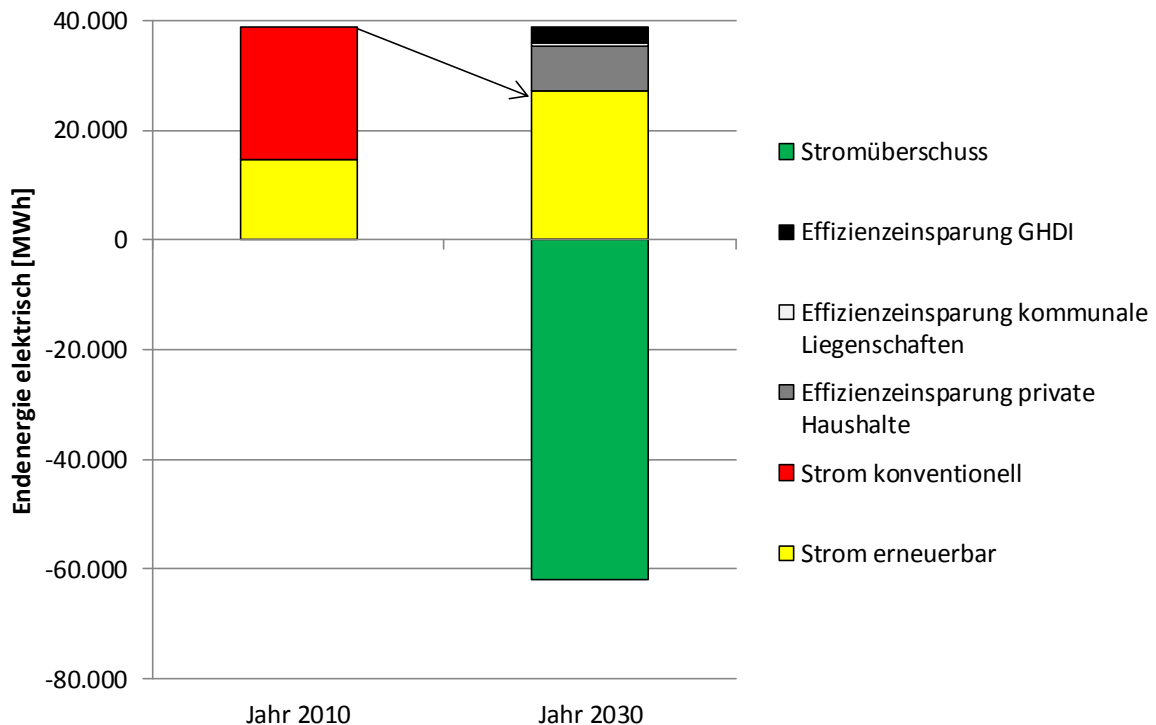


Abbildung 19: Gegenüberstellung des elektrischen Endenergiebedarfs Ist – Ziel 2030

Derzeit werden von allen aufgeführten Verbrauchergruppen insgesamt jährlich ca. 38.965 MWh elektrische Endenergie verbraucht. Die Bereitstellung an elektrischer Energie aus erneuerbaren Energieträgern (Photovoltaik, Wasserkraft, etc.), welche im Betrachtungsgebiet bereits erzeugt wird, entspricht einem Anteil von rund 37 % am Gesamtverbrauch.

Bei einer Umsetzung der im Kapitel 3.3 ermittelten Effizienzsteigerungspotentiale in den einzelnen Verbrauchergruppen, die sich in Summe auf eine Einsparung von jährlich rund 11.802 MWh Endenergie beziffern, ergibt sich eine mittlere Gesamteffizienzsteigerung von rund 30 % im Bereich der elektrischen Energie.

#### Hinweis:

Die Effizienzsteigerung im Bereich GHDI wurde anhand von charakteristischen Durchschnittswerten berechnet. Das tatsächliche Einsparpotential kann folglich deutlich variieren.

Durch das Ausbaupotential im Bereich der erneuerbaren Energien (z.B. PV-Anlagen, Biomasse-KWK, Windkraftanlagen, etc.) könnten nach Umsetzung aller Maßnahmen und der kompletten Ausschöpfung der dargestellten Potentiale mehr als 100 % des Strombedarfs im Zieljahr 2030 regenerativ durch Erneuerbare Energien gedeckt werden.

Es würde sogar ein bilanzieller Überschuss in Höhe von rund 61.817 MWh produziert werden.

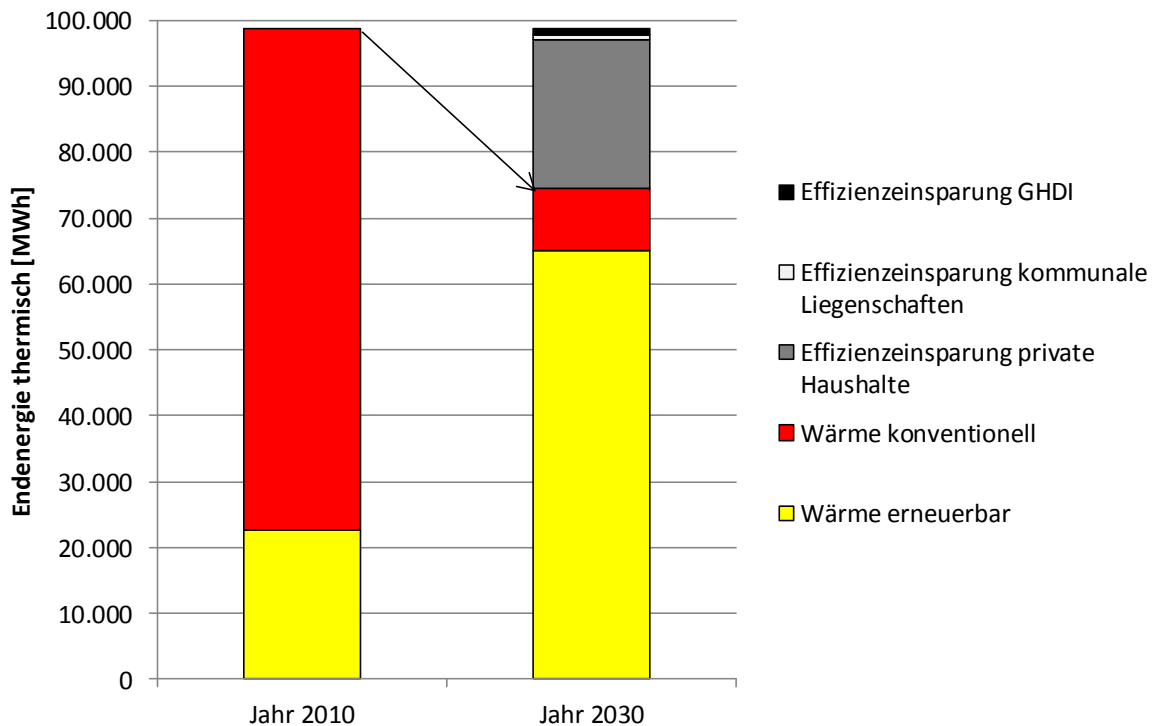
Dieser bilanzielle Überschussstrom könnte z.B.

- an der Strombörse gehandelt / verkauft werden oder
- für die Beheizung von Gebäuden (z.B. durch Wärmepumpen), bzw.
- in Elektromobilen genutzt werden.

Aus diesem Grund sollte der weitere Ausbau der Erneuerbaren Energien auch bei einer mehr als 100 % Versorgung weiter forciert werden.

## 4.2 Wärme

In Abbildung 20 ist die thermische Endenergieverbrauchssituation im Betrachtungsgebiet im Ist-Zustand und dem Jahr 2030 gegenübergestellt.



**Abbildung 20: Gegenüberstellung des thermischen Endenergiebedarfs Ist – Ziel 2030**

Derzeit werden jährlich ca. 98.689 MWh Endenergie für Heizwärme in privaten Haushalten und kommunalen Liegenschaften sowie für Heiz- und Prozesswärme in den Gewerbe- und Industriebetrieben verbraucht. Der Anteil erneuerbarer Energieträger am Verbrauch im Ist-Zustand beläuft sich auf rund 23 %.

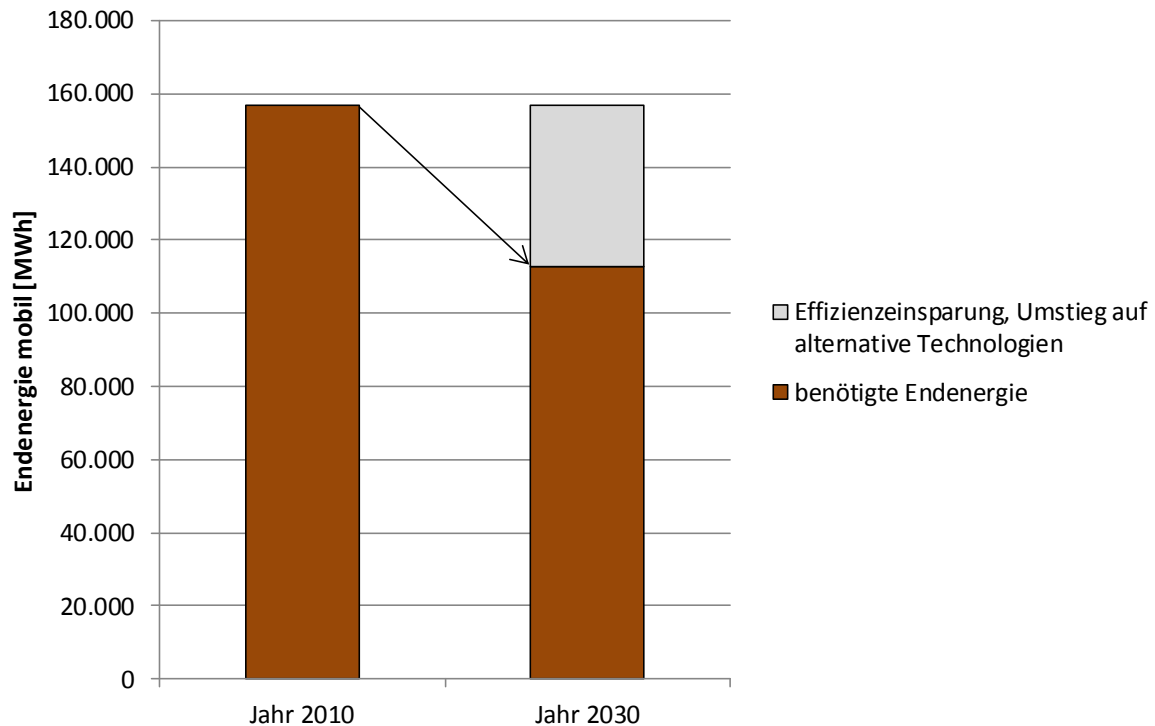
Ein erhebliches Potential an möglichen Einsparmaßnahmen bietet der Bereich Raumwärme in den privaten Haushalten sowie der Einsparung an Heizenergie für Raum- und Prozesswärme in der Industrie. Eine Sanierung der kommunalen Liegenschaften hat zwar nur geringen Einfluss auf die Gesamtbilanz, dient jedoch als wichtige Vorbildfunktion und Anregung der anderen Verbrauchergruppen. Gemessen am thermischen Gesamtendenergieverbrauch kann in Summe ein Anteil von rund 24 % eingespart werden.

Weiteres Potential ist durch den Ausbau der erneuerbaren Energien gegeben. Mit dem Ausbau an Solarthermieflächen zur Deckung von 60 % des Gesamtwärmebedarfs für Warmwasser, dem Ausbau der Biomassenutzung aus landwirtschaftlichen Flächen (dargestellt als Kraft-Wärme-Kopplung aus Biogas) und die Nutzung des Ausbaupotentials an Energieholz lässt sich die thermische Endenergiebereitstellung im Zieljahr 2030 zu 87 % aus heimischen erneuerbaren Energien decken.

Unter der Berücksichtigung der beschriebenen Einsparpotentiale sowie dem Ausbaupotential an erneuerbaren Energien verbleibt ein Restbedarf von rund 9.580 MWh thermischer Endenergie pro Jahr bestehen, der weiterhin durch konventionelle Energieträger bzw. durch den Zukauf Erneuerbarer Energien (z.B. Biomethan, Biomasse) von außerhalb des Betrachtungsgebietes gedeckt werden muss.

### 4.3 Verkehr

In Abbildung 21 ist die mobile Endenergieverbrauchssituation im Betrachtungsgebiet im Ist-Zustand und dem Jahr 2030 gegenübergestellt.



**Abbildung 21: Gegenüberstellung des mobilen Endenergiebedarfs Ist – Ziel 2030**

Im Ausgangszustand werden derzeit rund 156.713 MWh Endenergie für den mobilen Bereich verbraucht, was einem Äquivalent von ca. 15,5 Mio. Liter Dieselkraftstoff entspricht. Bei einer Reduzierung des Verbrauchs bis zum Jahr 2030 um 28 %, (entsprechend den Ergebnissen der Shell-Studie) verbleibt ein jährlicher Endenergiebedarf für den Verkehrsbereich von rund 112.834 MWh/a (entspricht rund 11,2 Mio. Liter Dieselkraftstoff), der aus konventionellen Energieträgern gedeckt werden muss.

Hier kann der bilanzielle Überschuss an elektrischer Endenergie in E-Fahrzeugen genutzt werden.

#### 4.4 Die CO<sub>2</sub>-Minderungspotentiale

Nach den in den vorangegangenen Kapiteln ermittelten CO<sub>2</sub>-Minderungspotentialen in den einzelnen Verbrauchergruppen, zum einen durch die Endenergieeinsparung – durch Wärmedämmmaßnahmen und diversen Möglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz – sowie zum anderen durch die Substitution fossiler Energieträger durch den Ausbau Erneuerbarer Energieträger, kann zusammenfassend das Gesamtminderungspotential dargestellt werden.

In Abbildung 22 ist ausgehend vom ermittelten CO<sub>2</sub>- Ausstoß im Ist-Zustand in Höhe von rund 89.812 Tonnen pro Jahr das CO<sub>2</sub>-Minderungspotential durch die Umsetzung der vorgeschlagenen Effizienzsteigerungsmaßnahmen (Energieeinsparung) sowie das Minderungspotential durch den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energieträger dargestellt.

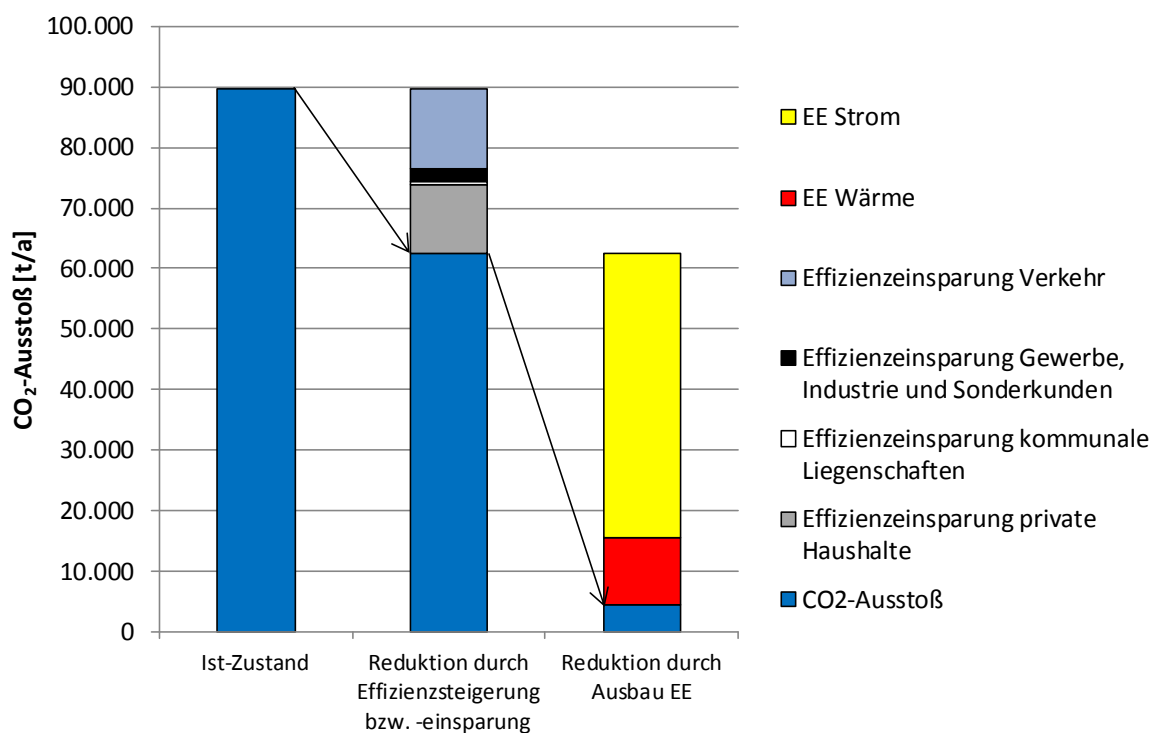


Abbildung 22: Die CO<sub>2</sub>-Minderungspotentiale im Betrachtungsgebiet

Durch die diversen bereits beschriebenen Effizienzsteigerungs- und Einsparmaßnahmen könnte der CO<sub>2</sub>-Ausstoß in Summe um ca. 27.335 Tonnen im Jahr reduziert werden. In den einzelnen Verbrauchergruppen könnten die Privaten Haushalte eine Reduktion von 11.347 t/a, die kommunalen Gebäude eine Reduktion in Höhe von 653 t/a, der Sektor GHDI 2.084 t/a sowie der gesamte Verkehrsbereich eine Reduktion von 13.252 t/a dazu beitragen. Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß kann dadurch um 30 % gegenüber dem derzeitigen Ausstoß gesenkt werden.

#### Hinweis:

Es muss hierbei nochmals erwähnt werden, dass die Effizienzsteigerung im Bereich GHD / Industrie anhand von charakteristischen Durchschnittswerten berechnet wurde. Das tatsächliche Einsparpotential kann folglich deutlich variieren.

Das gesamte Ausbaupotential an elektrischer Energie aus Erneuerbaren Energien wird mit ca. 74.380 MWh/a ausgewiesen, wodurch sich ein CO<sub>2</sub>-Minderungspotential von 47.082 Tonnen pro Jahr ergibt.

Weitere 10.871 Tonnen CO<sub>2</sub> lassen sich durch den Ausbau erneuerbarer Energien im Bereich der thermischen Nutzung einsparen, wobei jährlich weitere 39.677 MWh Endenergie aus heimischen Rohstoffen genutzt werden können.

Das CO<sub>2</sub>-Gesamteinsparpotential durch die konsequente Realisierung der beschriebenen Potentiale im Bereich der Erneuerbaren Energien liegt demzufolge bei weiteren rund 65 %.

- ➔ **Unter der Ausnutzung sämtlicher dargestellter Minderungspotentiale kann der CO<sub>2</sub>-Ausstoß von derzeit rund 89.812 Tonnen/Jahr auf 4.523 Tonnen/Jahr im Zieljahr 2030 reduziert werden, was einer Einsparung von rund 95 % entspricht**
- ➔ **Der Pro-Kopf-Ausstoß könnte folglich von aktuell rund 6,8 Tonnen/Einwohner auf rund 0,3 Tonnen pro Einwohner gesenkt werden (Annahme: gleichbleibende Verbraucherstruktur)**

## 5 Regionalwirtschaftliche Aspekte

Aufbauend auf den Potentialbetrachtungen wird nachfolgend eine überschlägige Prognose der Investitionskosten getroffen. Im Nachgang zu dieser wird die regionale Wertschöpfung durch den Ausbau der Erneuerbaren Energien prognostiziert.

### 5.1 Prognostizierte Investitionskosten

#### 5.1.1 Energieeffizienz

##### Verbrauchergruppe „private Haushalte“

Für eine umfassende Sanierung in den Bereichen Dach / oberste Geschossdecke, Fenster, Außenwände und Keller ist mit Kosten in Höhe von rund 300 €/m<sup>2</sup> Wohnfläche zu rechnen. Die Kosten sind entsprechend stark vom Umfang und dem Ausführungsstandard abhängig und können somit deutlich nach oben oder unten abweichen.

Unter der Annahme, dass Sanierungen (Sanierungsrate deutschlandweit rund 1 %) bereits getätigt wurden, ergeben sich im Sanierungsszenario 1 (**Sanierungsrate 2 % bis 2030**) unter den erläuterten Annahmen Investitionskosten von rund **103.000.000 Euro**.

Im Bereich der **Energieeffizienz der Haushalte** können einige Maßnahmen ganz ohne Investitionen umgesetzt werden (z.B. Änderung des Nutzerverhaltens, Vermeidung von Stand-by Verlusten). Für die konkret dargestellten Einsparpotentiale durch Neugeräte werden rund 500 Euro je Wohnung (die vor 1990 genutzt wurde) veranschlagt. In Summe würden sich hier Investitionskosten von rund **2.500.000 Euro** ergeben.

### Verbrauchergruppe „Kommunale Liegenschaften“

Die Investitionskosten für die **Sanierung kommunaler Gebäude** bzw. der **Steigerung der Elektroeffizienz** können im Rahmen dieser Studie nicht quantifiziert werden. Die Kosten variieren z.B. aus Gründen des Denkmalschutzes sehr stark und müssen für jede einzelne Liegenschaft konkret berechnet werden.

#### Hinweis:

Es wird empfohlen, den Energieverbrauch (thermisch und elektrisch) aller kommunalen Liegenschaften zentral zu erfassen und anhand eines Benchmarking (z.B. nach der VDI 3807) eine Prioritätenliste anstehender Sanierungen zu erstellen.

### Verbrauchergruppe GHD / Industrie

Für die Verbrauchergruppe Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen werden in der Potentialbetrachtung durch kontinuierliche Effizienzsteigerungsmaßnahmen insgesamt rund 30 % des derzeit thermischen Verbrauchs sowie rund 30 % des elektrischen Verbrauchs, als Einsparpotential bis zum Jahr 2020 angegeben.

#### Hinweis:

Besonders in dieser Verbrauchergruppe erweist sich eine Kalkulation des Investitionsbedarfs als aufwendig. Nur mithilfe präziser Detailuntersuchungen können hier belastbare Aussagen getroffen werden.

Durch ein geändertes Nutzerverhalten, eine kontinuierliche Überprüfung von Anlagenregelungen und Steuerungen, einer Erfassung und Kontrolle des Energieverbrauchs im Unternehmen können nicht-investive Sofortmaßnahmen ergriffen werden, die teilweise den Verbrauch bereits deutlich reduzieren. Im Bereich der Energieeffizienz von Anlagen und Elektrogeräten wird durch den ohnehin regelmäßigen Ersatz und Austausch von Altgeräten kontinuierlich eine Effizienzsteigerung erlangt, die keine zusätzlichen Investitionen nach sich ziehen. Zusätzliche Investitionen im Bereich der Prozesswärmeeinsparung müssen je nach Branche im Detail untersucht werden.

### Verbrauchergruppe Verkehr

Für die Verbrauchergruppe Verkehr wird durch eine Reduzierung des Verbrauchs, aufgrund der Vermeidung unnötiger Fahrten bzw. einer weiterführenden Effizienzsteigerung bei der Treibstoffnutzung (entsprechend der Shell-Studie) ein Einsparpotential von rund 28 % ausgewiesen.

Gerade im Bereich des Einsparpotentials durch Vermeidung unnötiger Fahrten, angepasster Fahrweise sowie einer angepassten Motorisierung der Fahrzeuge ist mit keinen zusätzlichen Investitionen zu rechnen. Im Gegenteil, sparsamere Motoren mit geringerer Leistung sind meist mit geringeren Investitionen verbunden. Das sonst ausgewiesene Potential wird durch die kontinuierliche Effizienzsteigerung von Neufahrzeugen erreicht, die ohnehin neu angeschafft werden und ebenfalls ohne zusätzliche Investitionen bleiben.

### 5.1.2 Erneuerbare Energien

Im Rahmen dieses Kapitels werden die Investitionssummen für die Umsetzung der Minderungspotentiale durch den **Ausbau der erneuerbaren Energien** nach derzeitigem Stand prognostiziert. Die Kostenprognose ist eine Überschlagsrechnung anhand derzeit marktüblicher Preise. Die tatsächliche Umsetzung bedarf in der Regel einer ausführlichen Detailplanung und kann entsprechend nach oben oder unten abweichen.

In Tabelle 17 werden die Investitionskosten aufgeführt, die für den weiteren Ausbau der Erneuerbaren Energien aufgewendet werden müssen. Die spezifischen Investitionskosten zur Ermittlung der Gesamtkosten wurden anhand eigener Erfahrungswerte berechnet.

Durch Investitionen in die Anlagentechnik (ohne Brennstoffaufbereitung) für den Ausbau und die Nutzung der ausgewiesenen Potentiale erneuerbarer Energieträger zur Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen ergeben sich Gesamtinvestitionskosten in Höhe von rund **28.950.000 Euro**.

**Tabelle 17: Die Investitionskosten für den Ausbau der Erneuerbaren Energien**

		Zubau- potential	spez. Investitions- kosten [Euro/...]	Investitions- kosten [Euro]
Photovoltaik	[kW <sub>el</sub> ]	6.100	1.500	9.200.000
Solarthermie	[m <sup>2</sup> ]	7.100	600	4.300.000
Windkraft	[kW <sub>el</sub> ]	3.000	1.500	4.500.000
Biogasanlagen	[kW <sub>el</sub> ]	1.950	5.000	9.700.000
Wasserkraft	[kW <sub>el</sub> ]	250	5.000	1.250.000
<b>Summe</b>				<b>28.950.000</b>

Alleine anhand der Investitionskosten kann jedoch keine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Maßnahmen durchgeführt werden, da durch die regenerative Energiebereitstellung ebenfalls Einnahmen erzielt werden (z.B. Erneuerbare Energien Gesetz EEG).

## 5.2 Kommunale Wertschöpfung durch den Einsatz Erneuerbarer Energien

In der Erzeugung Erneuerbarer Energien (EE) liegen erhebliche Potentiale für eine Regionalisierung wirtschaftlicher Wertschöpfungskreisläufe durch die Substitution von Ausgaben für fossile Brennstoffe und atomare Energieträger. Erneuerbare Energien erfordern – mit Ausnahme der Biomasseproduktion – ausschließlich Investitionen in den Anlagenbau und deren Unterhalt. Die Betriebsstoffe Wind bzw. Sonnenkraft oder Wasserkraft stehen kostenlos und nahezu unbegrenzt zur Verfügung.

Erneuerbare Energien haben im Anlagenbau, -installation und -unterhalt das Potential für die Erzeugung hoher regionaler Wertschöpfungsanteile. Investitionen können in hohem Maße der lokalen mittelständischen Wirtschaft zu Gute kommen, für Installation und Wartung der dezentralen Anlagen können zudem Handwerker aus der Region beschäftigt werden.

Darüber hinaus verbleiben die Gelder, die für fossile Energieträger derzeit aus der Region abfließen, künftig vor Ort. Wird Strom und Wärme durch zentralisierte fossil betriebene Kraftwerke erzeugt (z.B. Kohle, Gas) oder auf der Basis fossiler Energieträger dezentral erzeugt (Erdöl-, oder Erdgasheizungsanlagen), so fließt ein Großteil der Umsätze aus der Region ab. Bestenfalls verbleiben über Handel und Installationsbetriebe Anteile im regionalen Wertschöpfungskreislauf. Die Umstellung der Energieversorgung auf Erneuerbare Energien und auf dezentrale Erzeugungs- und Verteilsysteme eröffnet die Möglichkeit, dass die Finanzströme, die für Energieversorgung und Energieverbrauch in Gang gesetzt werden, zu hohen Anteilen in der Region verbleiben und dort Einkommen generieren, die dann den regionalen Wirtschaftskreisläufen zur Verfügung stehen.

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf die Studie „Kommunale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien“, welche vom Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) im September 2010 veröffentlicht wurde. Die Wertschöpfung im Bilanzierungsgebiet wird hierbei mit dem Online-Wertschöpfungsrechner Erneuerbare Energien berechnet [Quelle: [www.kommunal-erneuerbar.de](http://www.kommunal-erneuerbar.de)].

Die „kommunale Wertschöpfung“ ist eine Teilmenge von der gesamten globalen Wertschöpfung, die durch in Deutschland errichtete und produzierte Erneuerbare-Energien-Anlagen und die dazu gehörigen Produktionsanlagen geschaffen wird. Zieht man von dieser gesamten globalen Wertschöpfung diejenigen Vorleistungen und Rohstoffe ab, die aus dem Ausland kommen, so verbleibt die Wertschöpfung, die dem nationalen Bezugsraum zuzurechnen ist.

Hierbei werden nur diejenigen Wertschöpfungseffekte betrachtet, die direkt den Erneuerbare-Energien-Anlagen zurechenbar sind. Indirekte Effekte (z.B. Produktionsanlagen von Erneuerbare-Energien-Anlagen und ihren Komponenten, oder auch Tourismus zu Erneuerbare-Energien-Anlagen) werden nicht berücksichtigt. Vorleistungen, die sich nicht direkt zuordnen lassen (wie z.B. Gläser für Solaranlagen), bleiben bezüglich ihrer jeweiligen Wertschöpfungseffekte und ihrer Beschäftigungseffekte ebenfalls außen vor. Dazu zählt auch der Anbau von Energiepflanzen für z.B. Biogasanlagen.

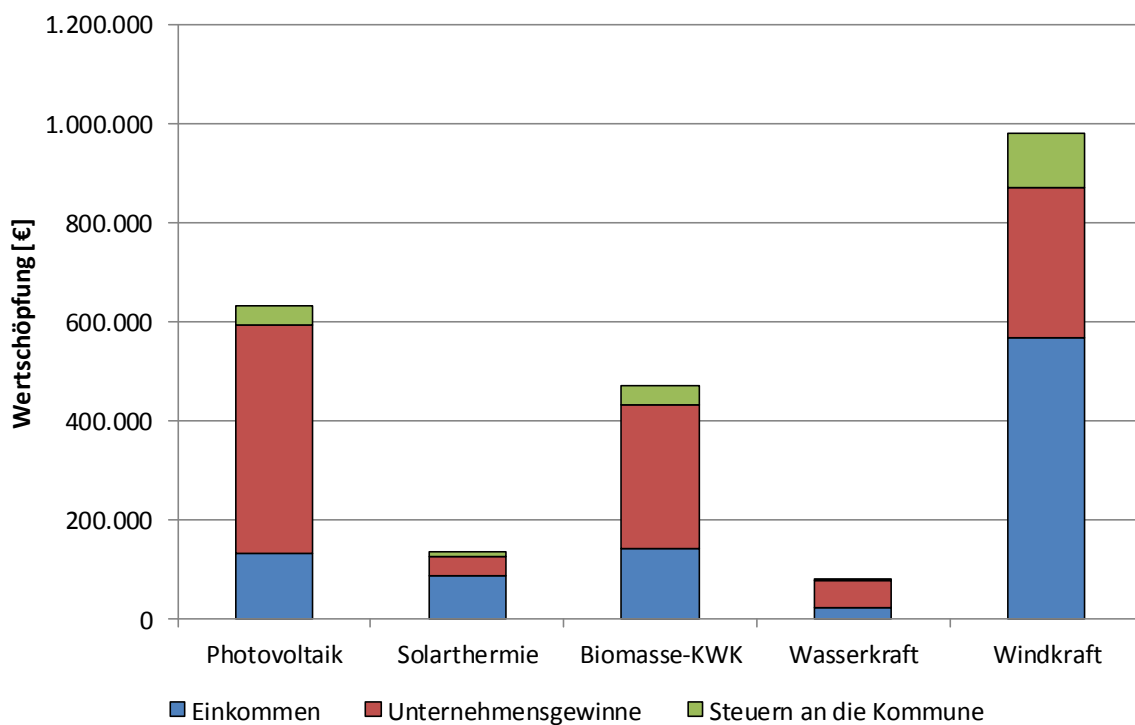
Die drei Wertschöpfungseffekte (in Abbildung 23 dargestellt) Unternehmensgewinne, kommunale Steuereinnahmen und Einkommen aus Beschäftigung werden für bis zu drei Wertschöpfungsstufen mit jeweils untergeordneten Wertschöpfungsschritten ausgewiesen. Hierbei wird zwischen folgenden Wertschöpfungsstufen unterschieden:

- Planung und Installation: Hier werden größtenteils Wertschöpfungsschritte erfasst, die neben der Produktion der Anlagenkomponenten anfallen (Planung, Montage vor Ort, Logistik, etc.)
- Anlagenbetrieb und Wartung: Auf dieser Wertschöpfungsstufe werden jährlich wiederkehrende Wertschöpfungsschritte betrachtet (Wartung und Instandhaltung, Versicherung, Fremdkapitalfinanzierung)
- Betreibergesellschaft: Neben dem technischen Anlagenbetrieb werden hier die Wertschöpfungseffekte auf der Ebene der Anteilseigner bzw. privaten Anlagenbetreiber ausgewiesen.

Die durch Erneuerbare-Energien-Anlagen aufgebrauchten Steuern und Abgaben für Bund und Länder werden hier ebenfalls nicht zu den kommunalen Wertschöpfungseffekten gezählt. Jene Wertschöpfungsstufen, die nicht anteilig den Wertschöpfungsketten der Erneuerbare-Energien-Anlagen zuzurechnen sind, (z.B. Bildung, Forschung und Beschäftigte in der öffentlichen Verwaltung) können nicht erfasst werden.

Nachfolgend werden die Potentiale der Erneuerbaren Energien im Betrachtungsgebiet hinsichtlich ihrer kommunalen Wertschöpfung analysiert. Die Ausführungen beziehen sich auf den weiteren Ausbau der Potentiale im Bereich der Erneuerbaren Energien, welche in Kapitel 3.4 beschrieben wurden.

In Summe kann durch das Ausschöpfen der Potentiale der Erneuerbaren Energien im Betrachtungsgebiet eine jährliche kommunale Wertschöpfung in Höhe von rund 2.300.000 Euro generiert werden. Dies entspricht rund 435 Euro pro Jahr und Haushalt im Bilanzierungsgebiet, die bisher größtenteils für fossile Energieträger aus der Region abfließen. Die Ergebnisse werden in Abbildung 23 graphisch verdeutlicht.



**Abbildung 23: Die kommunale Wertschöpfung durch den Ausbau Erneuerbarer Energien**  
 [Quelle: [www.kommunal-erneuerbar.de](http://www.kommunal-erneuerbar.de); Wertschöpfungsrechner; eigene Darstellung der Ergebnisse]

## 6 Maßnahmenkatalog

### 6.1 Maßnahmenkatalog für die Verbrauchergruppe private Haushalte

Gemessen am Endenergieverbrauch im Betrachtungsgebiet liegt der Anteil der privaten Haushalte bei etwa 41 %. In der vorhergehenden Betrachtung des Minderungspotentials wurden bereits deutliche Einsparpotentiale im Bereich der Wärmedämmung der Wohngebäude sowie der Energieeffizienz ermittelt. Um die Potentiale nutzen zu können, gilt es Maßnahmen zu ergreifen und entsprechend zu handeln.

Die wichtigste Grundlage für die Umsetzung von Maßnahmen liegt darin, den Energieverbrauch und die damit verbundenen Kosten im eigenen Haushalt zu kennen. Nur wer sich über seine Energiekosten im Klaren ist, wird ein Gespür dafür entwickeln, wie relevant eine effiziente Energieversorgung für die Haushaltskasse und für die Umwelt ist. Die Ermittlung des jährlichen Energieverbrauchs und der jährlichen Kosten sowie eine Einordnung und Bewertung (Ermittlung von Kenngrößen als Vergleichswert, z.B. Energieverbrauch je m<sup>2</sup> Wohnfläche) sind für weitere Maßnahmen eine wichtige Grundlage.

Die richtige Herangehensweise zur Reduzierung des Energieverbrauchs bzw. einhergehende Umweltauswirkungen zu minimieren liegt darin, zunächst

- den Endenergieverbrauch zu senken (z.B. durch Wärmedämmung) und anschließend
- eine effiziente Deckung des reduzierten Bedarfs, z.B. durch den
- Einsatz erneuerbarer Energieträger sicherzustellen.

Nachfolgend ist ein allgemeiner Überblick der Handlungsempfehlungen in der Verbrauchergruppe „Private Haushalte“ dargestellt, die sich im Rahmen dieser Studie herauskristallisiert haben.

## Gebäudehülle

- Lokalisierung von Schwachstellen im Ist-Zustand (z.B. mittels Thermographie)
- Schwachstellenanalyse: Ungedämmte oberste Geschossdecken, ungedämmtes Dach, undichte Fenster mit überschrittener Lebensdauer, Wärmebrücken durch auskragende Betonteile (z.B. Balkone)
- Ganzheitliche und lückenlose Sanierung der Gebäudehülle (Energieberatung)
- Vorausschauende und langfristige Denkweise
- Einsatz natürlicher Dämmstoffe
- Neubau, wenn möglich als Passivhaus oder Plus-Energie-Haus

## Wärmeversorgung

- Brenner- und / oder Kesseltausch bei veralteten Anlagen und / oder ineffizienter Technik
- Auswahl einer effizienten Anlagentechnik (z.B. Brennwerttechnik)
- Überprüfung der Einsatzmöglichkeiten erneuerbarer Energien oder Kraft-Wärme-Kopplung
- Dämmung von ungedämmten Heizungsverteilungen und Rohrleitungen
- Überprüfung der Systemtemperaturen → nach Möglichkeit absenken
- Hydraulischen Abgleich durchführen (Effizienz bei der Umwälzung)

## Elektrogeräte

- Überprüfung der Energieeffizienz der installierten Haushaltsgeräte (z.B. Kühlschrank)
- Austausch von unregulierten Heizungspumpen
- Vermeidung von unnötigen Stand-By-Verlusten
- Beachtung des Energieverbrauchs bei der Neuanschaffung von Elektrogeräten

**Beleuchtung**

- Einsatz von Energiesparlampen und LED-Leuchten
- Einsatz von Bewegungsmeldern für Ein- / Ausschaltung der Beleuchtung

**Einsatz Erneuerbarer Energien**

- Installation einer Photovoltaikanlage mit der Möglichkeit der Eigenstromnutzung
- Installation einer Solarthermieanlage (auch solare Kühlung)
- Einsatz von regionalen Erneuerbaren Energieträgern zur gleichzeitigen regionalen Wertschöpfung
- Überprüfung der Möglichkeit eines Anschlusses an Nahwärmeverbundlösungen
- Dezentrale Energiespeicherung (Speicherung der erzeugten Energie um diese bei Bedarf nutzen zu können)
- Prüfung des Einsatzes von Klein-Windkraftanlagen

**Persönliches Verhalten**

- Energieeinsparendes Verhalten im Haushalt (z.B. Wäscheleine statt Wäschetrockner)
- Energiesparendes Verhalten im Straßenverkehr (z.B. auf unnötige Fahrten mit Kfz verzichten)

### 6.1.1 Sanierung der privaten Wohngebäude

In Kapitel 3.3.1.1 wurde das energetische Einsparpotential durch die Sanierung des Gebäudebestandes berechnet. In Summe könnte der thermische Endenergiebedarf hierdurch bis zum Jahr 2030 um rund 22.533 MWh gesenkt werden. Dies entspricht einer CO<sub>2</sub>-Einsparung von rund 6.174 Tonnen pro Jahr bei einer Sanierungsrate von 2 % pro Jahr bis zum Jahr 2030. Die Investitionskosten für die Umsetzung der 2 % Sanierungsrate belaufen sich bis zum Jahr 2030 auf rund 103.000.000 Euro. Dies sind enorme Ausgaben, die ohne Unterstützung auf Bundesebene von einer Kommune und deren Einwohnern nur schwierig finanzierbar sind. Jedoch muss hierbei berücksichtigt werden, dass sich eine energetische Gebäudesanierung in vielerlei Hinsicht auszahlt.

Fachmännisch geplante und durchgeführte Sanierungsmaßnahmen vermeiden Bauschäden, schützen die Bausubstanz und stärken die regionale Wertschöpfung. Durch die Sanierung steigt zudem der Wert des Hauses. Durch die wärmetechnische Gebäudesanierung wird auch das Raumklima verbessert. Der Dämmstoff verhindert den raschen Verlust der Wärme nach außen und erhöht die Temperatur auf der Bauteilinnenseite. Das Problem mit feuchten Wänden kann somit vermieden werden. Hierdurch wird die Gefahr von Feuchtigkeitsschäden und Schimmel erheblich gemindert.

Zudem müssen die steigenden Brennstoffpreise berücksichtigt werden. Unter der Annahme einer jährlichen Preissteigerung von rund 5 % würde bspw. der Heizölpreis im Jahr 2030 auf rund 1,85 Euro netto ansteigen. Benötigt ein Einfamilien-Haus aktuell rund 4.000 Liter Heizöl pro Jahr, belaufen sich die Brennstoffkosten im Jahr 2030 bereits auf jährlich rund 7.400 Euro netto. Langfristig werden die zusätzlichen Ausgaben für die Sanierung über die Heizkosten eingespart. Wenn ohnehin Baumaßnahmen geplant sind, ist eine gleichzeitige energetische Modernisierungen wirtschaftlicher (Sowieso-Kosten).

Anhand von Musterhäusern bzw. modellhaft, nach einem hohen Standard komplett sanierten Gebäuden, sollte im Betrachtungsgebiet für unterschiedliche Gebäudetypen gezeigt werden, wie integrierte Sanierungsmaßnahmen fachmännisch durchgeführt werden können. Insbesondere sollte hier auch gezeigt werden, wie sich eine Sanierung wirtschaftlich, unter Einbindung des örtlichen Handwerks, der Gewerbebetriebe, und der Baufinanzierer ausführen lässt. Mögliche staatliche Fördermöglichkeiten sollten hierbei exemplarisch ausgeschöpft und dargestellt werden. Der Vorzeigecharakter ist ausschlaggebend und soll Nachahmer motivieren.

## 6.1.2 Ausbau von Solarthermie und Photovoltaik

Besonders bei Gebäuden mit mehreren Miet-Wohneinheiten ist eine wirtschaftliche Installation von Solarthermie in vielen Fällen zu erreichen. Durch eine Solarthermie-Anlage kann der Brennstoffverbrauch eines Hauses deutlich gesenkt werden, insbesondere wenn die Anlage nicht nur zur Warmwasserbereitung, sondern auch zur Heizungsunterstützung genutzt wird. Dadurch werden nicht nur die laufenden Kosten des Eigentümers gesenkt, sondern auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen. Für Informationen zum Potential der Mehrfamilienhäuser empfiehlt sich eine enge Zusammenarbeit mit den regionalen Energieberatern. Auch der weitere Zubau von Photovoltaik auf privaten Wohngebäuden bildet einen wichtigen Beitrag zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Durch die stark steigenden Stromkosten (möglichst hohe Stromeigennutzung), der Vergütung durch das EEG, die sinkenden Investitionskosten und die hiermit verbundene Rendite ist die Anzahl der Photovoltaikanlagen in den vergangenen Jahren stark angestiegen. Im Betrachtungsgebiet besteht jedoch immer noch ein Ausbaupotential von rund 6.100 kWp (siehe Kapitel 3.4.1). Die Erschließung dieses Ausbaupotentials ist maßgeblich von der aktuellen EEG-Vergütung, der Stromkosten und den Investitionskosten abhängig. Die Kommunen im Betrachtungsgebiet haben darauf keinen direkten Einfluss. Es ist mit Investitionskosten von rund 9.200.000 Euro zu kalkulieren.

## 6.2 Maßnahmenkatalog für die Verbrauchergruppe kommunale Liegenschaften

Die Kommunen spielen im Klimaschutz eine entscheidende Rolle und sollten deshalb eine Vorbildfunktion einnehmen.

Das Ziel sollte sein, mit Musterbeispielen (z.B. Modellsanierungen kommunaler Liegenschaften, größte Effizienz elektrischer Antriebe und Beleuchtung) den privaten Haushalten und Betrieben voranzugehen und diese zu animieren CO<sub>2</sub>-mindernde Maßnahmen umzusetzen. Das absolute CO<sub>2</sub>-Minderungspotential, gemessen am Gesamtumsatz, ist jedoch nur gering. Des Weiteren können die Aktivitäten der Kommunen auch als Basis für den Einstieg von Bürgern in die Nutzung Erneuerbarer Energien gesehen werden (z.B. durch den Anschluss weiterer kommunaler Liegenschaften an Nahwärmenetze, etc.).

Wie auch in der Verbrauchergruppe der „privaten Haushalte“ (Kapitel 6.1 schon dargestellt) ist die grundsätzlich richtige Herangehensweise zur Reduzierung des Energieverbrauchs bzw. einhergehende Umweltauswirkungen zu minimieren zunächst

- den Endenergieverbrauch zu senken (z.B. durch Wärmedämmung) und anschließend
- eine effiziente Deckung des reduzierten Bedarfs, z.B. durch den
- Einsatz erneuerbarer Energieträger sicherzustellen

Nachfolgend ist ein allgemeiner Überblick der Handlungsempfehlungen in der Verbrauchergruppe „kommunale Liegenschaften“ dargestellt, die sich im Rahmen dieser Studie herauskristallisiert haben.

**Sanierung des kommunalen Gebäudebestandes wie in Kapitel 3.3.2.1 beschrieben**

- Einführung eines Energiemanagementsystems → zentrale Erfassung aller Energieverbrauchsdaten mit begleitendem Controlling / Monitoring
- Ermittlung des spez. Energieverbrauchs (Benchmarking)
- Überprüfung der Energieeffizienz der installierten Anlagentechnik
- Erstellung einer Prioritätenliste für den Handlungsbedarf
- Gezielte energetische Sanierungen durchführen

**Ausbau Erneuerbarer Energien**

- Prüfung möglicher Nahwärmeverbundlösungen in den einzelnen Kommunen
- Prüfung kommunaler Dächer für PV-Projekte (Statik, etc.)
- Ausweisung geeigneter Flächen und Standorte zur Errichtung und Initiierung von PV- und Windkraft-Projekten mit evtl. Bürgerbeteiligung → Energiegenossenschaft
- Kartierungen bzgl. der Ausbaupotentiale der Erneuerbaren Energien (Solarkataster, Wärmekataster)

**Betrieboptimierung**

- Transparenz beim Stromverbrauch
- Aufbau eines Klimaschutz-Controllingsystems
- Ökologisches Beschaffungswesen
- Kontrolle und Optimierung kommunaler Kläranlagen und Pumpwerke
- Prüfung weiterer Möglichkeiten der Klärschlammverwertung
- Prüfung der energetischen Nutzung des anfallenden Abfalls (Bioabfall, Grüngut)

**Öffentliche Beleuchtung / Straßenbeleuchtung**

- Langfristige und weitsichtige Lichtplanung
- Einsatz neuer Technologien (z.B. LED-Technik)
- Austausch / Erneuerung der Straßenbeleuchtung und Ampelanalgen

**Umstrukturierung der öffentlichen Kfz-Flotte**

- Vermeidung von unnötigen Fahrten
- Nutzung von Kraftstoffen mit besserer CO<sub>2</sub>-Bilanz im Vergleich zu Diesel oder Benzin
- Vorreiterrolle bei der Nutzung alternativer Technologien (z.B. Elektromobilität)

**Bauleitplanung**

- Innenentwicklung vor Außenentwicklung
- Leitplanung zur Sanierung von Altbauten
- Vorgabe von Baustandards bei der Ausweisung von Neubaugebieten
- Berücksichtigung des künftigen Wohnbedarfs → demographischer Wandel

**Interkommunale Zusammenarbeit / Öffentlichkeitsarbeit / Anreizprogramme**

- Bestellung eines Klimaschutzmanagers zur Umsetzung des Maßnahmenkatalogs
- Vermehrte Durchführung von Informationsveranstaltungen / Workshops (Themenreihen wie z.B. Klimawerkstätten)
- Aktionsprogramme mit regionalen Handwerkern zur Stärkung der regionalen Wertschöpfung (z.B. Pumpentausch durchführen)
- Aufstellung eines Förderprogramms
- Ausschreibung eines Wettbewerbs zur Energie-Einsparung der privaten Haushalte
- Einführung eines Wettbewerbs, welcher besonders nachhaltige Gebäude auszeichnet
- Energieberatung für sozial Schwache durchführen
- Informationen bezüglich des Angebots des ÖPNV stärker verbreiten

**Nutzerverhalten in Kommunen**

- Verbesserung des Nutzerverhaltens in den Verwaltungen
- Mitarbeiterschulungen zur Energieeffizienz durchführen

### **6.3 Maßnahmenkatalog für die Verbrauchergruppe Gewerbe / Handel / Dienstleistung (GHD) und Industrie**

Die Verbrauchergruppe „GHDI“, beinhaltet die Masse der Arbeitsplätze in der Region. Sie stellt neben den privaten Verbrauchern und dem Verkehr die dritte Hauptsäule des Energieverbrauchs und dementsprechend der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Betrachtungsgebiet dar.

Da jedoch gerade in diesem Bereich, in dem betriebsbedingt eine Vielzahl verschiedener Verbrauchsstrukturen vorliegen, die Aufstellung eines konkreten Maßnahmen- und Handlungskataloges kaum möglich ist, werden hier wichtige Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs, Steigerung der Effizienz und Verringerung der Umweltwirkung allgemein dargestellt.

Zudem wurde im Rahmen der Erfassung des energetischen Ist-Zustandes ein Datenerhebungsbogen an die größten Unternehmen in den einzelnen Kommunen versandt. Hier wurde neben dem Energieverbrauch auch nach geplanten, bzw. bereits durchgeführten Energieeffizienzmaßnahmen gefragt. Die Ergebnisse dieser Abfrage wurden ebenfalls mit in den Maßnahmenkatalog übernommen.

Nachfolgend ist ein allgemeiner Überblick der Handlungsempfehlungen in der Verbrauchergruppe „GHDI“ dargestellt, die sich im Rahmen dieser Studie herauskristallisiert haben.

## Heizungsversorgung

- Überprüfung von gewachsenen Versorgungsstrukturen hinsichtlich Anlageneffizienz
- Stand der Technik nutzen
- Möglichkeiten von Vernetzungen / betriebliches Wärmenetz mit effizienter zentraler Wärmebereitstellung prüfen
- Effiziente Wärmeverteilung und Übergabe realisieren
- Einsatzmöglichkeiten von Kraft-Wärme-(Kälte-)Kopplung prüfen
- Abwärmenutzung, Wärmerückgewinnung, Luftvorwärmung (z.B. in Lackierbetrieben) nutzen
- Möglichkeiten der Einspeisung von Prozessabwärme in die Heizungsverteilung prüfen
- Überprüfung des Einsatzes Erneuerbarer Energieträger zur Verbesserung der CO<sub>2</sub>-Bilanz und möglicher Steigerung der Wirtschaftlichkeit
- Möglichkeit des Anschlusses an Wärmeverbundlösungen prüfen

## Elektro- /Prozesseffizienz

- Möglichkeiten der Einführung eines Lastmanagements prüfen
- Auswertung von elektrischen Lastgängen zur Vermeidung von Leistungsspitzen durchführen
- Einsatz effizienter Pumpen und Antriebsmotoren
- Überprüfung energieintensiver Prozessabläufe hinsichtlich Optimierungspotential (Weiterentwicklung von technischen Möglichkeiten, neue Verfahrensmöglichkeiten)

### **Optimierung des betrieblichen Einsatzes von Drucklufttechnik**

- Vermeidung / Überprüfung von Leckagen im Leitungsnetz
- Richtige Wahl des Druckniveaus
- Optimierung der Regelung und Steuerung
- Richtige Dimensionierung von Kompressoren, Netzanschlüssen und Verbindungsstücken

### **Beleuchtung**

- Einsatz energiesparender Beleuchtungstechnik mit intelligenter Lichtsteuerung in Industriehallen, Werkstätten, Bürogebäuden und im Einzelhandel.

### **Gebäude**

- Bei nicht gedämmten aber beheizten Industriehallen und Gebäuden Wärmedämmung anbringen.

## 6.4 Maßnahmenkatalog für die Verbrauchergruppe Verkehr

Rund 53 % des Endenergieverbrauchs wird durch den Sektor Verkehr verursacht, wobei hierbei die Verbrauchsschwerpunkte im Bereich der privaten PKW sowie des LKW-Verkehrs liegen. Beim privaten Verkehr ist ein erheblicher Anteil dem Berufspendelverkehr zuzuordnen. Da dem Automobilbereich in Deutschland aber mehr Ansehen als lediglich „Mittel als Fortbewegung“ zukommt und die Aufstellung eines konkreten Maßnahmen- und Handlungskataloges nicht pauschal möglich ist, appellieren die Handlungsempfehlungen auch an die Vernunft der Fahrzeughalter.

Nachfolgend ist ein allgemeiner Überblick der Handlungsempfehlungen in der Verbrauchergruppe „Verkehr“ dargestellt, die sich im Rahmen dieser Studie herauskristallisiert haben. Anschließend werden einige dieser Empfehlungen nochmals detailliert erläutert.

- Vermeidung unnötiger Fahrten
- „Vorausschauende Fahrweise“ anwenden
- Keine Übermotorisierung → Umstieg auf sparsame Fahrzeuge
- Anschaffung von schadstoff- und verbrauchsarmen Fahrzeugen
- Einsatz von verfügbaren Kraftstoffen mit besserer CO<sub>2</sub>-Bilanz als herkömmlicher Diesel oder Ottokraftstoff
- Ggf. Modernisierung öffentlicher und betrieblicher Fuhrparks
- Steigerung der Attraktivität und gezielte Weiterentwicklung des ÖPNV Angebots → Ausbau des Angebots und konsequentere Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel
- Errichtung von weiteren Ladestationen für E-Mobilität
- Förderung des Fahrradverkehrs durch den Ausbau von Radwegen
- Einführung einer Car-Sharing Organisation

### **6.4.1 Umrüstung der kommunalen Fahrzeugflotte auf E-Mobilität**

Der kommunalen Fahrzeugflotte kommt, vergleichbar zu den kommunalen Liegenschaften, eine entscheidende Vorreiterrolle zu. Zwar spielt die tatsächliche Einsparung im Bereich der kommunalen Fahrzeugflotte nur eine untergeordnete Rolle, jedoch werden hierdurch private Fahrzeugbesitzer animiert. Aus diesem Grund sollten die Kommunen künftig bei der Anschaffung eines kommunalen Fahrzeugs wenn möglich den Einsatz eines Elektromobils prüfen.

### **6.4.2 Ausbau von Elektroladestationen**

Um die moderne Technik der Elektromobilität im Betrachtungsgebiet voran zu treiben, ist es zunächst notwendig, die dafür erforderliche Infrastruktur zu schaffen. Aufgrund der noch begrenzten Reichweite von Elektrofahrzeugen sollten mehrere Ladestationen errichtet werden. Um CO<sub>2</sub>-Neutralität zu erreichen, muss die elektrische Energie aus Erneuerbaren Energien stammen. Dazu bietet es sich an, den Strom aus Photovoltaikanlagen in Akkumulatoren zu nutzen (z.B. durch Solar-Carports).

## 6.5 Integration der Potentiale der Erneuerbaren Energien

Im nachfolgenden Kapitel wird die sinnvolle Integration der in Kapitel 3.4 ermittelten Potentiale an Erneuerbaren Energien geprüft.

### 6.5.1 Erstellung von Wärmekataster

Die Wärmekataster der einzelnen Kommunen zeigen auf, in welchen Straßen ein hoher bzw. ein niedriger Wärmebedarf vorliegt und stellen die Wärmebelegung straßenweise dar.

Um die Höhe der spezifischen Wärmebelegung deutlich zu machen, wird eine farbliche Abstufung vorgenommen, welche in Tabelle 18 ersichtlich ist.

**Tabelle 18: Abstufung der Wärmebelegung und Einfärbung im Wärmekataster**

spezifische Wärmebelegung	Farbe
< 1499 kWh/m*a	keine Einfärbung
1500 - 2499 kWh/m*a	gelbe Einfärbung
2500 - 3499 kWh/m*a	orange Einfärbung
> 3500 kWh/m*a	rote Einfärbung

Um eine bessere Aussage treffen zu können, wie sich die Wärmebelegung bei unterschiedlichen Anschlussdichten verhält, wird die spezifische Wärmebelegung für mehrere Anschlussdichten errechnet.

In den nachfolgenden Abbildungen sind die erstellten Wärmekataster dargestellt.



Abbildung 24: Wärmekataster Wartenberg



Abbildung 25: Wärmekataster Berglern

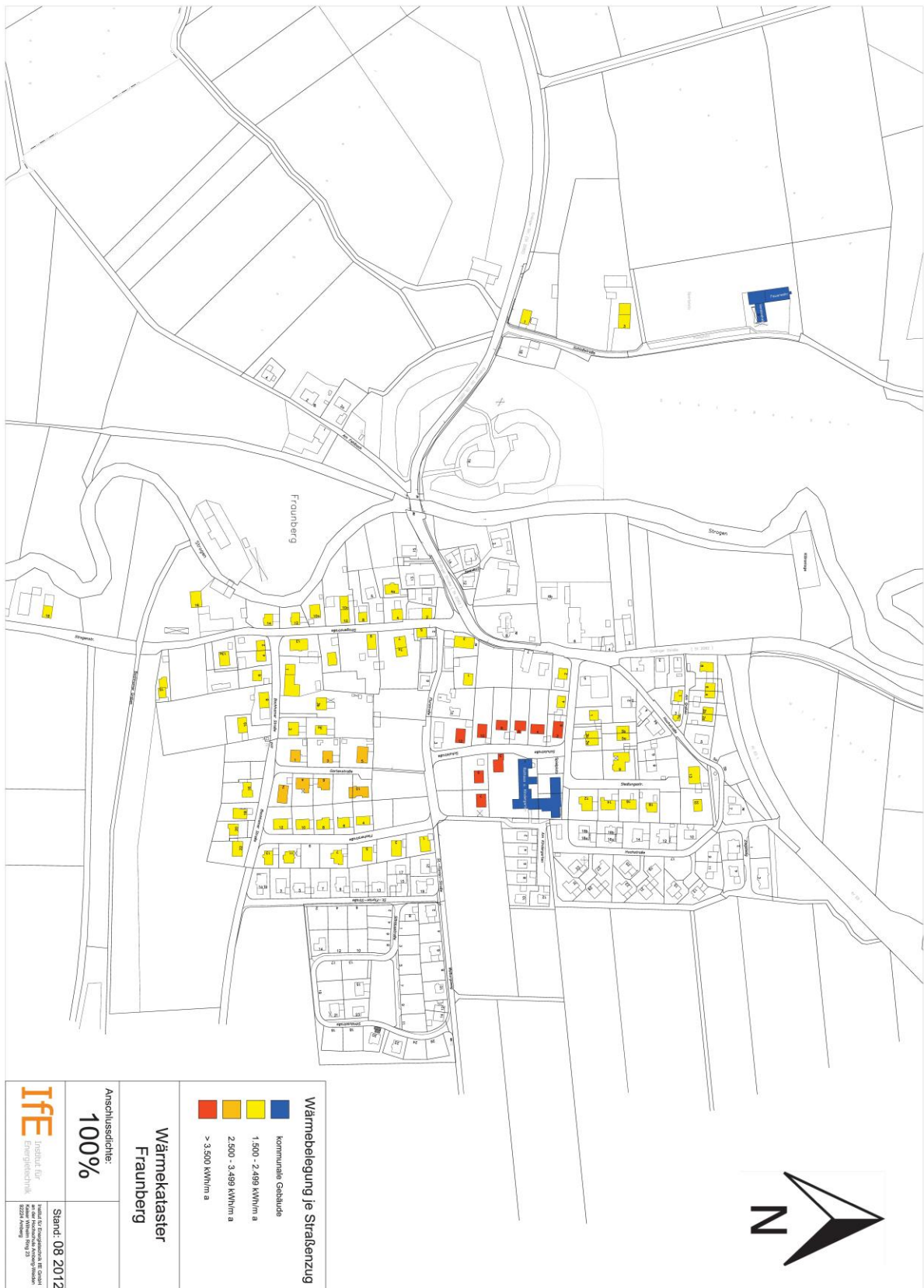


Abbildung 26: Wärmekataster Fraunberg

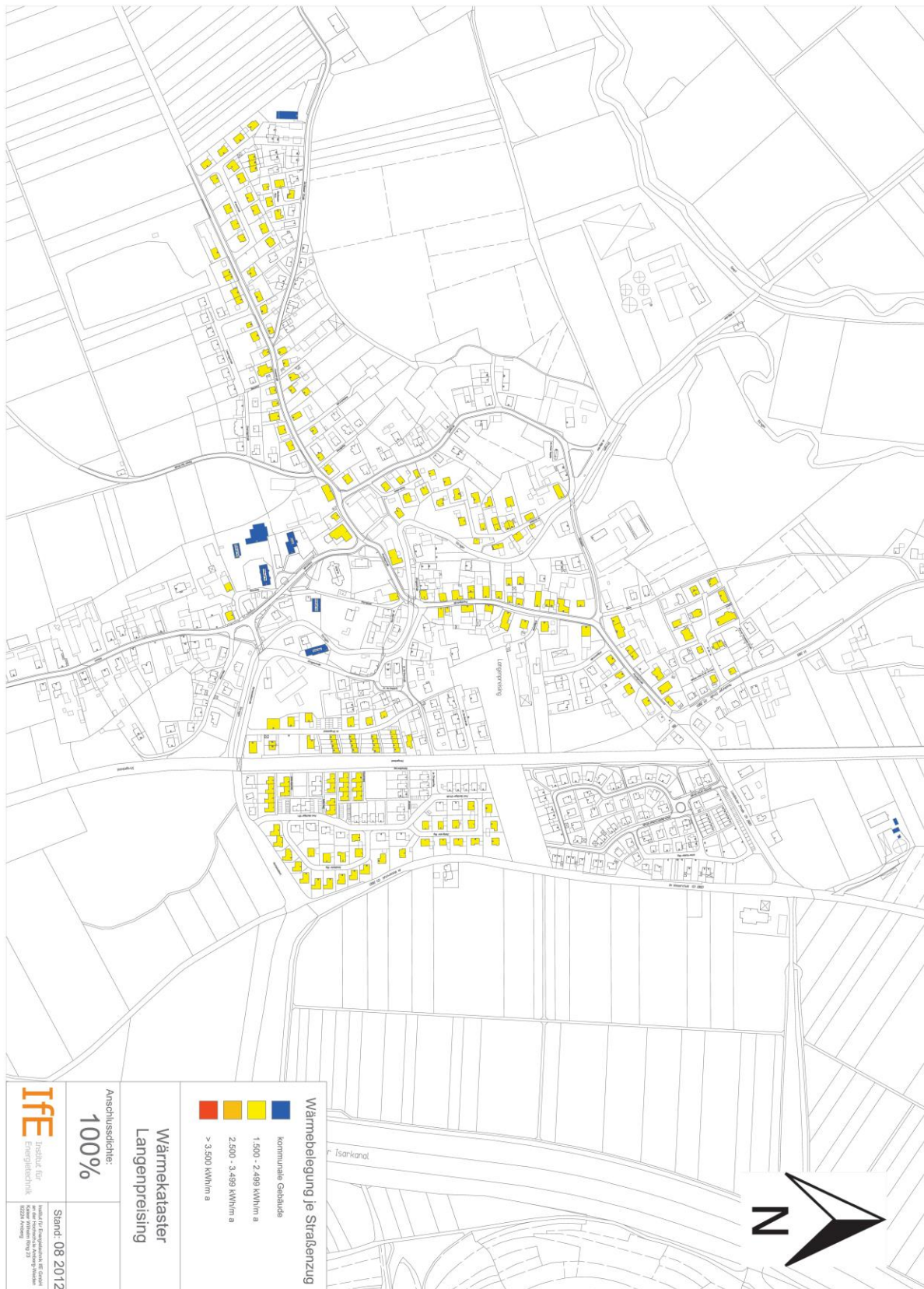


Abbildung 27: Wärmekataster Langenpreising

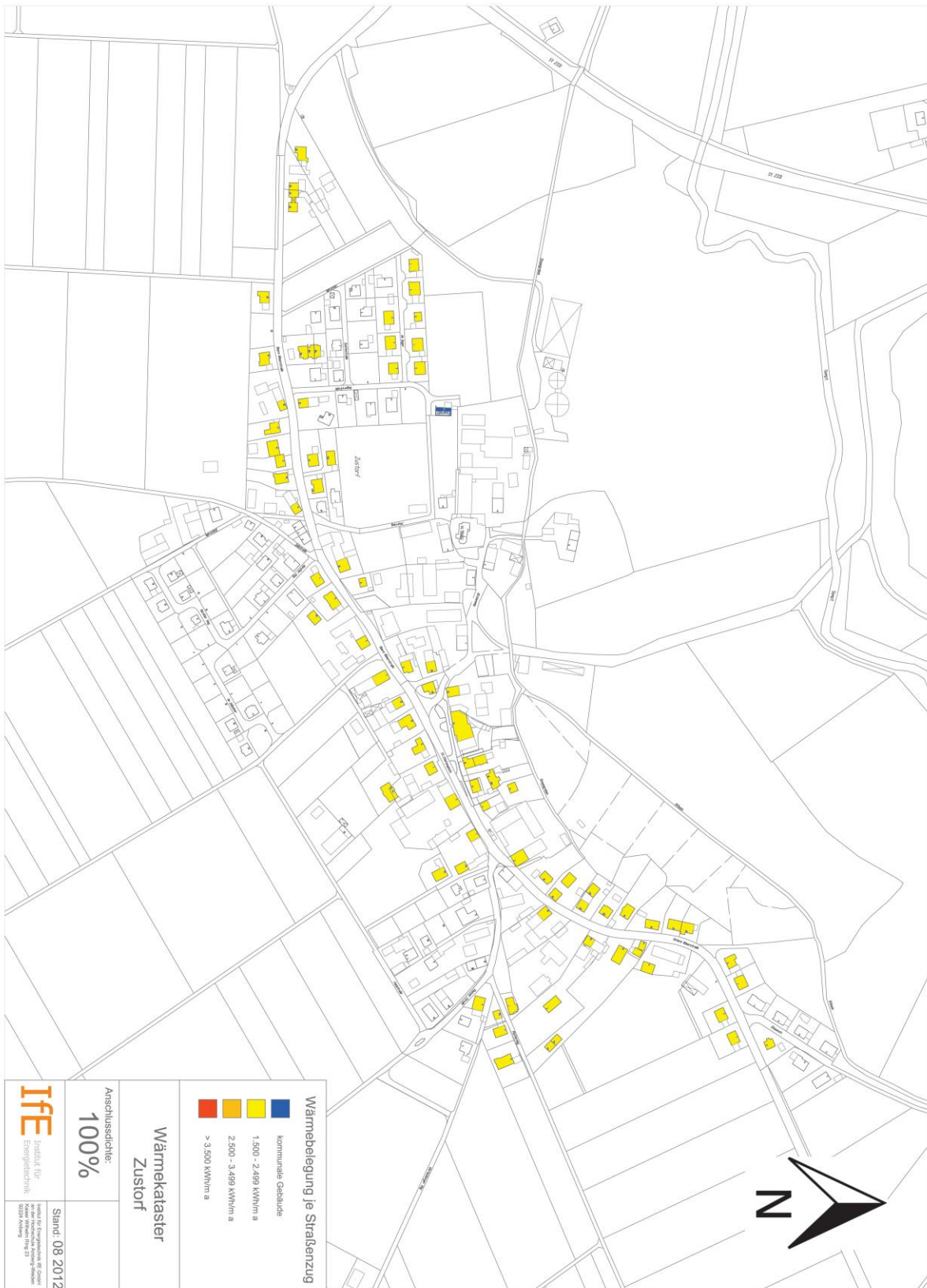


Abbildung 28: Wärmekataster Zustand

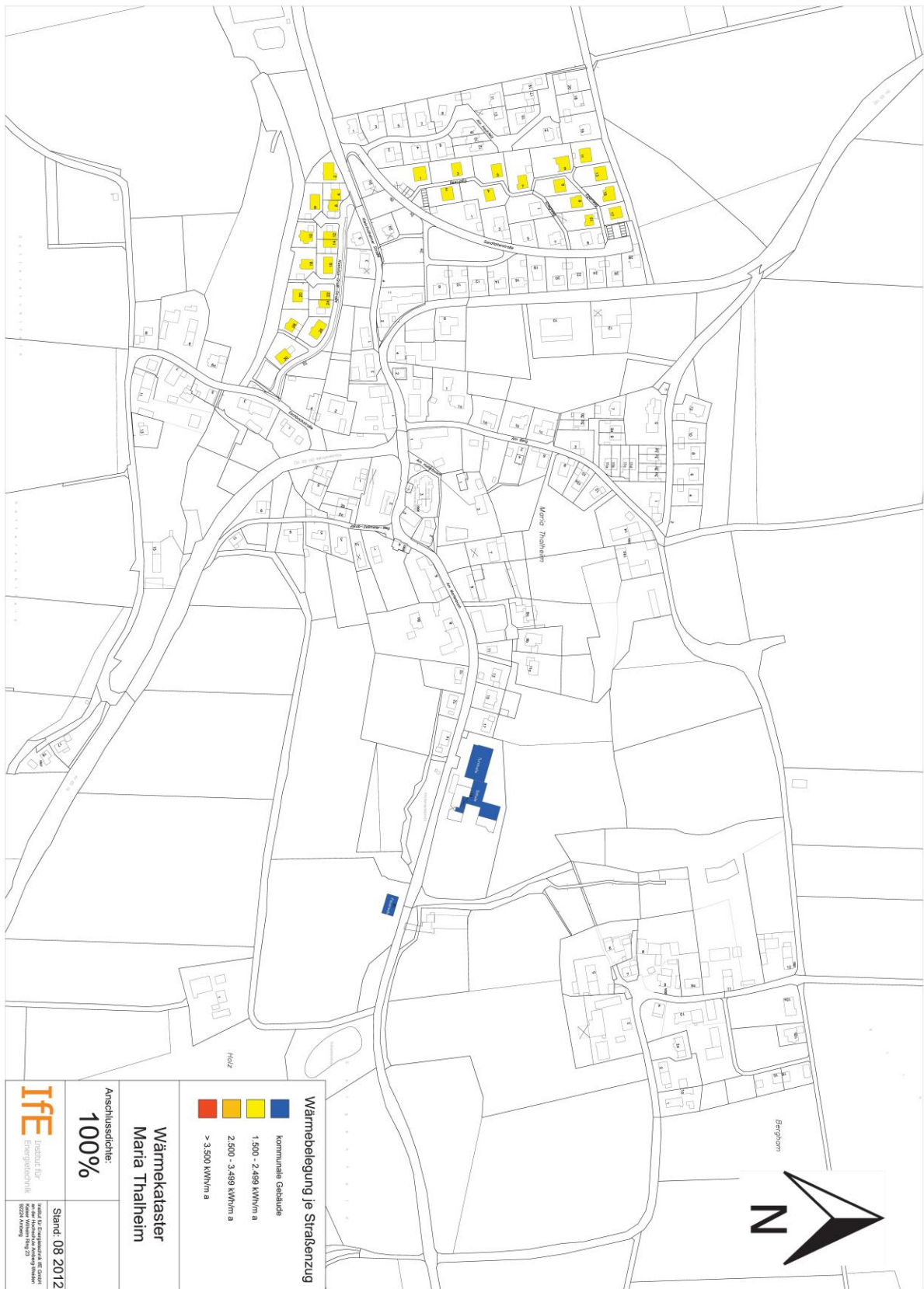


Abbildung 29: Wärmekataster Maria Thalheim

## 6.5.2 Hinweise zu den Wärmeerzeugern

Beim Einsatz von **Blockheizkraftwerken (BHKW)** muss berücksichtigt werden, dass diese wartungsintensiv sind. Je nach Hersteller, Anlagengröße und Einsatzbedingungen des BHKW kann ab etwa 20.000 Betriebsstunden eine Motorüberholung bzw. ein Austausch des Motors erforderlich werden. Bei Erdgas-BHKW können je nach Hersteller und Größe der Anlage ggf. längere Intervalle vorliegen.

Blockheizkraftwerke sollen im Dauerbetrieb zur Grundlastversorgung eingesetzt werden, ein häufiges Takten – Starten und Stoppen des Motors – ist zu vermeiden. Um einen optimierten Dauerbetrieb zu gewährleisten ist ein entsprechend großer Pufferspeicher vorzusehen.

Die Einspeisung der jeweiligen elektrischen Leistung der geplanten KWK-Anlagen in das öffentliche Stromnetz muss im Vorfeld einer Realisierung in Abstimmung mit dem lokalen Netzbetreiber/Energieversorgungsunternehmen überprüft werden.

Beim Einsatz von **Erdgas** wird der vom BHKW erzeugte Strom bei Bedarf vorrangig, soweit möglich, im eigenen Gebäude verwendet. Dadurch kann der Strombezug aus dem öffentlichen Netz verringert und Leistungsspitzen reduziert werden. Bei Stromüberproduktion wird dieser ins öffentliche Netz eingespeist. Da, wie nachfolgend noch näher beschrieben wird, eine feste Einspeisevergütung für Erdgas-BHKW nicht festgeschrieben ist, muss anhand der aktuellen Vergütung und den Stromkosten abgewogen werden, ob eine Stromeinspeisung nach dem KWK-Gesetz oder eine Stromeigennutzung wirtschaftlich sinnvoller ist.

Der produzierte Strom aus **Biomethan-BHKW** wird im Allgemeinen ins öffentliche Netz eingespeist und nach dem EEG vergütet. Beim Einsatz von **Biomethan** (auf Erdgasqualität aufbereitetes und ins Erdgasnetz eingespeistes Biogas) ergibt sich am BHKW technisch kein Unterschied gegenüber dem normalen Erdgasbetrieb. Für den Betrieb einer solchen EEG-Anlage ist entsprechend ein Kraftstoffkontingent an Biomethan zu erwerben und in der Gasbezugsleitung ein eigener geeichter Verbrauchszähler zu installieren.

Beim Einsatz eines **Hackgutkessels** muss berücksichtigt werden, dass ein Hackgutbunker oder -lagerbereich eingerichtet, bzw. errichtet werden muss. Dadurch ist bei diesen Varianten ein erhöhter Platzbedarf und Logistikaufwand zu berücksichtigen. Der jährliche Verbrauch an Hackgut wird bei den einzelnen Varianten in Tonnen angegeben. Dieser Verbrauch ist stark von der Qualität der eingesetzten Hackguts abhängig. Bei den Berechnungen wird von einem durchschnittlichen Heizwert von 3,5 kWh/kg und einer Schüttdichte von 220 kg/m<sup>3</sup> ausgegangen (z.B. Nadelholzhackgut bis Wassergehalt w=30 %). Um einen optimierten Betrieb zu gewährleisten ist ein entsprechend großer Pufferspeicher vorzusehen.

Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass eine Zufahrtsmöglichkeit zur Befüllung des Lagers gegeben sein muss. Die Belieferungsintervalle sind je nach Kesselgröße von der Betriebssituation und der Lagerkapazität abhängig und können von wenigen Tagen bis wenigen Wochen variieren. Bei großen Heizwerken ist mit täglichen Anlieferungen zu rechnen. Für den Betrieb und die Brennstoffversorgung eines Hackgutkessels ist mit einem höheren Personal- und Wartungsaufwand als bei einer Erdgas- oder Heizölfeuerung zu rechnen.

Bei einem **Pelletkessel** muss ebenfalls berücksichtigt werden, dass ein Pelletlager einge-, bzw. errichtet werden muss. Im Vergleich zu einem Erdgaskessel ist mit erhöhtem Platzbedarf und Logistikaufwand zu rechnen. Der jährliche Pelletverbrauch wird in den betrachteten Varianten in Tonnen angegeben. Bei Pellets handelt es sich um naturbelassenes Holz, welches ohne chemische Bindemittel zu zylindrischen Pellets gepresst wird. Da es sich bei Pellets um einen genormten Brennstoff nach DIN 51731 (Önorm M7135, CEN/TS 14961 oder „DIN plus“) handelt, ist die Qualität der Pellets konstant und es liegt ein Heizwert von rund 5 kWh/kg, bei einem Schüttgewicht von 650 kg/m<sup>3</sup> vor.

Zur Befüllung des Lagers muss ebenfalls eine Zufahrtsmöglichkeit vorhanden sein. Da Pellets aber über einen Schlauch in das Lager geblasen werden können, gestaltet sich die Anlieferung etwas einfacher, als beim Hackschnitzelkessel. Die Belieferungsintervalle sind im Vergleich zur Hackgutheizung meist länger und die benötigte Lagerkapazität geringer, was am höheren Heizwert und der höheren Schüttdichte der Pellets liegt.

Für den Betrieb und die Brennstoffversorgung eines Pelletkessels ist mit einem höheren Personal- und Wartungsaufwand als bei einer Erdgas- bzw. Heizölfeuerung zu rechnen.

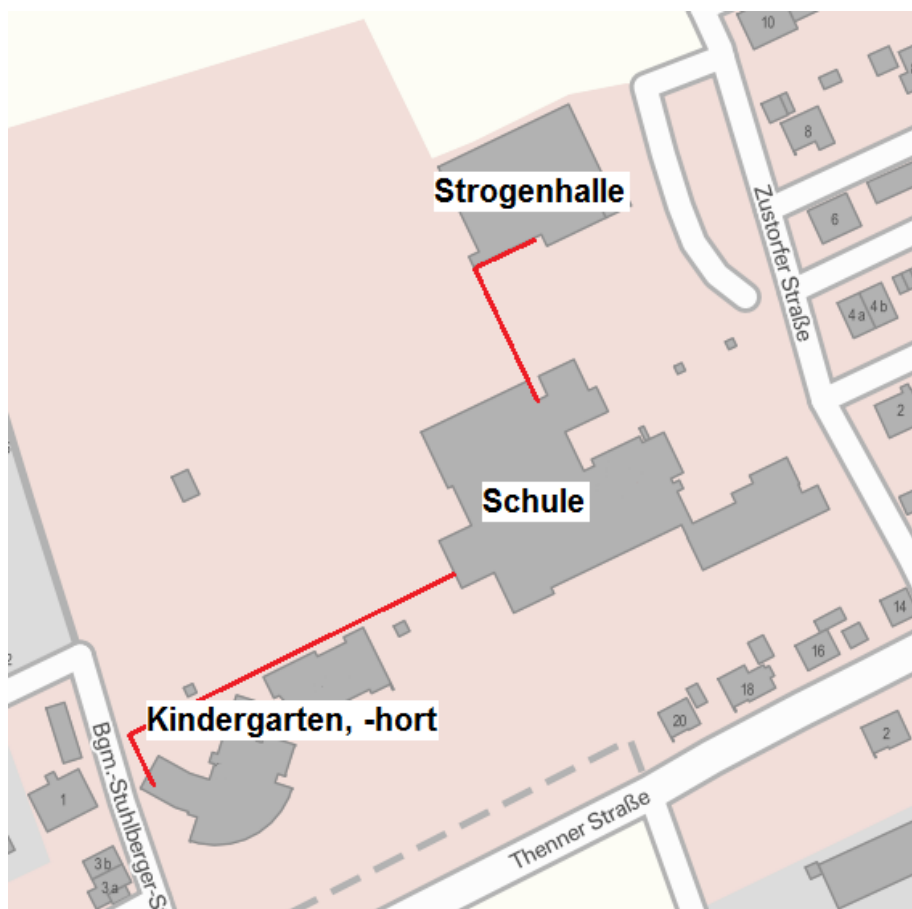
### 6.5.3 Erneuerung Wärmeversorgung „Schulkomplex Wartenberg“

Nachfolgend wird eine Umstellung der aktuellen Wärmeversorgung des Schulkomplexes in Wartenberg nach ökologischen und ökonomischen Aspekten geprüft.

Der „Schulkomplex“ besteht aus folgenden Liegenschaften:

- Schule Wartenberg
- Strogenhalle
- Kindergraten, -hort

Diese Liegenschaften sind aktuell mit einem Wärmenetz verbunden. Die zentrale Wärmeversorgung ist im Kellergeschoss der Schule untergebracht. In Abbildung 30 ist eine Übersicht über die betrachteten Gebäude abgebildet. Des Weiteren ist der ungefähre Verlauf der bestehenden Wärmeleitung mit eingezeichnet (rot).



**Abbildung 30: Übersicht „Schulkomplex Wartenberg“**  
[Quelle: Landesamt für Vermessung und Geoinformation]

### **6.5.3.1 Die thermische Energieversorgung**

Der thermische Energiebedarf des „Schulkomplexes“ wird aktuell von folgenden Wärmeerzeugern bereitgestellt:

- Heizölkessel Buderus, Leistung 489 kW, Baujahr 1982
- Heizölkessel Buderus, Leistung 489kW, Baujahr 2002
- Heizölkessel Buderus, Leistung 180 kW, Baujahr 1990

Die betrachteten Liegenschaften haben einen Heizölbedarf von rund 103.000 Liter pro Jahr (Mittelwert der letzten drei Abrechnungszeiträume).

### **6.5.3.2 Die elektrische Energieversorgung**

Die betrachteten Liegenschaften beziehen ausschließlich elektrische Energie für Strom- und Lichtzwecke. Der durchschnittliche Strombezug der Liegenschaften beläuft sich in Summe auf rund 196.000 kWh (Mittelwert der letzten drei Abrechnungszeiträume).

Diese Erfassung ist im Nachgang zur Auslegung einer möglichen Stromeigennutzung der KWK-Variante (Kraft-Wärme-Kopplung) nötig.

### 6.5.3.3 Der Wärmebedarf

Der Wärmebedarf für den Schulkomplex ergibt sich aus den Brennstoffverbräuchen und dem Nutzungsgrad der Heizungsanlage. Dieser ist vom eingesetzten System und vom Alter der Heizungsanlage abhängig.

In Summe ergibt sich ein witterungsbereinigter Wärmebedarf für den Schulkomplex von rund 937.300 kWh pro Jahr.

Eine Aufteilung des Wärmebedarfs in Raum- bzw. Warmwasserbedarf ist nicht möglich.

Mit Hilfe der so genannten Gradtagmethode der VDI-Richtlinie 2067 können die monatlichen Bedarfswerte vom Jahreswärmebedarf abgeleitet werden. Die Grundidee der Gradtagmethode basiert auf empirisch ermittelten Monatsbedarfswerten und deren Anteil am Jahresbedarf. In Abbildung 31 ist der monatliche Gesamtwärmebedarf dargestellt.

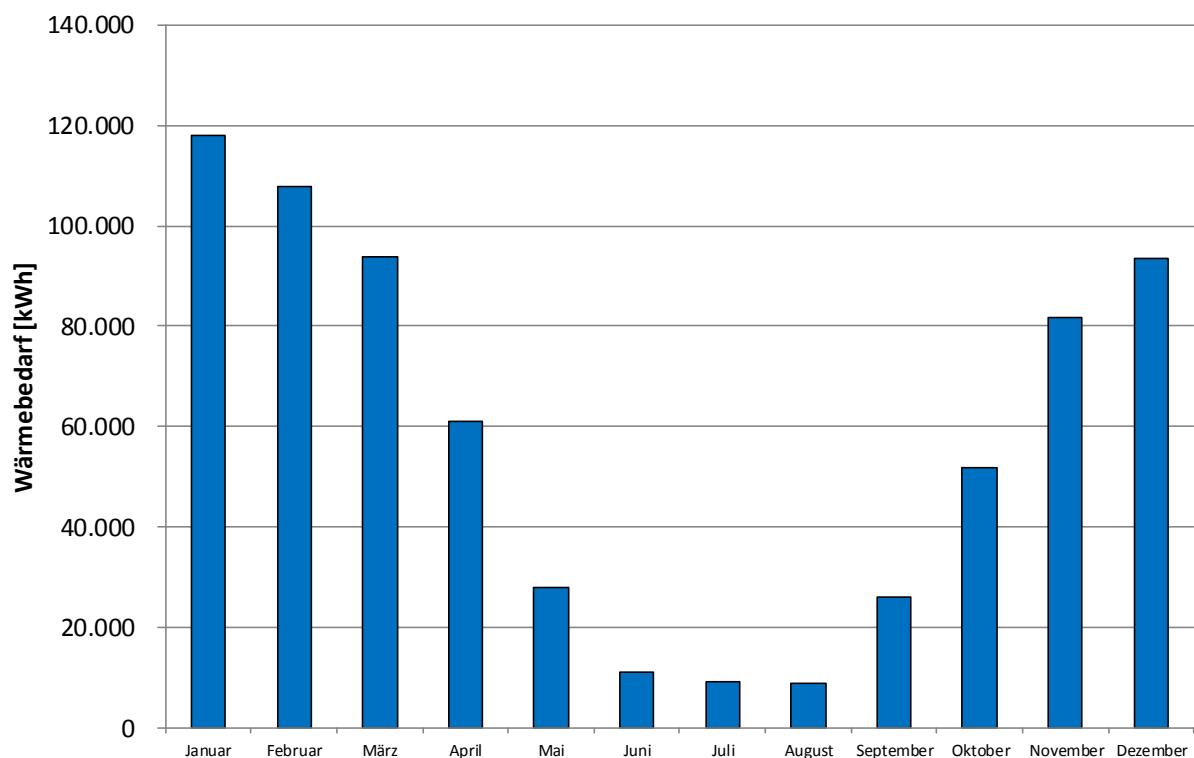
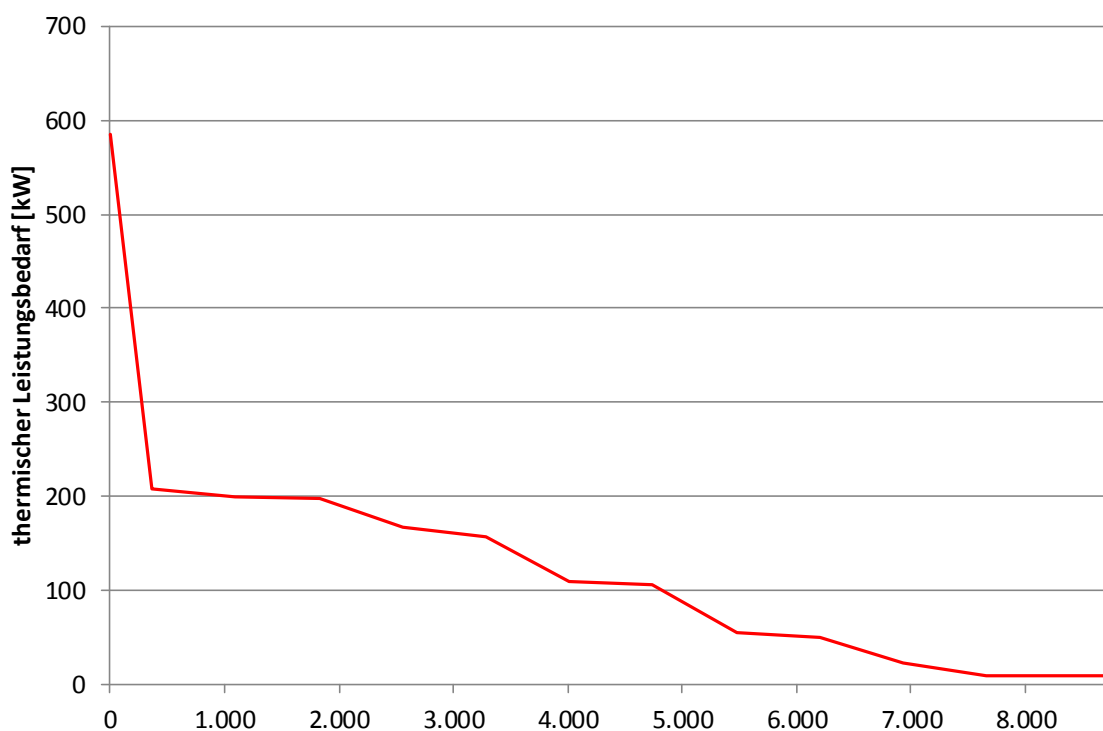


Abbildung 31: Der monatliche Wärmebedarf des Schulkomplexes

Anhand des monatlichen Wärmebedarfs wird die geordnete Jahresdauerlinie des thermischen Energiebedarfs erstellt. Die geordnete Jahresdauerlinie ist das zentrale Instrument für den Anlagenplaner. Die Fläche unter der Jahresdauerlinie entspricht dem Jahresnutzwärmebedarfs. Idealerweise sollten sich die meist modular aufgebauten, d.h. in Grund- und Spitzenlastabdeckung unterteilten Heizanlagensysteme der Jahresdauerlinie annähern.

Werden Wärmeerzeuger in der Grafik flächendeckend eingetragen, kann auf die Laufzeiten und den Anteil an der Jahreswärmebereitstellung der einzelnen Wärmeerzeuger geschlossen werden. Die zu installierende Spitzenleistung richtet sich nach Kennwerten der Kesselvollbenutzungsstunden und dem Wärmebedarf. Dies beruht nicht auf einer Heizlastberechnung und ersetzt nicht die technische Detailplanung.

In Abbildung 32 ist die geordnete Jahresdauerlinie des Gesamtwärmebedarfs dargestellt.



**Abbildung 32: Die geordnete Jahresdauerlinie des Gesamtwärmebedarfs**

### 6.5.3.4 Die Versorgungsvarianten

Nachfolgend werden verschiedene Versorgungsvarianten beschrieben. Des Weiteren wird in der Betrachtung davon ausgegangen, dass die Schule an das anliegende Erdgasnetz angeschlossen wird. Diese Investitionskosten sind ebenfalls mit berücksichtigt.

#### ***6.5.3.4.1 Variante 1.0: Erneuerung der Bestandskessel / Umstieg auf Erdgas (Referenzvariante)***

Bei der Variante 1.0 (Referenzvariante) wird eine Erneuerung der Wärmeerzeugung in der Schule betrachtet. Hier ist vorgesehen, die Schule mit einem modernen Erdgaskessel auszustatten. Bei den Investitionskosten wird von einer Erneuerung der Kessel ausgegangen.

Jährlich werden rund 1.042.000 kWh<sub>Hi</sub> Erdgas benötigt.

### 6.5.3.4.2 Variante 1.1: Biomethan-BHKW und Erdgasspitzenlastkessel

Bei der Variante 1.1 wird zur Grundlastabdeckung ein Biomethan-BHKW mit einer thermischen Leistung von 95 kW und einer elektrischen Leistung von 50 kW eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung kommt ein Erdgaskessel mit einer Nennwärmeleistung von 500 kW zum Einsatz. Abbildung 33 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher vorgesehen, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für das Biomethan-BHKW ergeben sich etwa 6.000 Vollbenutzungsstunden pro Jahr. Jährlich werden rund 950.000 kWh<sub>Hi</sub> an Biomethan und rund 409.000 kWh<sub>Hi</sub> an Erdgas verbraucht.

Das Biomethan-BHKW erzeugt jährlich rund 300.000 kWh an elektrischer Energie, welche nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz vergütet wird.

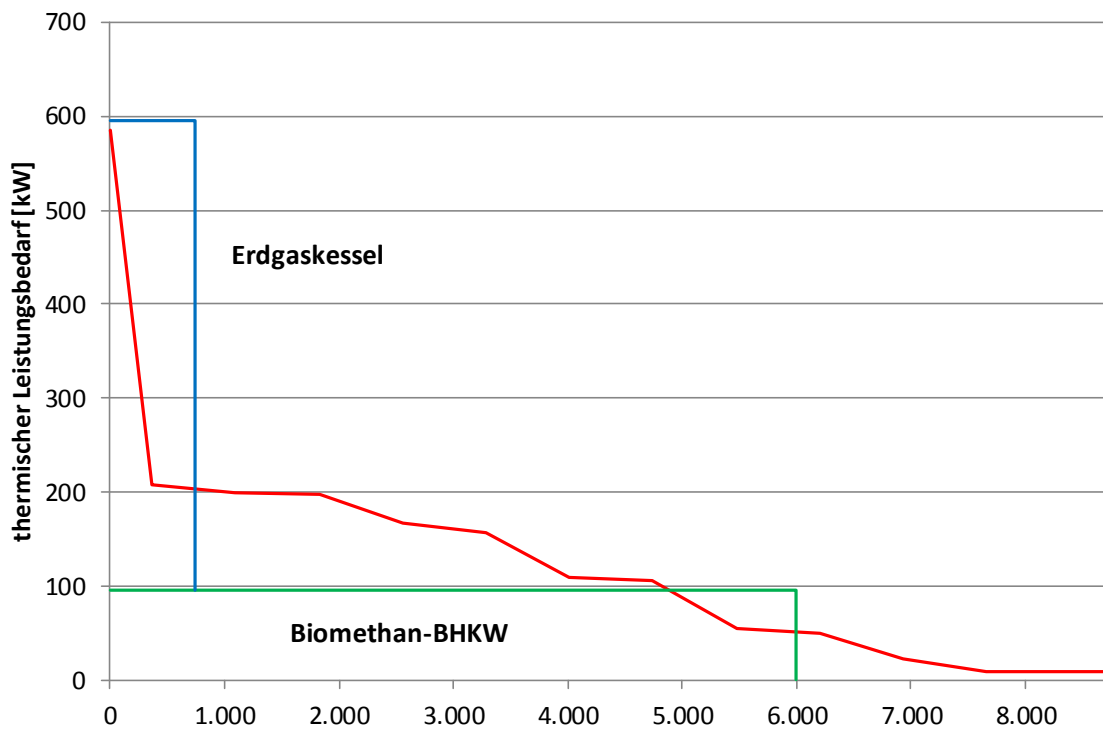


Abbildung 33: Die Jahresdauerlinie der Variante 1.1

Wärmeerzeuger		Biomethan-BHKW	Erdgaskessel
Nennwärmeleistung	[kW]	95	500
elektrische Leistung	[kW]	50	-
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	6.000	730
erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	570.000	365.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	61	39
erzeugte Jahresstrommenge	[kWh/a]	300.000	-

### 6.5.3.4.3 Variante 1.2: Erdgas-BHKW und Erdgasspitzenlastkessel

Bei der Variante 1.2 wird zur Grundlastabdeckung ein Erdgas-BHKW mit einer thermischen Leistung von 95 kW und einer elektrischen Leistung von 50 kW eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung kommt ein Erdgaskessel mit einer Nennwärmeleistung von 500 kW zum Einsatz. Abbildung 34 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher vorgesehen, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für das Erdgas-BHKW ergeben sich etwa 6.000 Vollbenutzungsstunden pro Jahr. Jährlich werden rund 1.359.000 kWh<sub>Hi</sub> an Erdgas verbraucht.

Das Erdgas-BHKW erzeugt jährlich rund 300.000 kWh an elektrischer Energie, die zu rund 20 Prozent in der Schule genutzt werden kann. Die verbleibende elektrische Energie wird in das öffentliche Versorgungsnetz eingespeist und durch das KWKG-Gesetz vergütet.

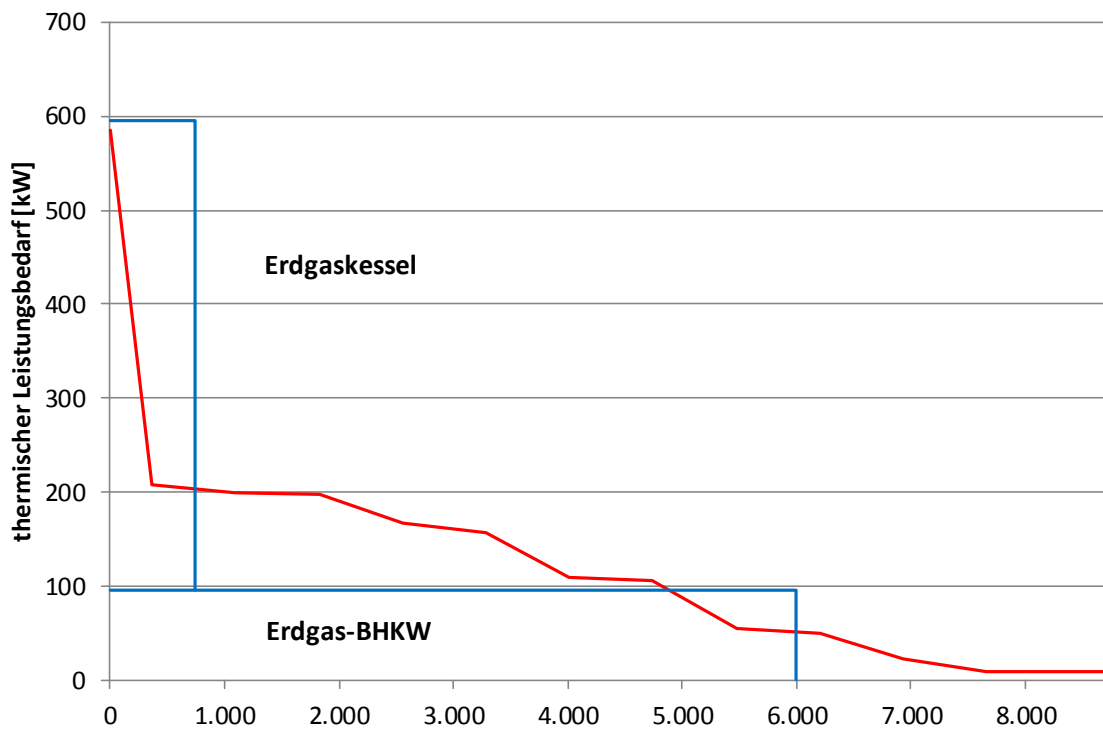


Abbildung 34: Die Jahresdauerlinie der Variante 1.2

Wärmeerzeuger		Erdgas-BHKW	Erdgaskessel
Nennwärmeleistung	[kW]	95	500
elektrische Leistung	[kW]	50	-
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	6.000	730
erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	570.000	365.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	61	39
erzeugte Jahresstrommenge	[kWh/a]	300.000	-

#### 6.5.3.4.4 Variante 1.3: Pelletkessel und Erdgasspitzenlastkessel

Bei der Variante 1.3 wird ein Pelletkessel mit einer Nennwärmeleistung von 200 kW eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung kommt ein Erdgaskessel mit einer Nennwärmeleistung von 400 kW zum Einsatz. Abbildung 35 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher verwendet, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für den Biomassekessel ergeben sich etwa 4.000 Vollbenutzungsstunden im Jahr. Jährlich werden rund 182 Tonnen Pellets und rund 153.000 kWh<sub>Hi</sub> Erdgas verbraucht.

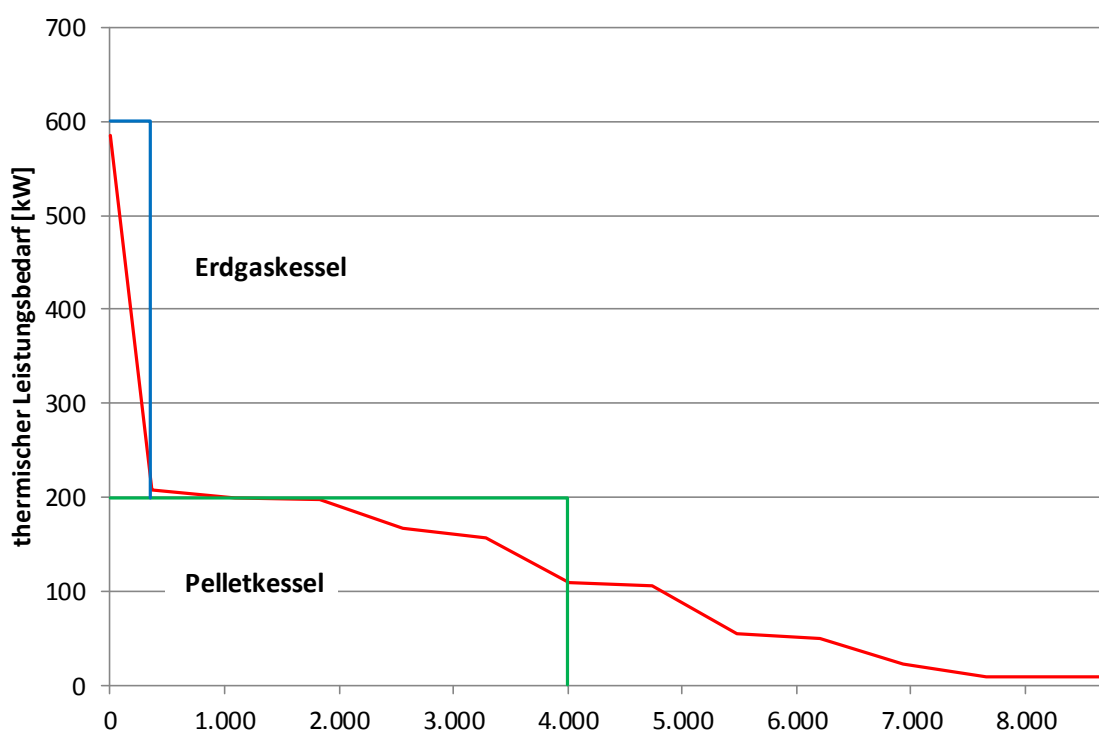


Abbildung 35: Die Jahresdauerlinie der Variante 1.3

Wärmeerzeuger		Pelletkessel	Erdgaskessel
Nennwärmeleistung	[kW]	200	400
elektrische Leistung	[kW]	-	-
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	4.000	340
erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	800.000	136.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	85	15
erzeugte Jahresstrommenge	[kWh/a]	-	-

#### 6.5.3.4.5 Variante 1.4: Hackgutkessel und Erdgasspitzenlastkessel

Bei der Variante 1.4 wird ein Hackgutkessel mit einer Nennwärmeleistung von 200 kW eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung kommt ein Erdgaskessel mit einer Nennwärmeleistung von 400 kW zum Einsatz. Abbildung 36 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher verwendet, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für den Biomassekessel ergeben sich etwa 4.000 Vollbenutzungsstunden im Jahr. Jährlich werden rund 260 Tonnen Hackgut und rund 153.000 kWh<sub>Hi</sub> Erdgas verbraucht.

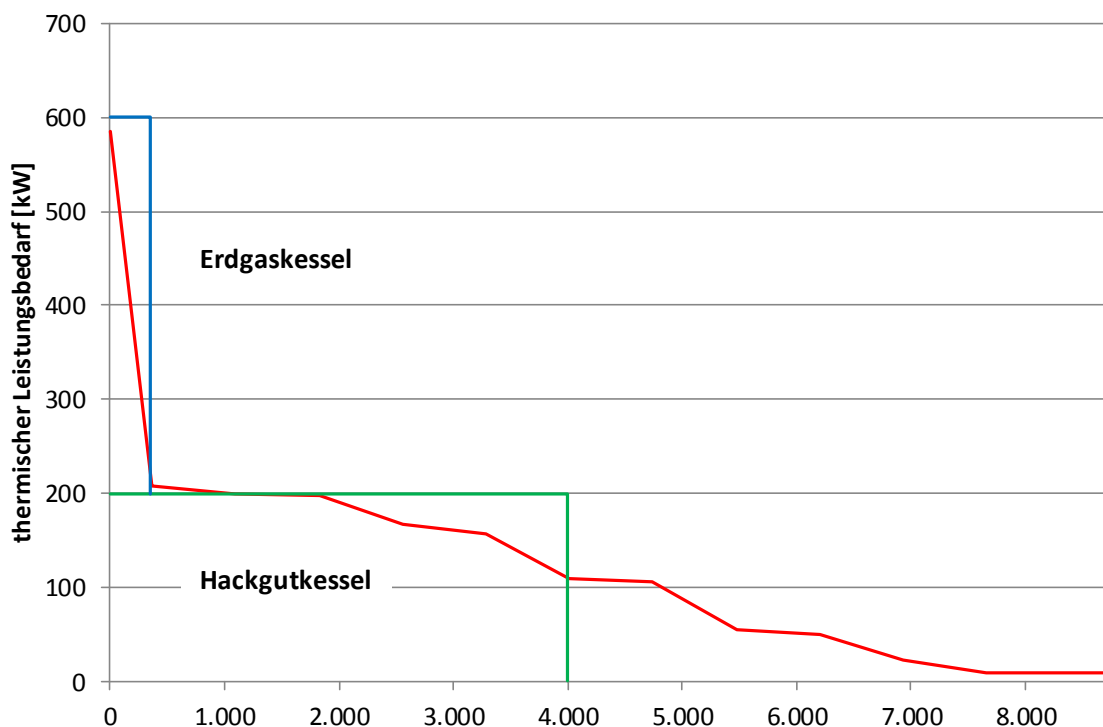


Abbildung 36: Die Jahresdauerlinie der Variante 1.4

Wärmeerzeuger		Hackgutkessel	Erdgaskessel
Nennwärmeleistung	[kW]	200	400
elektrische Leistung	[kW]	-	-
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	4.000	340
erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	800.000	136.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	85	15
erzeugte Jahresstrommenge	[kWh/a]	-	-

### 6.5.3.5 Die CO<sub>2</sub>-Bilanz der Varianten

Zur Beurteilung der ökologischen Verträglichkeit wird für die verschiedenen neuen Energieversorgungsvarianten eine Bilanzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durchgeführt. Dabei wird neben dem jährlichen Brennstoffbedarf auch der Hilfsenergiebedarf (elektrische Energie) berücksichtigt. Die Faktoren der CO<sub>2</sub>-Äquivalente wurden mit Hilfe der GEMIS-Datenbank ermittelt und berücksichtigen alle anfallenden Emissionen von der Gewinnung bis zur Energiewandlung des jeweiligen Brennstoffs. Das Ergebnis der Berechnungen ist in Abbildung 37 dargestellt.

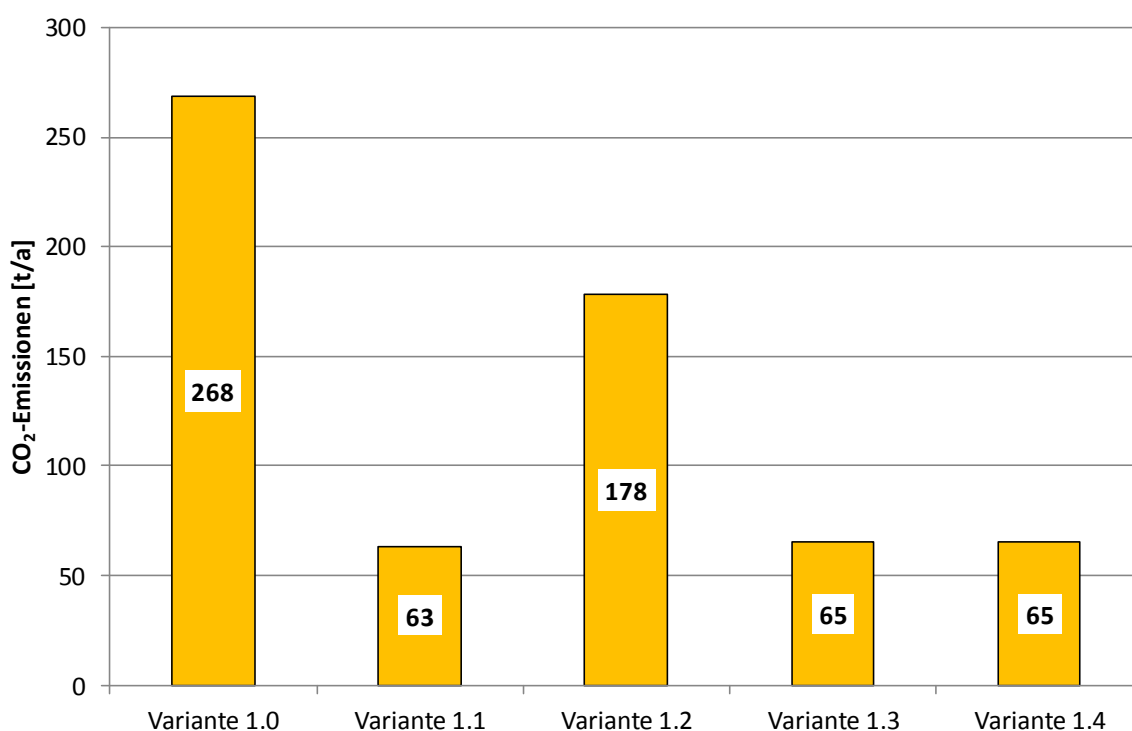


Abbildung 37: Die CO<sub>2</sub>-Bilanz der verschiedenen Varianten

Variante 1.0	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3	Variante 1.4
Erdgaskessel	Biomethan-BHKW Erdgaskessel	Erdgas-BHKW Erdgaskessel	Pelletkessel Erdgaskessel	Hackgutkessel Erdgaskessel

Die höchsten CO<sub>2</sub>-Emissionen entstehen bei der Variante 1.0, da hierbei ausschließlich der fossile Brennstoff Erdgas zum Einsatz kommt. Die niedrigsten CO<sub>2</sub>-Emissionen ergeben sich bei Variante 1.1, da hier überwiegend der regenerative Brennstoff Biomethan zum Einsatz kommt, und eine Gutschrift durch die Einspeisung der elektrischen Energie in das öffentliche Versorgungsnetz erfolgt.

## **6.5.4 Erneuerung Wärmeversorgung „Sozialwohnungen“ in Wartenberg**

Nachfolgend werden alternative Wärmeversorgungskonzepte für die „Sozialwohnungen“ in Wartenberg nach ökologischen und ökonomischen Kriterien untersucht.

### **6.5.4.1 Die thermische Energieversorgung**

Der thermische Energiebedarf der „Sozialwohnungen“ in Wartenberg wird aktuell von folgendem Wärmeerzeuger bereitgestellt:

- Heizölkessel Buderus, Leistung 140 kW, Baujahr 1988

Die „Sozialwohnungen“ haben einen Heizölbedarf von rund 21.300 Liter pro Jahr (Mittelwert der letzten drei Abrechnungszeiträume)

### **6.5.4.2 Die elektrische Energieversorgung**

Der elektrische Energiebedarf der Sozialwohnungen ist nicht bekannt. Deshalb wird nachfolgend bei der Dimensionierung der alternativen Energieversorgungsvarianten keine Eigenstromnutzung berücksichtigt (Erdgas-BHKW).

### 6.5.4.3 Der Wärmebedarf

Der Wärmebedarf für die Sozialwohnungen ergibt sich aus den Brennstoffverbräuchen und dem Nutzungsgrad der Heizungsanlage. Dieser ist vom eingesetzten System und vom Alter der Heizungsanlage abhängig.

In Summe ergibt sich ein witterungsbereinigter Wärmebedarf für den Schulkomplex von rund 190.000 kWh pro Jahr.

Mit Hilfe der so genannten Gradtagmethode der VDI-Richtlinie 2067 können die monatlichen Bedarfswerte vom Jahreswärmebedarf abgeleitet werden. Die Grundidee der Gradtagmethode basiert auf empirisch ermittelten Monatsbedarfswerten und deren Anteil am Jahresbedarf. In Abbildung 38 ist der monatliche Gesamtwärmebedarf der Sozialwohnungen dargestellt.

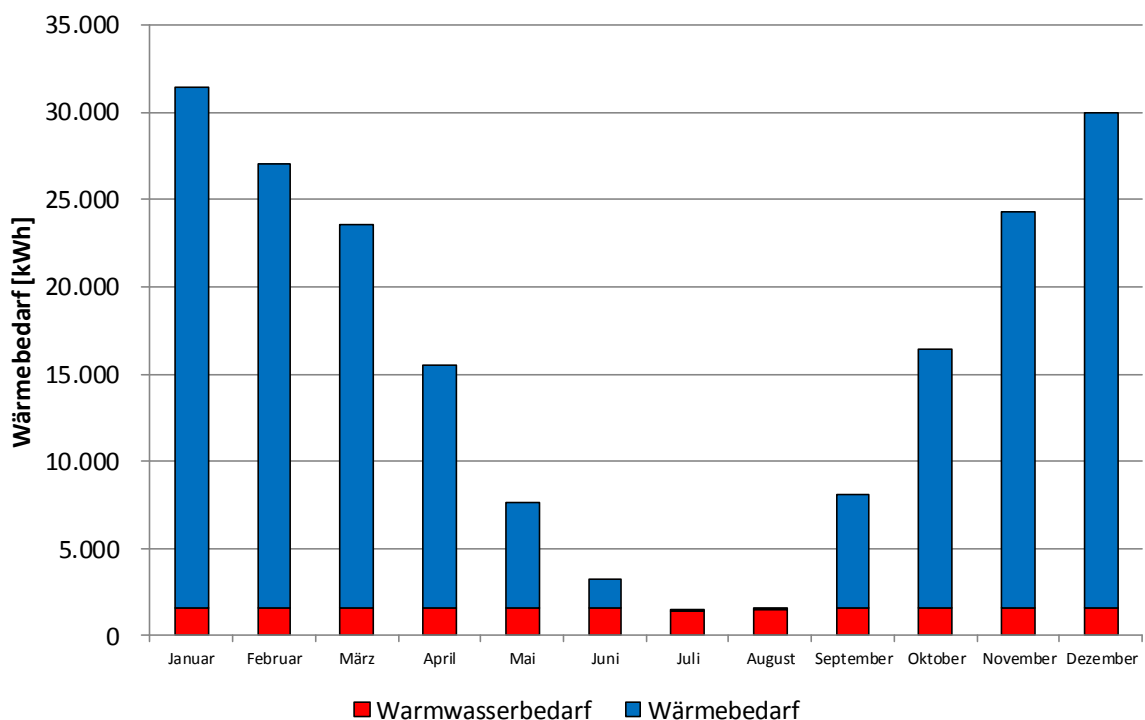
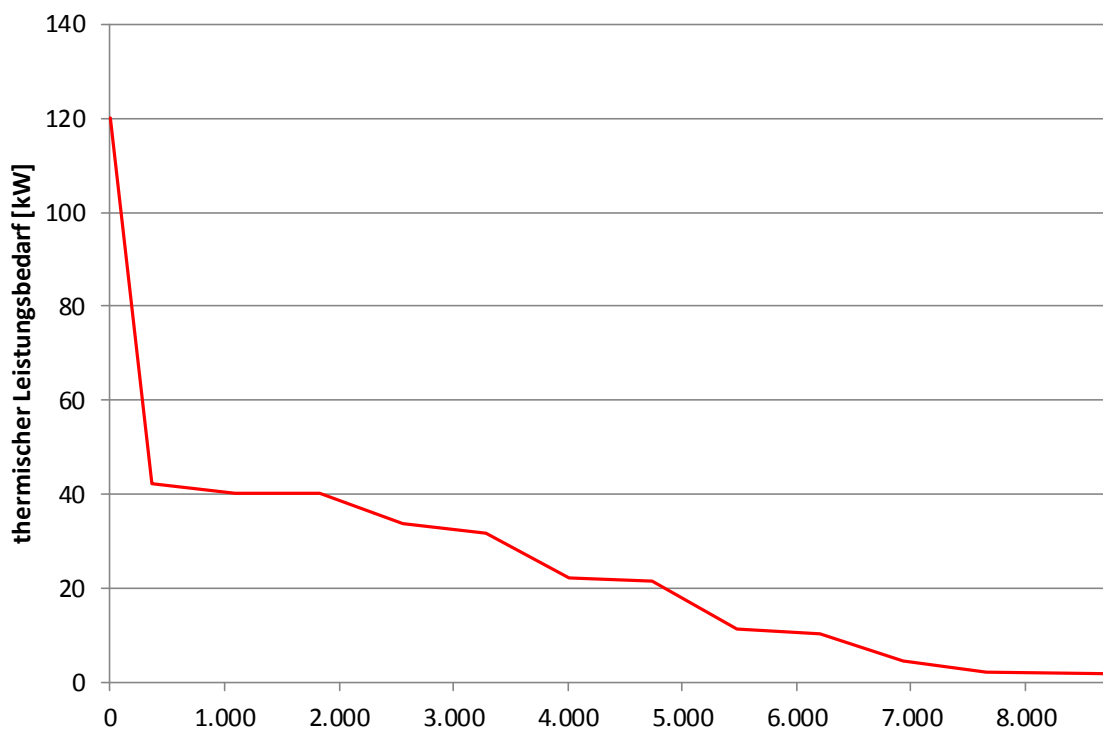


Abbildung 38: Der monatliche Wärmebedarf der Sozialwohnungen

Anhand des monatlichen Wärmebedarfs wird die geordnete Jahresdauerlinie des thermischen Energiebedarfs erstellt. Die geordnete Jahresdauerlinie ist das zentrale Instrument für den Anlagenplaner. Die Fläche unter der Jahresdauerlinie entspricht dem Jahresnutzwärmebedarfs. Idealerweise sollten sich die meist modular aufgebauten, d.h. in Grund- und Spitzenlastabdeckung unterteilten Heizanlagensysteme der Jahresdauerlinie annähern.

Werden Wärmeerzeuger in der Grafik flächendeckend eingetragen, kann auf die Laufzeiten und den Anteil an der Jahreswärmebereitstellung der einzelnen Wärmeerzeuger geschlossen werden. Die zu installierende Spitzenleistung richtet sich nach Kennwerten der Kesselvollbenutzungsstunden und dem Wärmebedarf. Dies beruht nicht auf einer Heizlastberechnung und ersetzt nicht die technische Detailplanung.

In Abbildung 39 ist die geordnete Jahresdauerlinie des Gesamtwärmebedarfs dargestellt.



**Abbildung 39: Die geordnete Jahresdauerlinie des Gesamtwärmebedarfs**

#### **6.5.4.4 Die Versorgungsvarianten**

Nachfolgend werden verschiedene Versorgungsvarianten beschrieben. Des Weiteren wird in der Betrachtung davon ausgegangen, dass die Sozialwohnungen an das anliegende Erdgasnetz angeschlossen werden. Diese Investitionskosten sind ebenfalls mit berücksichtigt.

##### ***6.5.4.4.1 Variante 2.0: Erneuerung der Bestandskessel / Umstieg auf Erdgas (Referenzvariante)***

Bei der Variante 2.0 (Referenzvariante) wird eine Erneuerung der Wärmeerzeugung in den Sozialwohnungen betrachtet. Hier ist vorgesehen, die Sozialwohnungen mit einem modernen Erdgaskessel auszustatten. Bei den Investitionskosten wird von einer Erneuerung der Kessel ausgegangen.

Jährlich werden rund 212.000 kWh<sub>Hi</sub> Erdgas benötigt.

#### 6.5.4.4.2 Variante 2.1: Biomethan-BHKW und Erdgasspitzenlastkessel

Bei der Variante 2.1 wird zur Grundlastabdeckung ein Biomethan-BHKW mit einer thermischen Leistung von 28 kW und einer elektrischen Leistung von 12 kW eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung kommt ein Erdgaskessel mit einer Nennwärmeleistung von 100 kW zum Einsatz. Abbildung 40 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher vorgesehen, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für das Biomethan-BHKW ergeben sich etwa 5.700 Vollbenutzungsstunden pro Jahr. Jährlich werden rund 246.000 kWh<sub>Hi</sub> an Biomethan und rund 34.000 kWh<sub>Hi</sub> an Erdgas verbraucht.

Das Biomethan-BHKW erzeugt jährlich rund 68.400 kWh an elektrischer Energie, welche nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz vergütet wird.

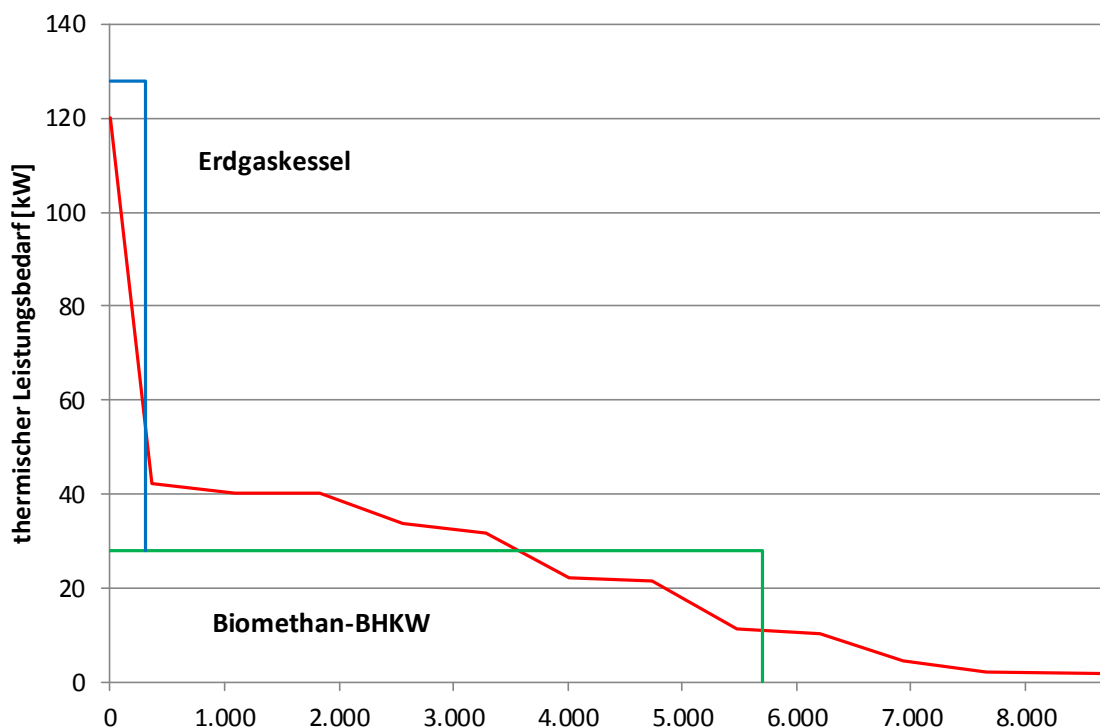


Abbildung 40: Die Jahresdauerlinie der Variante 2.1

Wärmeerzeuger		Biomethan-BHKW	Erdgaskessel
Nennwärmeleistung	[kW]	28	100
elektrische Leistung	[kW]	12	-
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	5.700	300
erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	159.600	30.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	84	16
erzeugte Jahresstrommenge	[kWh/a]	68.400	-

#### 6.5.4.4.3 Variante 2.2: Erdgas-BHKW und Erdgasspitzenlastkessel

Bei der Variante 2.2 wird zur Grundlastabdeckung ein Erdgas-BHKW mit einer thermischen Leistung von 28 kW und einer elektrischen Leistung von 12 kW eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung kommt ein Erdgaskessel mit einer Nennwärmeleistung von 100 kW zum Einsatz. Abbildung 41 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher vorgesehen, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für das Erdgas-BHKW ergeben sich etwa 5.700 Vollbenutzungsstunden pro Jahr. Jährlich werden rund 280.000 kWh<sub>Hi</sub> an Erdgas verbraucht.

Das Erdgas-BHKW erzeugt jährlich rund 68.400 kWh an elektrischer Energie, die zu rund 0 Prozent in den Sozialwohnungen genutzt werden kann. Die verbleibende elektrische Energie wird in das öffentliche Versorgungsnetz eingespeist und durch das KWKG-Gesetz vergütet.

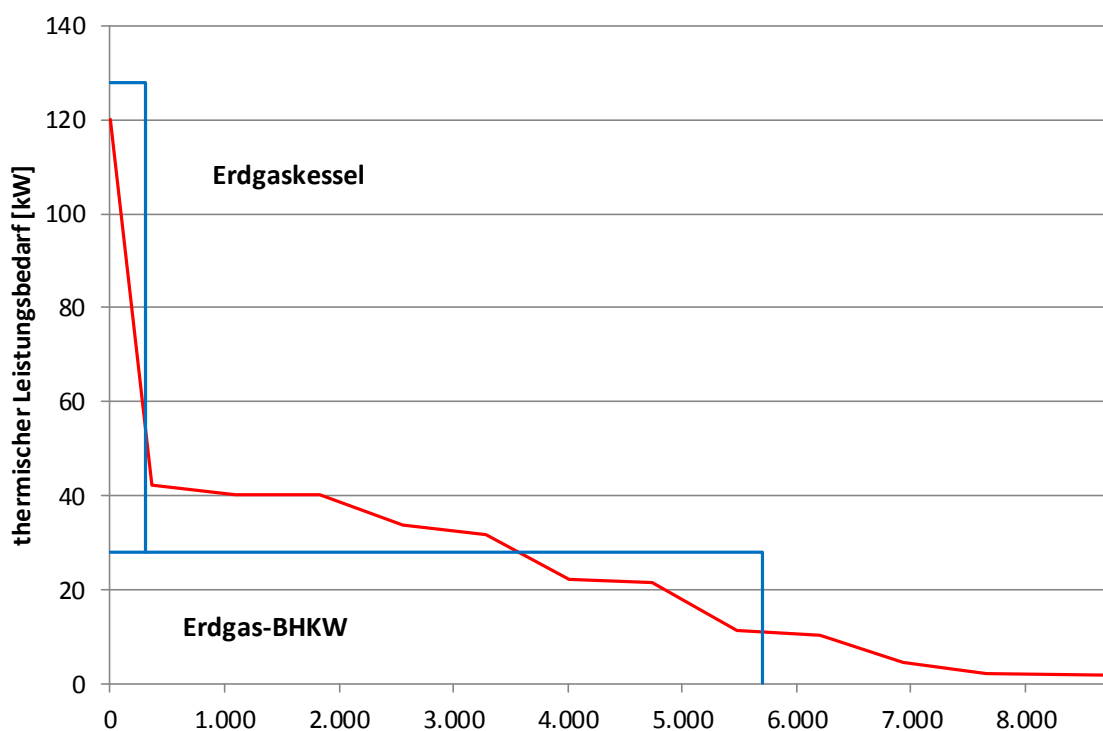


Abbildung 41: Die Jahresdauerlinie der Variante 2.2

Wärmeerzeuger		Erdgas-BHKW	Erdgaskessel
Nennwärmeleistung	[kW]	28	100
elektrische Leistung	[kW]	12	-
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	5.700	300
erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	159.600	30.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	84	16
erzeugte Jahresstrommenge	[kWh/a]	68.400	-

#### 6.5.4.4 Variante 2.3: Pelletkessel und Erdgasspitzenlastkessel

Bei der Variante 2.3 wird ein Pelletkessel mit einer Nennwärmeleistung von 120 kW eingesetzt. Abbildung 42 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher verwendet, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für den Biomassekessel ergeben sich etwa 1.583 Vollbenutzungsstunden im Jahr. Jährlich werden rund 44 Tonnen Pellets verbraucht.

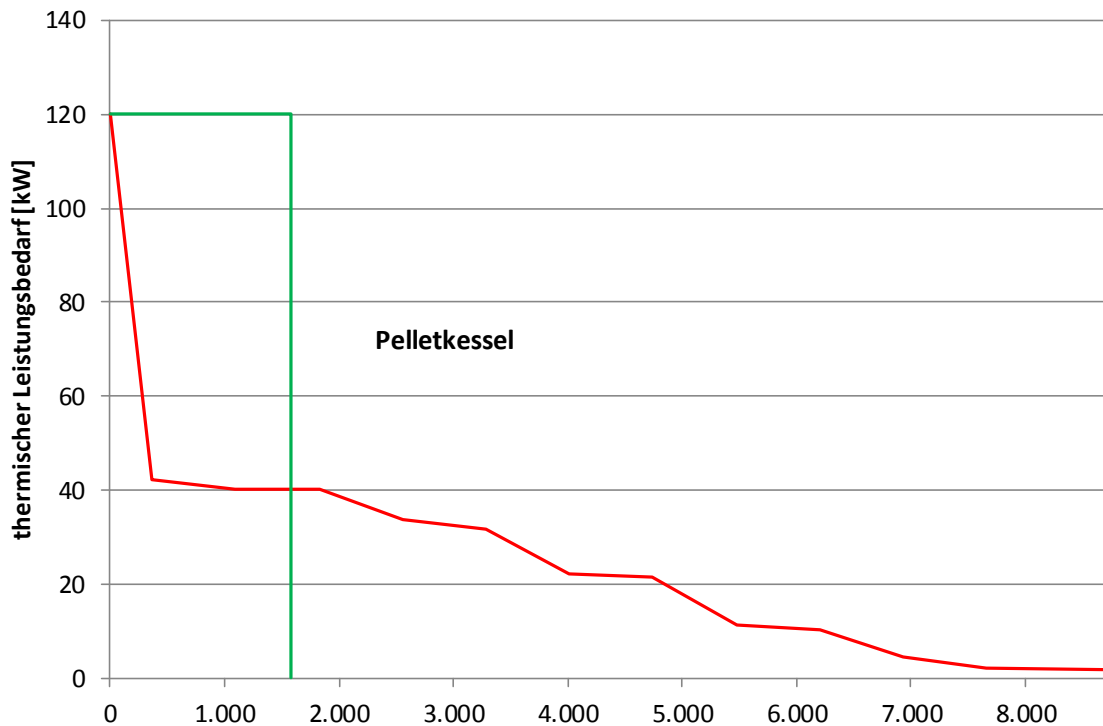


Abbildung 42: Die Jahresdauerlinie der Variante 2.3

Wärmeerzeuger		Pelletkessel
Nennwärmeleistung	[kW]	120
elektrische Leistung	[kW]	-
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	1.583
erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	190.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	100
erzeugte Jahresstrommenge	[kWh/a]	-

#### 6.5.4.4.5 Variante 2.4: Hackgutkessel und Erdgasspitzenlastkessel

Bei der Variante 2.4 wird ein Hackgutkessel mit einer Nennwärmeleistung von 120 kW eingesetzt. Abbildung 43 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher verwendet, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für den Biomassekessel ergeben sich etwa 1.583 Vollbenutzungsstunden im Jahr. Jährlich werden rund 62 Tonnen Hackgut verbraucht.

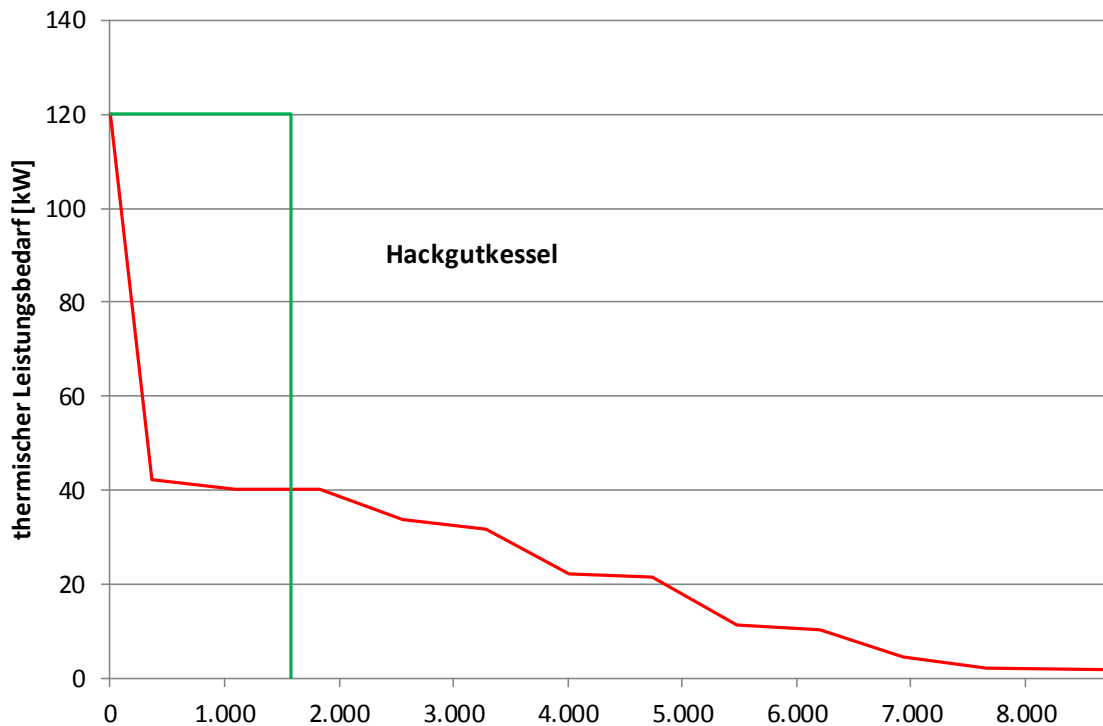


Abbildung 43: Die Jahresdauerlinie der Variante 2.4

Wärmeerzeuger		Hackgutkessel
Nennwärmeleistung	[kW]	120
elektrische Leistung	[kW]	-
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	1.583
erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	190.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	100
erzeugte Jahresstrommenge	[kWh/a]	-

### 6.5.4.5 Die CO<sub>2</sub>-Bilanz der Varianten

Zur Beurteilung der ökologischen Verträglichkeit wird für die verschiedenen neuen Energieversorgungsvarianten eine Bilanzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durchgeführt. Dabei wird neben dem jährlichen Brennstoffbedarf auch der Hilfsenergiebedarf (elektrische Energie) berücksichtigt. Die Faktoren der CO<sub>2</sub>-Äquivalente wurden mit Hilfe der GEMIS-Datenbank ermittelt und berücksichtigen alle anfallenden Emissionen von der Gewinnung bis zur Energiewandlung des jeweiligen Brennstoffs. Das Ergebnis der Berechnungen ist in Abbildung 44 dargestellt.

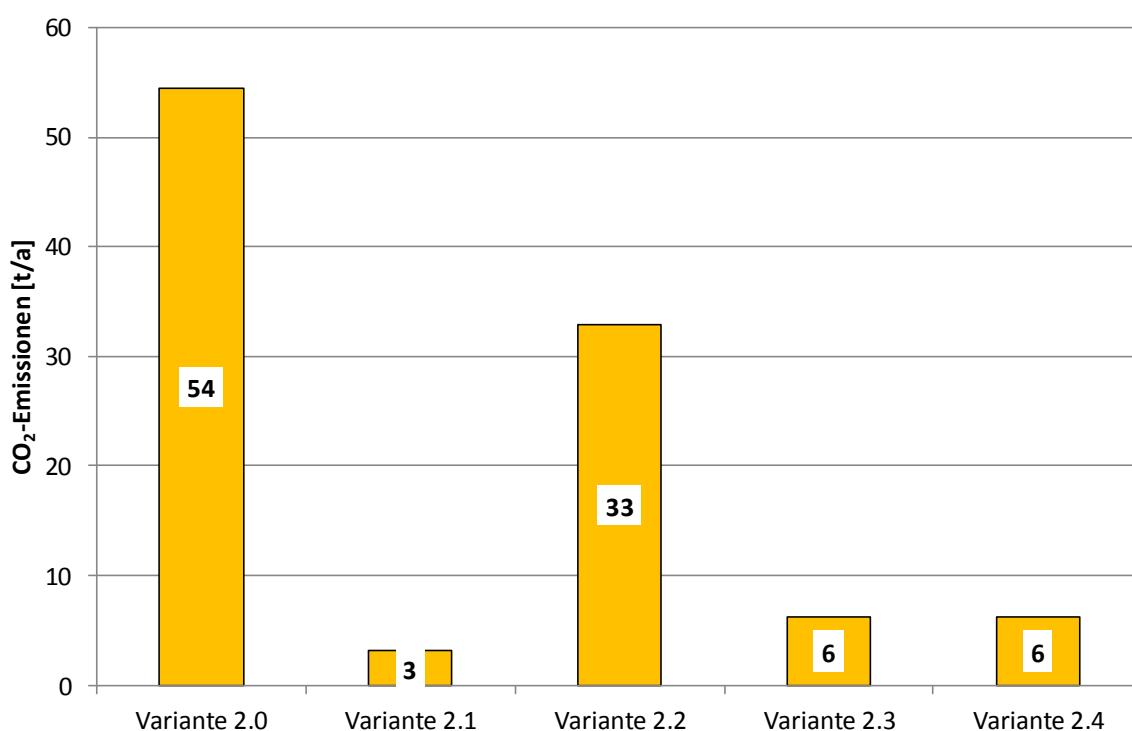


Abbildung 44: Die CO<sub>2</sub>-Bilanz der verschiedenen Varianten

Variante 2.0	Variante 2.1	Variante 2.2	Variante 2.3	Variante 2.4
Erdgaskessel	Biomethan-BHKW Erdgaskessel	Erdgas-BHKW Erdgaskessel	Pelletkessel	Hackgutkessel

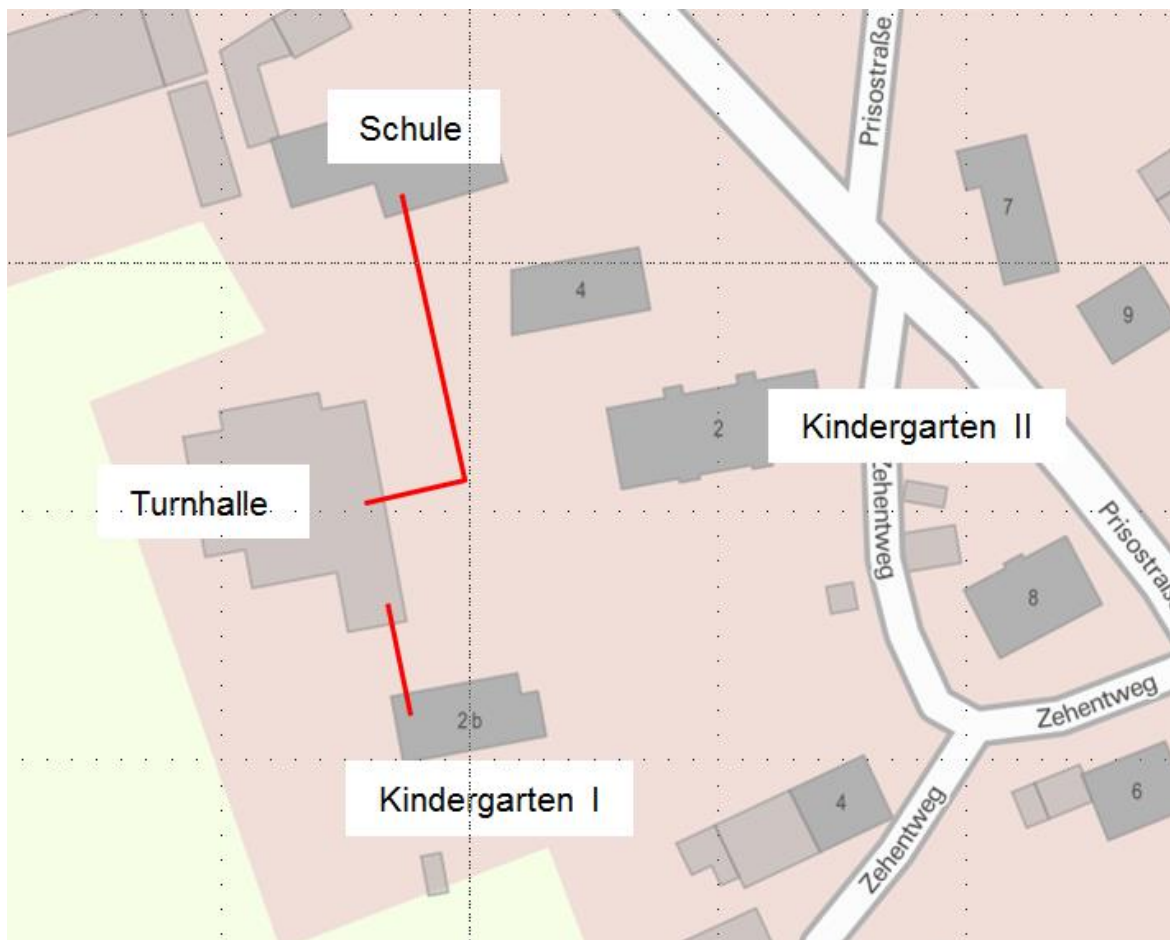
Die höchsten CO<sub>2</sub>-Emissionen entstehen bei der Variante 2.0, da hierbei ausschließlich der fossile Brennstoff Erdgas zum Einsatz kommt. Die niedrigsten CO<sub>2</sub>-Emissionen ergeben sich bei Variante 2.1, da hier überwiegend der regenerative Brennstoff Biomethan zum Einsatz kommt, und eine Gutschrift durch die Einspeisung der elektrischen Energie in das öffentliche Versorgungsnetz erfolgt.

### 6.5.5 Wärmenetz „Langenpreising“

Nachfolgend wird ein möglicher Wärmeverbund zwischen folgenden Liegenschaften unter Berücksichtigung ökologischer und ökonomischer Aspekte geprüft:

- Turnhalle Langenpreising
- Schule Langenpreising
- Kindergarten I
- Kindergarten II

In Abbildung 45 ist eine Übersicht über die betrachteten Gebäude abgebildet. Des Weiteren ist das bestehende Wärmenetz (rote Linie) eingezeichnet, welches die Schule, die Turnhalle und den Kindergarten mit Wärme versorgt.



**Abbildung 45: Übersicht Wärmenetz „Langenpreising“**  
*[Quelle: Landesamt für Vermessung und Geoinformation]*

### 6.5.5.1 Die thermische Energieversorgung

Der thermische Energiebedarf des bestehenden Wärmenetzes wird aktuell von folgendem Wärmeerzeuger bereitgestellt:

- Heizölkessel Viessmann, Leistung 225 kW, Baujahr 1997

Folgende Liegenschaften sind mit einem Wärmenetz verbunden. Der Wärmeerzeuger ist in der Turnhalle installiert. Das bestehende Wärmenetz (Schule, Turnhalle, Kindergarten I) hat einen Heizölbedarf von rund 26.800 Liter pro Jahr (Mittelwert der letzten drei Abrechnungszeiträume).

Der thermische Energiebedarf des Kindergarten II wird aktuell von folgendem Wärmeerzeuger bereitgestellt:

- Heizölkessel Viessmann; Leistung 43 kW; Baujahr 2007

Der Kindergarten II hat einen Heizölbedarf von rund 6.200 Liter pro Jahr (Mittelwert der letzten zwei Jahre).

### 6.5.5.2 Die elektrische Energieversorgung

Der elektrische Energieverbrauch der Schule und der Turnhalle wurde als Summe bereitgestellt. Jährlich benötigen die beiden Liegenschaften rund 31.000 kWh an elektrischer Energie (Mittelwert der letzten drei Jahre).

Der Kindergarten I hat einen elektrischen Energieverbrauch von rund 7.400 kWh pro Jahr (letztes Abrechnungsjahr, da der Kindergarten I erst 2011 in Betrieb ging).

Der elektrische Energieverbrauch des Kindergarten II ist nicht bekannt.

### 6.5.5.3 Der Wärmebedarf

Der Wärmebedarf in den einzelnen Liegenschaften ergibt sich aus den Brennstoffverbräuchen und dem Nutzungsgrad der Heizungsanlage. Dieser ist vom eingesetzten System und vom Alter der Heizungsanlage abhängig.

In Summe ergibt sich für die Liegenschaften (Turnhalle, Schule, Kindergarten I, Kindergarten II) ein Gesamtwärmebedarf von rund 283.000 kWh pro Jahr.

Der jährliche Gesamtwärmebedarf einer Wärmeverbundlösung ergibt sich aus dem Wärmebedarf der Abnehmer und dem Netzverlust. Mit einem Wärmebedarf von rund 283.000 kWh und einem Netzverlust von rund 6.000 kWh ergibt sich ein jährlicher Gesamtwärmebedarf von rund 289.000 kWh.

Mit Hilfe der so genannten Gradtagmethode der VDI-Richtlinie 2067 können die monatlichen Bedarfswerte vom Jahreswärmebedarf abgeleitet werden. Die Grundidee der Gradtagmethode basiert auf empirisch ermittelten Monatsbedarfswerten und deren Anteil am Jahresbedarf. In Abbildung 46 ist der monatliche Gesamtwärmebedarf in der Wärmeverbundlösung dargestellt.

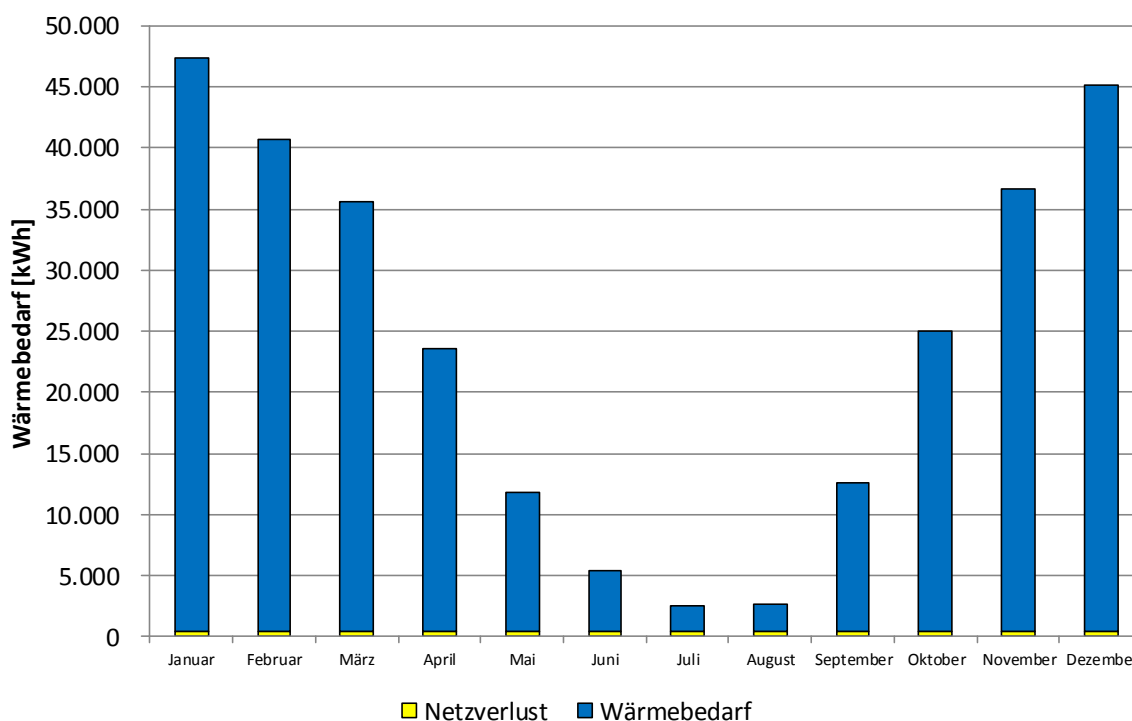
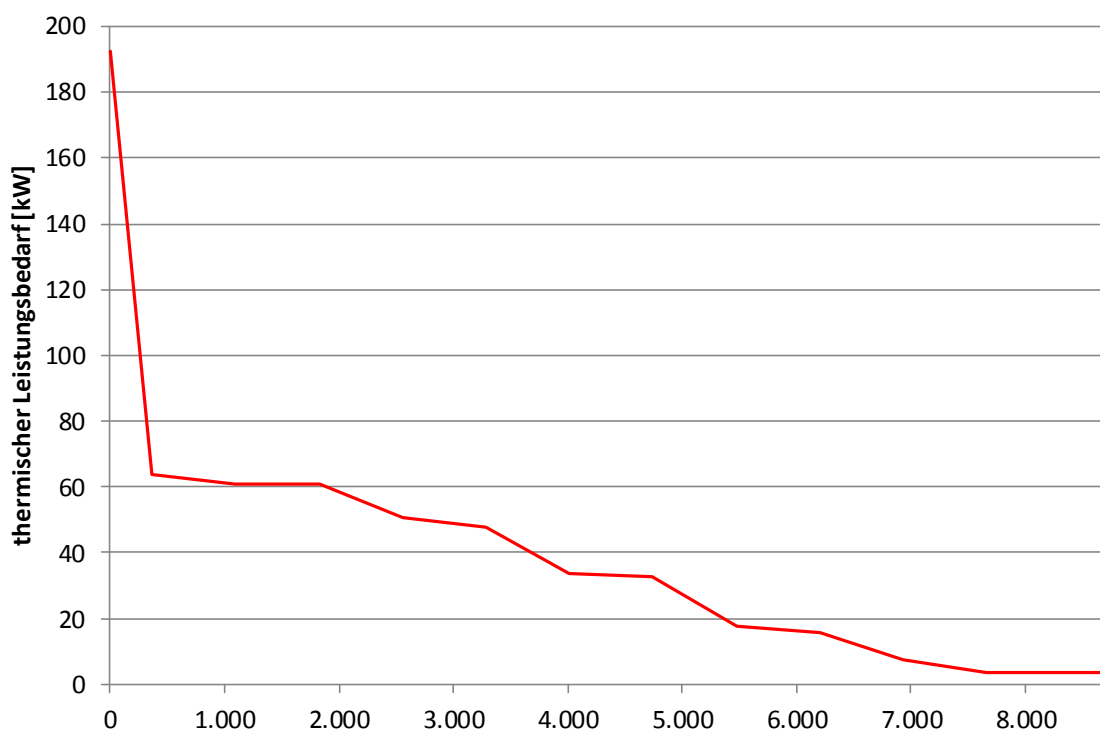


Abbildung 46: Der monatliche Wärmebedarf der Wärmeverbundlösung

Anhand des monatlichen Wärmebedarfs wird die geordnete Jahresdauerlinie des thermischen Energiebedarfs erstellt. Die geordnete Jahresdauerlinie ist das zentrale Instrument für den Anlagenplaner. Die Fläche unter der Jahresdauerlinie entspricht dem Jahresnutzwärmebedarfs. Idealerweise sollten sich die meist modular aufgebauten, d.h. in Grund- und Spitzenlastabdeckung unterteilten Heizanlagensysteme der Jahresdauerlinie annähern.

Werden Wärmeerzeuger in der Grafik flächendeckend eingetragen, kann auf die Laufzeiten und den Anteil an der Jahreswärmebereitstellung der einzelnen Wärmeerzeuger geschlossen werden. Die zu installierende Spitzenleistung richtet sich nach Kennwerten der Kesselvollbenutzungsstunden und dem Wärmebedarf. Dies beruht nicht auf einer Heizlastberechnung und ersetzt nicht die technische Detailplanung.

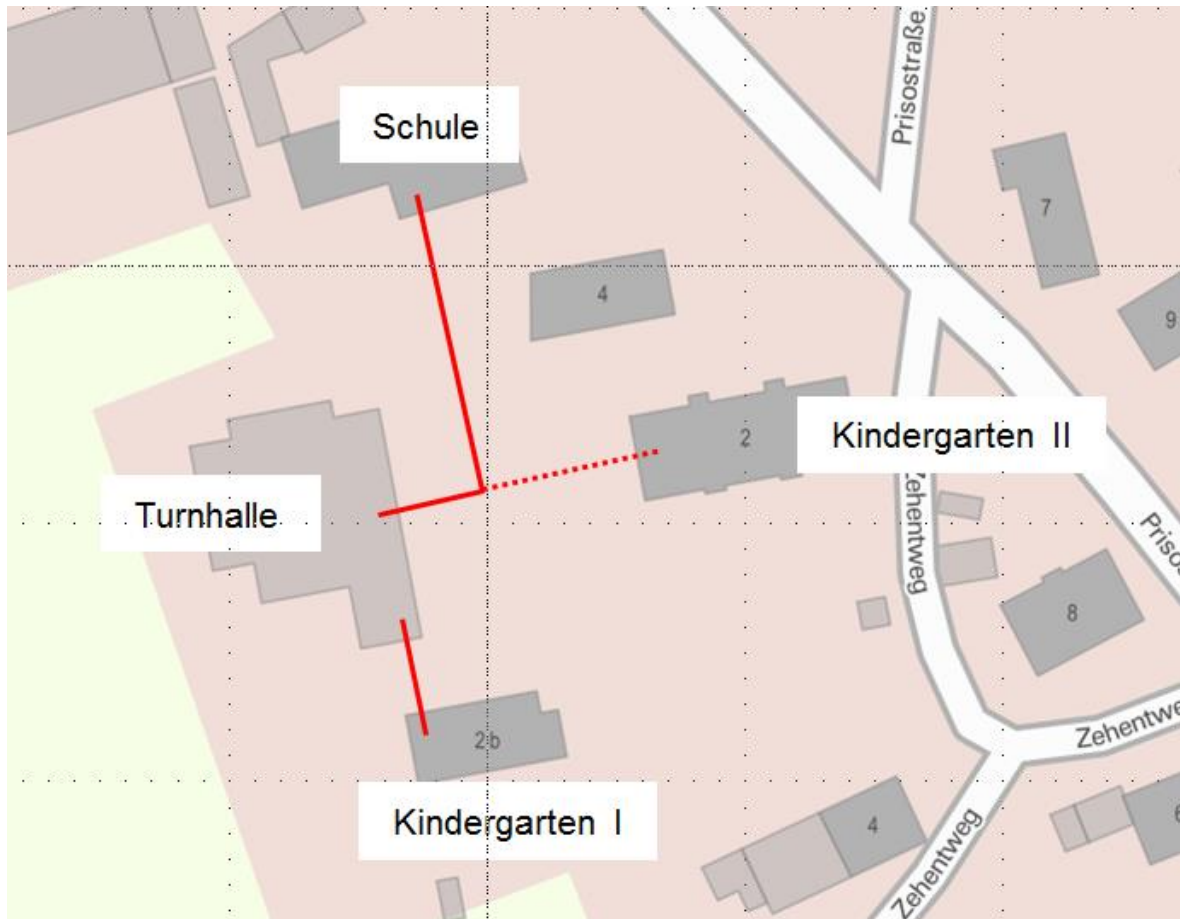
In Abbildung 47 ist die geordnete Jahresdauerlinie des Gesamtwärmebedarfs in der Wärmeverbundlösung dargestellt.



**Abbildung 47: Die geordnete Jahresdauerlinie des Gesamtwärmebedarfs in der Wärmeverbundlösung**

#### 6.5.5.4 Die Wärmeverbundlösung

In Abbildung 48 ist die Wärmeverbundlösung mit einem möglichen Verlauf der zusätzlichen Leitung dargestellt.



**Abbildung 48: Der mögliche Verlauf der Wärmeverbundlösung**  
*[Quelle: Landesamt für Vermessung und Geoinformation]*

In Tabelle 19 sind die Kenndaten des Wärmenetzes der Wärmeverbundlösung dargestellt. Die zu installierende Spitzenleistung beträgt rund 190 kW. Das Netz hat eine Länge von rund 45 Meter, die spezifische Wärmebelegung beläuft sich auf etwa 6.290 kWh pro Meter und Jahr, der Netzverlust beläuft sich auf rund 6.000 kWh pro Jahr.

**Tabelle 19: Die Kenndaten der zusätzlichen Wärmeleitung**

Kenndaten der zusätzlichen Wärmeleitung		
Netzlänge	45	[m]
Heizleistung	190	[kW]
Nutzwärmebedarf	283.000	[kWh/a]
Verlustwärme	6.000	[kWh/a]
Verlust	2	[%]
Wärmebelegung	6.290	[kWh/m·a]

### **6.5.5.5 Die Versorgungsvarianten**

Nachfolgend werden verschiedene alternative Versorgungsvarianten beschrieben.

Bei den nachfolgend vorgestellten Versorgungsvarianten bei denen ein Heizölkessel als Spitzenlastkessel fungiert, besteht die Möglichkeit, sich an das vorbeiführende Erdgasnetz anzuschließen. Dies wurde bei der Variante mit dem Biomethan-BHKW berücksichtigt.

#### **6.5.5.5.1 Variante 3.0: Erneuerung der Bestandskessel (Referenzvariante)**

Bei der Variante 3.0 (Referenzvariante) wird eine Erneuerung der Wärmeerzeugung in den relevanten Liegenschaften betrachtet.

Jährlich werden rund 31.200 Liter Heizöl benötigt.

### 6.5.5.2 Variante 3.1: Biomethan-BHKW und Erdgasspitzenlastkessel

Bei der Variante 3.1 wird zur Grundlastabdeckung ein Biomethan-BHKW mit einer thermischen Leistung von 28 kW und einer elektrischen Leistung von 12 kW eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung kommt ein Erdgaskessel mit einer Nennwärmeleistung von 170 kW zum Einsatz. Abbildung 49 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher vorgesehen, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für das Biomethan-BHKW ergeben sich etwa 6.500 Vollbenutzungsstunden pro Jahr. Jährlich werden rund 285.000 kWh<sub>Hi</sub> an Biomethan und rund 119.000 kWh<sub>Hi</sub> an Erdgas verbraucht.

Die Kosten für den Anschluss an das örtliche Erdgasnetz wurden in den nachfolgenden Investitionskosten mit berücksichtigt. Das Biomethan-BHKW erzeugt jährlich rund 78.000 kWh an elektrischer Energie, welche nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz vergütet wird.

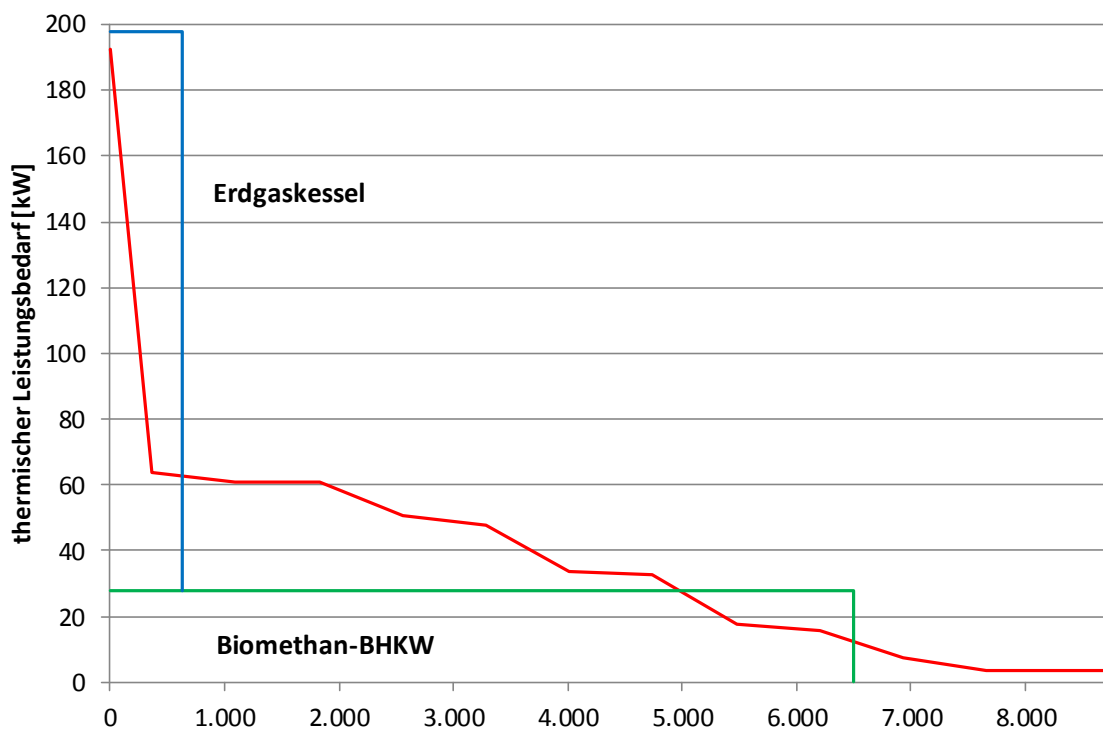


Abbildung 49: Die Jahresdauerlinie der Variante 3.1

Wärmeerzeuger		Biomethan-BHKW	Erdgaskessel
Nennwärmeleistung	[kW]	28	170
elektrische Leistung	[kW]	12	-
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	6.500	630
erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	182.000	107.100
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	63	37
erzeugte Jahresstrommenge	[kWh/a]	78.000	-

### 6.5.5.3 Variante 3.2: Heizöl-BHKW und Heizölspitzenlastkessel

Bei der Variante 3.2 wird zur Grundlastabdeckung ein Heizöl-BHKW mit einer thermischen Leistung von 35 kW und einer elektrischen Leistung von 20 kW eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung kommt ein Heizölkessel mit einer Nennwärmeleistung von 160 kW zum Einsatz. Abbildung 50 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher vorgesehen, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für das Heizöl-BHKW ergeben sich etwa 6.000 Vollbenutzungsstunden pro Jahr. Jährlich werden rund 46.000 Liter Heizöl verbraucht.

Das Heizöl-BHKW erzeugt jährlich rund 120.000 kWh an elektrischer Energie, die zu rund 8 Prozent genutzt werden kann. Die verbleibende elektrische Energie wird in das öffentliche Versorgungsnetz eingespeist und durch das KWK-Gesetz vergütet.

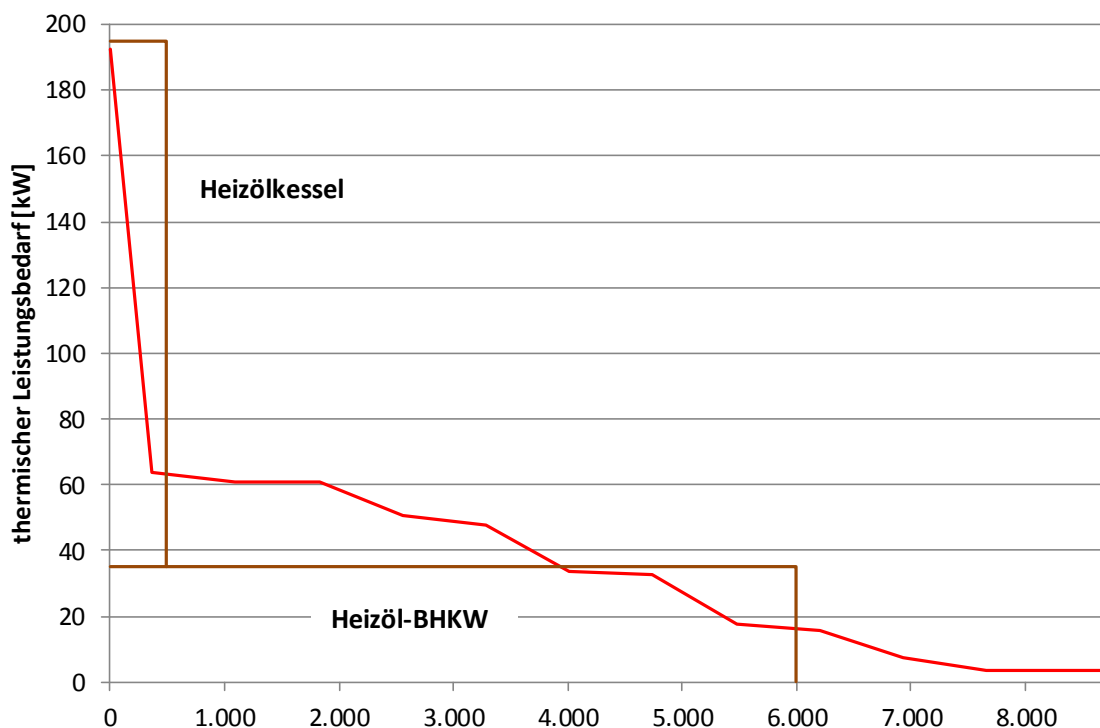


Abbildung 50: Die Jahresdauerlinie der Variante 3.2

Wärmeerzeuger		Heizöl-BHKW	Heizölkessel
Nennwärmeleistung	[kW]	35	160
elektrische Leistung	[kW]	20	-
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	6.000	490
erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	210.000	78.400
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	73	27
erzeugte Jahresstrommenge	[kWh/a]	120.000	-

#### 6.5.5.4 Variante 3.3: Pelletkessel und Heizölspitzenlastkessel

Bei der Variante 3.3 wird ein Pelletkessel mit einer Nennwärmeleistung von 60 kW eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung kommt ein Heizölkessel mit einer Nennwärmeleistung von 140 kW zum Einsatz. Abbildung 51 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher verwendet, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für den Biomassekessel ergeben sich etwa 4.000 Vollbenutzungsstunden im Jahr. Jährlich werden rund 55 Tonnen Pellets und rund 5.500 Liter Heizöl verbraucht.

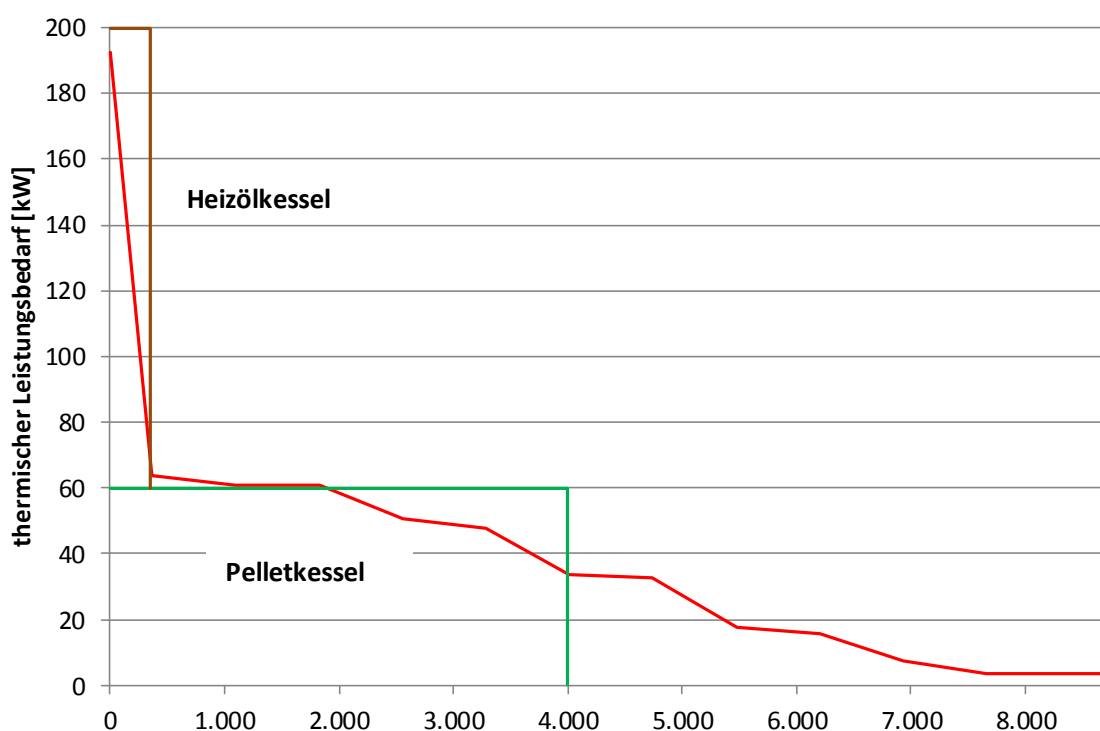


Abbildung 51: Die Jahresdauerlinie der Variante 3.3

Wärmeerzeuger		Pelletkessel	Heizölkessel
Nennwärmeleistung	[kW]	60	140
elektrische Leistung	[kW]	-	-
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	4.000	350
erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	240.000	49.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	83	17
erzeugte Jahresstrommenge	[kWh/a]	-	-

### 6.5.5.5 Variante 3.4: Hackgutkessel und Heizölspitzenlastkessel

Bei der Variante 3.4 wird ein Hackgutkessel mit einer Nennwärmeleistung von 60 kW eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung kommt ein Heizölkessel mit einer Nennwärmeleistung von 140 kW zum Einsatz. Abbildung 52 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher verwendet, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für den Biomassekessel ergeben sich etwa 4.000 Vollbenutzungsstunden im Jahr. Jährlich werden rund 78 Tonnen Hackgut und rund 5.500 Liter Heizöl verbraucht.

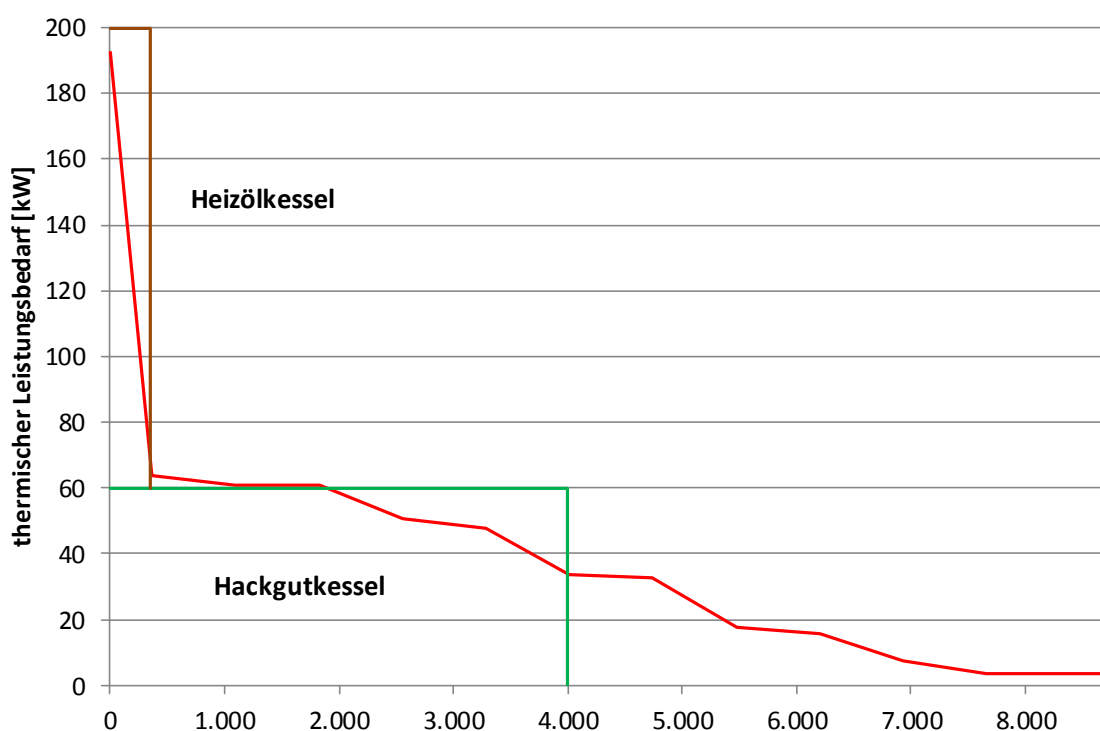


Abbildung 52: Die Jahresdauerlinie der Variante 3.4

Wärmeerzeuger		Hackgutkessel	Heizölkessel
Nennwärmeleistung	[kW]	60	140
elektrische Leistung	[kW]	-	-
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	4.000	350
erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	240.000	49.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	83	17
erzeugte Jahresstrommenge	[kWh/a]	-	-

### 6.5.5.6 Die CO<sub>2</sub>-Bilanz der Varianten

Zur Beurteilung der ökologischen Verträglichkeit wird für die verschiedenen neuen Energieversorgungsvarianten eine Bilanzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durchgeführt. Dabei wird neben dem jährlichen Brennstoffbedarf auch der Hilfsenergiebedarf (elektrische Energie) berücksichtigt. Die Faktoren der CO<sub>2</sub>-Äquivalente wurden mit Hilfe der GEMIS-Datenbank ermittelt und berücksichtigen alle anfallenden Emissionen von der Gewinnung bis zur Energiewandlung des jeweiligen Brennstoffs. Das Ergebnis der Berechnungen ist in Abbildung 53 dargestellt.

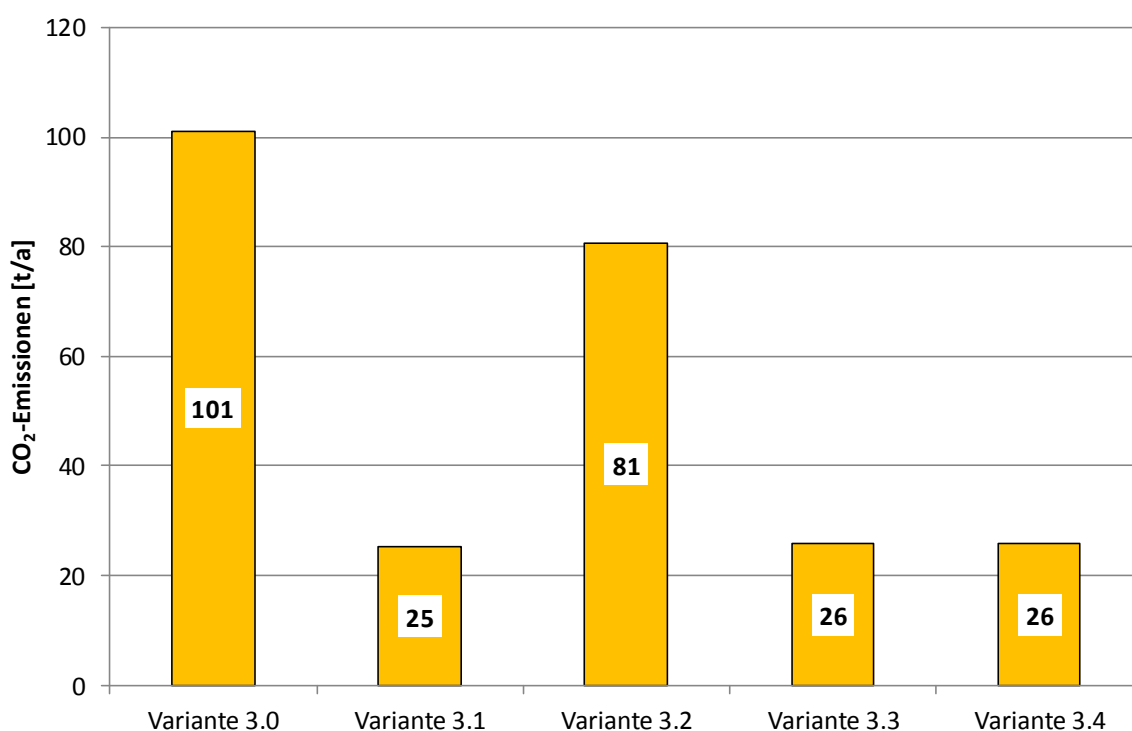


Abbildung 53: Die CO<sub>2</sub>-Bilanz der verschiedenen Varianten

Variante 3.0	Variante 3.1	Variante 3.2	Variante 3.3	Variante 3.4
Heizölkessel	Biomethan-BHKW	Heizöl-BHKW	Pelletkessel	Hackgutkessel
Heizölkessel	Erdgaskessel	Heizölkessel	Heizölkessel	Heizölkessel

Die höchsten CO<sub>2</sub>-Emissionen entstehen bei der Variante 3.0, da hierbei ausschließlich der fossile Brennstoff Heizöl zum Einsatz kommt. Die niedrigsten CO<sub>2</sub>-Emissionen ergeben sich bei Variante 3.1, da hier überwiegend der regenerative Brennstoff Biomethan zum Einsatz kommt, und eine Gutschrift durch die Einspeisung der elektrischen Energie in das öffentliche Versorgungsnetz erfolgt.

## **7 Ausarbeitung eines Konzepts zur fortschreibbaren CO<sub>2</sub>-Bilanz mit Controlling-Konzept**

Für die Erfolgskontrolle der grundlegenden und längerfristig definierten Klimaschutzziele, ist die Entwicklung eines Controlling-Konzeptes notwendig. Das grundsätzliche Ziel einer fortschreibbaren CO<sub>2</sub>-Bilanz ist die Darstellung der Verbrauchs- und Emissionsentwicklung für ein betreffendes Bilanzgebiet. Die Fortschreibungsbilanz soll primär zeigen, wie sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen aufgrund der Aktivitäten im Betrachtungsgebiet mit der Zeit verändern, bzw. wie sich die Emissionsreduktion einzelner Maßnahmen auswirkt.

Mit dem vorliegenden Klimaschutzkonzept wurde eine umfangreiche Ausgangsbasis bezüglich des Energieumsatzes (elektrischer, thermischer und mobiler Energieverbrauch) und der CO<sub>2</sub>-Emissionen in den betrachteten Verbrauchergruppen geschaffen. Die Fortschreibung dieser grundlegenden Bilanzierung bietet eine Kontrollmöglichkeit zum Erreichen der Klimaschutzziele.

Grundvoraussetzung für die erfolgreiche Fortschreibung einer CO<sub>2</sub>- bzw. Energiebilanz ist eine strukturierte Datenbasis, die regelmäßig abgefragt werden muss. Die zentrale Frage in diesem Zusammenhang ist, welche Daten kontinuierlich und regelmäßig fortgeschrieben werden können und somit für eine solche CO<sub>2</sub>-Bilanz zur Verfügung stehen.

In den Bereich der leitungsgebundenen Energieträger werden Strom- und Erdgasverbräuche eingeordnet. Der elektrische Energieverbrauch und der Erdgasverbrauch kann vom EVU unterteilt in die Verbrauchergruppen ermittelt werden. Zudem muss ein eventueller Ausbau des Erdgas- und Fernwärmenetzes im Betrachtungsgebiet berücksichtigt werden. Der Erdgasverbrauch in der Verbrauchergruppe „GHDI“ ist weiterhin von der wirtschaftlichen Lage abhängig, und daher entsprechend zu korrigieren.

Die Erfassung der nicht-leitungsgebundenen Energieverbräuche (Heizöl, Biomasse, etc.) kann mithilfe einer Aufstellung der Feuerstätten erfasst werden. Hier empfiehlt es sich, die Daten in einem Intervall von 3 bis 5 Jahren zu aktualisieren.

Im Bereich der erneuerbaren Energien können die erforderlichen Daten wie folgt erfasst werden:

- EEG-Anlagen (Photovoltaik, Wasserkraft, Windkraft, Biogasanlagen):  
Anzahl der Anlagen, die installierte Leistung und die eingespeiste Energiemenge kann vom Energieversorger ermittelt werden.
- Solarthermische Anlagen: Diese können online auf der Seite <http://www.solaratlas.de> abgefragt werden.
- Biomasse-Heizsysteme: Anzahl und Leistung von Pelletheizsystemen sind vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) abzufragen. Für Hackschnitzelheizungen und Einzelfeuerstätten sind entsprechende Daten zu den Feuerstätten notwendig → Bezirkskaminkehrermeister
- Weitere BHKW Systeme nach dem KWK-Gesetz können vom Energieversorger ermittelt werden

Um eine fortschreibbare CO<sub>2</sub>-Bilanz in der Verbrauchergruppe „Verkehr“ erheben zu können, ist der Bestand an zugelassenen Fahrzeugen im Betrachtungsgebiet zu ermitteln. Dieser Datensatz (Art des Kraftfahrzeugs, Anzahl der Zulassungen aufgeteilt nach der Brennstoffart) kann von der zuständigen Zulassungsstelle bzw. dem Kraftfahrzeug-Bundesamt zur Verfügung gestellt werden.

Als Zielgrößen sollten grundsätzlich

- globale Kennzahlen (Beschreibung eines ganzen Energiesystems)
- sowie maßnahmenspezifische Kennzahlen (Erfolgskontrolle einer umgesetzten Maßnahme)

gebildet und verglichen werden.

Zur Erfolgskontrolle der Klimaschutzmaßnahmen sollten in bestimmten zeitlichen Abständen diese Kennzahlen aktualisiert, und den Ist-Werten gegenübergestellt werden.

In Tabelle 20 sind die Kennzahlen des thermischen und elektrischen Energiebedarfes im Betrachtungsgebiet dargestellt, welche jährlich ermittelt werden können. Durch die Umsetzung der im Klimaschutzkonzept aufgezeigten Energieeffizienzmaßnahmen in den einzelnen Verbrauchergruppen kann durch Fortführung der dargestellten Kennzahlen eine Kontrolle der gewünschten Ziele erfolgen.

**Tabelle 20: Die Kennzahlen des elektrischen und thermischen Energieverbrauches**

Einwohner	Strom				Wärme				
	gesamt	Private Haushalte	kommunale Liegenschaften	GHD	gesamt	Private Haushalte	kommunale Liegenschaften	GHD	
[EW]	[MWh/EW]	[MWh/EW]	[MWh/EW]	[MWh/EW]	[MWh/EW]	[MWh/EW]	[MWh/EW]	[MWh/EW]	
Berglern, Gmd.	2.564	3,4	2,4	0,1	0,9	6,7	6,4	0,2	0,0
Fraunberg, Gmd.	3.325	2,6	2,2	0,1	0,3	7,8	7,4	0,2	0,2
Langenpreising, Gmd.	2.586	2,4	2,2	0,1	0,1	7,6	7,4	0,2	0,0
Wartenberg, M.	4.743	3,2	1,7	0,2	1,3	7,6	6,8	0,3	0,4

In Tabelle 21 sind verschiedene Kennzahlen aufgeführt, anhand derer der Ausbau an Erneuerbaren Energien im Betrachtungsgebiet kontrolliert werden kann. Zudem kann der direkte Vergleich mit anderen Kommunen über Internetplattformen wie z.B. der sogenannten Solarbundesliga erfolgen ([www.solarbundesliga.de](http://www.solarbundesliga.de)).

**Tabelle 21: Die Kennzahlen zur Kontrolle des Ausbaues an Erneuerbaren Energien**

Einwohner	EE Strom			EE Wärme		
	Photovoltaik	Wasserkraft	Biomasse-KWK	Solarthermie	Biomasse	
[EW]	[kW/EW]	[kW/EW]	[kW/EW]	[m <sup>2</sup> /EW]	[kWh/EW]	
Berglern, Gmd.	2.564	0,46	0,01	-	0,24	1.238
Fraunberg, Gmd.	3.325	1,08	0,01	0,46	0,45	1.438
Langenpreising, Gmd.	2.586	0,59	0,01	0,24	0,42	1.394
Wartenberg, M.	4.743	0,46	0,01	0,05	0,34	1.394

Zudem sollte regelmäßig die Gesamtbilanz im Betrachtungsgebiet anhand der Kennzahlen zur Ermittlung des Pro-Kopf Ausstoßes an CO<sub>2</sub> durchgeführt werden. Die Kennzahlen sind in Tabelle 22 dargestellt. Hier gilt es noch zu erwähnen, dass die Emissionen durch den Sektor Verkehr für das Betrachtungsgebiet gesamt und nicht für jede Kommune separat berechnet wurden. Der Gesamt CO<sub>2</sub>-Ausstoß pro Kommune ergibt sich somit durch Addition der CO<sub>2</sub>-Emissionen ohne Verkehr pro Kommune und dem mittleren Emissionswert des Sektors Verkehr (3,6 t/a). → Bsp. Berglern: 3,8 t/a + 3,6 t/a = 7,4 t/a

**Tabelle 22: Die Kennzahlen zur Fortführung der Gesamtbilanz im Betrachtungsgebiet**

	Einwohner	CO <sub>2</sub> - Emissionen ohne Verkehr	CO <sub>2</sub> - Emissionen durch Verkehr
	[EW]	[tCO <sub>2</sub> /EW]	[tCO <sub>2</sub> /EW]
Berglern, Gmd.	2.564	3,8	
Fraunberg, Gmd.	3.325	2,1	
Langenpreising, Gmd.	2.586	3,2	
Wartenberg, M.	4.743	3,7	
Sektor Verkehr	13.218		3,6

## 8 Konzept zur Öffentlichkeitsarbeit

### Ermittlung der vorhandenen Strukturen

Eine effektive Umsetzung der im integrierten Klimaschutzkonzept angeregten Maßnahmen setzt eine regelmäßige Erfolgskontrolle, sowie eine begleitende Öffentlichkeitsarbeit voraus. Die Vernetzung und Bewusstseinsbildung ist dringend erforderlich, um die gemeinsamen Ziele im Klimaschutz erreichen zu können. Nur durch die Einbindung und regelmäßige Information der beteiligten Personen in den kommunalen Liegenschaften sowie der Öffentlichkeit sind die dargestellten Maßnahmenpakete realisierbar.

**Zielgruppen** für die Öffentlichkeitsarbeit im vorliegenden Klimaschutzkonzept sind:

- Bürgerinnen und Bürger
- Schulen / Kindergärten
- Verwaltung, Kirchen
- Gewerbe / Industrie

Im Betrachtungsgebiet sind bereits Akteure tätig, die im Zuge der Fortführung und Umsetzung des Klimaschutzkonzeptes mit eingebunden werden sollten. Nachfolgend werden die beteiligten Akteure aufgeführt, welche bereits bei der Vermittlung von Klimaschutzaktivitäten im Betrachtungsgebiet aktiv sind:

- Landkreis Erding
- IHK
- HWK
- Diverse Energieberater

→ Dennoch wird empfohlen, eine zentrale Energieberatungsstelle im Betrachtungsgebiet zu errichten

## Errichtung einer zentralen Energieberatungsstelle - Klimaschutzmanager

Einer zentralen Energieberatungsstelle kommt eine wichtige Rolle zum Erreichen der gesetzten Klimaschutzziele zu. Von hier aus sollten insbesondere Aufklärungsarbeit, Werbeaktionen und Beratungsdienstleistungen koordiniert werden. Dies zeigte sich auch bei der Bearbeitung des Konzeptes. Sowohl die Kommunen selbst, als auch diverse Industriebetriebe gaben an, dass künftig das Thema Klimaschutz nicht mehr „nebenher“ erledigt werden kann. Es bedarf einer zentralen Anlaufstelle, von der aus die verschiedenen Fragestellungen, Anregungen, etc. erfasst und koordiniert werden. Diese zentrale Energieberatungsstelle sollte eine intensive Zusammenarbeit mit allen bereits vorhandenen Akteuren pflegen.

Die **Aufgaben** können wie folgt zusammengefasst werden:

- Büro als „physikalische“ Anlaufstelle
- Webseite als Kommunikationsplattform
- Vorträge und Veranstaltungen
- Newsletter
- Infobroschüren
- Koordination von Beratern (maßnahmenspezifisch)
- Koordination von Handwerkern (maßnahmenspezifisch)
- Exkursionen zu Vorzeigeobjekten

Auf der **Beratungsebene** sollte folgendes Angebot abgedeckt sein:

- Überblick zu Sanierungsmöglichkeiten von Bestandsgebäuden (kommunal und privat)
- Überblick möglicher Förderungen und Kreditvergünstigungen
- Beratung beim Energieeinkauf
- Energiesparende Geräte und Verbraucher im Haushalt
- Richtiges Nutzerverhalten (Stromanbieter, Stand-by-Verbraucher, Schimmelvermeidung / Wohnklima)

Des Weiteren sollten durch **Image-Kampagnen** die Wahrnehmung der Bürger im Betrachtungsgebiet weiter sensibilisiert werden. Insbesondere sollten gezielt Demonstrationsvorhaben mit wissenschaftlicher Begleitung in den nachfolgenden Bereichen realisiert werden:

- Energieeinsparpotentiale durch energetische Sanierungen von Gebäuden,
- effiziente Stromverbraucher,
- Nutzung solarer Strahlung (Photovoltaik / Solarthermie)

Eine übersichtlich gestaltete **Homepage** der Energieberatungsstelle sollte mind. im monatlichen Turnus über laufende Projekte bzw. deren Projektphasen informieren und wichtige Neuerungen rund um das Thema Energie bieten. So könnte z.B. die aktuelle Preisentwicklung verschiedener Energieträger (Heizöl, Erdgas, Pellets, Strom, Heizstrom) als Chart für interessierte Bürger bereitgestellt werden.

### **Kosten für die Errichtung einer zentralen Energieberatungsstelle**

Die **Kosten** einer zentralen Energieberatungsstelle resultieren im Falle einer Neugründung mit Unterbringung in einem öffentlichen Gebäude über einen Zeitraum von 2 Jahren wie folgt:

Personalkosten (Dipl.-Ing. oder Architekt)	120.000 Euro
Raumkosten	10.000 Euro
Fahrtkosten	5.000 Euro
Büromaterial und Ausstattung	15.000 Euro
<b>Summe</b>	<b>150.000 Euro</b>

Die **Finanzierung** der Energieberatungsstelle sollte über einen Zeitraum von z.B. 2 Jahren gesichert sein. Einnahmen könnten durch eine Reihe von Leistungen erzielt werden:

- Energieeinsparung in den kommunalen Liegenschaften
- Beratung und Vermittlung von Fördermöglichkeiten für Industrie- und Gewerbebetriebe
- Fortbildungsveranstaltungen (Handwerker, Architekten)
- Softwarebasierende Berechnungen
- Energieliefer- und Einsparcontracting
- Detaillierte Beratung von Bauherren oder Hausbesitzern

Es ist jedoch davon auszugehen, dass in der Gründungsphase die Energieberatungsstelle nicht kostendeckend arbeiten kann.

Die Öffentlichkeitsarbeit sollte umgehend mit Abschluss des integrierten Klimaschutzkonzeptes beginnen. Das vorliegende Klimaschutzkonzept bietet eine fundierte und verifizierte Grundlage über zukünftige Handlungsfelder des Klimaschutzes in den beteiligten Kommunen.

## 9 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des integrierten Klimaschutzkonzeptes für die Kommunen Berglern, Fraunberg, Langenpreising und Wartenberg wurde ausgehend von einer umfangreichen energetischen Bestandsanalyse in den Verbrauchergruppen Private Haushalte, kommunale Liegenschaften, GHD / Industrie und Verkehr die Energieverbrauchsstruktur im Betrachtungsgebiet ermittelt. Als Ergebnis wurde der Endenergieumsatz in den einzelnen Verbrauchergruppen mit den bereits genutzten Anteilen an erneuerbaren Energieträgern dargestellt. Darauf aufbauend konnte der CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Ist-Zustand berechnet werden. Dem Datenstand des Jahres 2010 zufolge werden jährlich rund 294.368 MWh Endenergie verbraucht, die sich in rund 98.689 MWh thermische Energie, rund 38.965 MWh elektrische Energie sowie rund 156.713 MWh Endenergie für den Verkehr aufteilen. Unter Berücksichtigung bereits genutzter erneuerbarer Energieträger ergibt sich ein Ausstoß von rund 89.812 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr. Die Situationsanalyse stellt somit die Basis für das weitere Vorgehen in einer Potentialbetrachtung zur Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes dar.

Die Minderung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen muss grundsätzlich über mehrere Wege und Ansatzpunkte betrachtet werden. Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß kann teilweise durch die Substitution bisheriger Energieträger (z.B. fossile Energieträger wie Heizöl) durch erneuerbare Energieträger reduziert werden, die zum Großteil CO<sub>2</sub>-neutrale Energie bereitstellen. Da das Potential der Substitution allerdings durch natürliche Randbedingungen (geographische Lage, verfügbare Flächen) begrenzt ist, muss ein großer Schritt zur Senkung der Emissionen über die Energieeffizienz erfolgen, indem der Energiebedarf bzw. der Energieverbrauch in seiner jetzigen Form reduziert wird.

Die Maßnahmen zur Verbrauchsreduzierung sind vor allem im Bereich der Wärmedämmung an Gebäuden, durch Steigerung der Energieeffizienz unter dem Einsatz neuer Technik sowie einer an den tatsächlichen Bedarf angepassten, optimierten Betriebsweise zu suchen. Durch die beschriebenen Effizienzsteigerungs- und Einsparmaßnahmen in den einzelnen Verbrauchergruppen könnte der CO<sub>2</sub>-Ausstoß in Summe um ca. 27.335 Tonnen pro Jahr reduziert werden (Ziel 2030). In den einzelnen Verbrauchergruppen könnten die Privaten Haushalte eine Reduktion von 11.347 t/a, die kommunalen Liegenschaften eine Reduktion in Höhe von 653 t/a, der Sektor GHD / Industrie 2.084 t/a, sowie der gesamte Verkehrsbereich eine Reduktion von 13.252 t/a dazu beitragen. Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß kann dadurch um rund 30 % gegenüber dem derzeitigen Ausstoß gesenkt werden.

In der Potentialbetrachtung wurden zum einen Möglichkeiten in den einzelnen Verbrauchergruppen aufgezeigt wie der Energieverbrauch reduziert werden kann, zum anderen wurden parallel dazu die **Potentiale zum Ausbau der erneuerbaren Energien** quantifiziert. Anhand der natürlichen Gegebenheiten im Betrachtungsgebiet ergeben sich große Potentiale zur Nutzung erneuerbarer Energien insbesondere im Bereich der Biomasse, der Windkraft und der solaren Strahlungsenergie.

Ein Minderungspotential von rund 10.871 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr ergibt sich, wenn der Einsatz der fossilen Energieträger zur thermischen Nutzung (Erdgas/Heizöl) durch den vorgeschlagenen weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien durch regenerative Energieträger substituiert wird. Das weitere Ausbaupotential an regenerativer elektrischer Energie wurde mit ca. 74.380 MWh/a ausgewiesen, wodurch sich ein CO<sub>2</sub>-Minderungspotential von rund 47.082 Tonnen pro Jahr ergibt. Das CO<sub>2</sub>-Minderungspotential durch den Ausbau Erneuerbarer Energien liegt gegenüber dem Ausgangszustand folglich bei ca. 65 %.

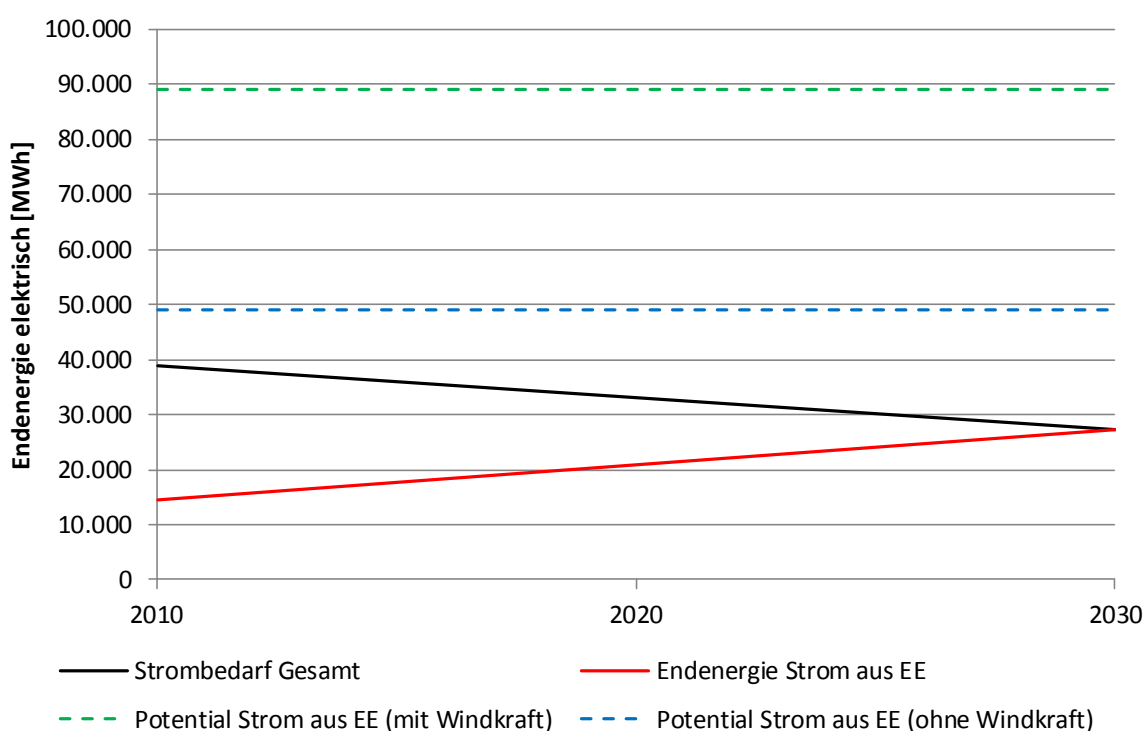
Anhand der dargelegten Möglichkeiten zur Energieeinsparung und zum Ausbau der Erneuerbaren Energien wurde in enger Abstimmung mit den beteiligten Akteuren ein **umfassender Maßnahmenkatalog** mit konkreten Handlungsempfehlungen für alle Verbrauchergruppen ausgearbeitet. Dieser beinhaltet konkrete Projekte, welche kurz- mittel- und langfristig zu einer erheblichen CO<sub>2</sub>-Minderung und einer Steigerung der regionalen Wertschöpfung führen.

Die aktuellen Rahmenbedingungen für den Klimaschutz sind derzeit sehr günstig. Durch den bereits fortgeschrittenen Ausbau sind die Techniken im Bereich der erneuerbaren Energien ausgereift und bereits vielfach bewährt. Die erneuerbaren Energien können in der zukünftigen Energieversorgung eine tragende Rolle spielen und dazu beitragen, regionale Klimaschutzziele zu erreichen. Die Auswahl geeigneter Standorte (z.B. Windkraft) ist jedoch ein sensibles Thema, wofür eine allgemeine Akzeptanz der Bevölkerung als Voraussetzung vorhanden sein sollte.

Die Festlegung von konkreten Zielen für die Steigerung der Energieeffizienz und den Ausbau Erneuerbarer Energien wird als zentrale Aufgabe für den Klimaschutz gesehen. Die Kommunen sind demnach gefragt, ambitionierte aber realistische Ziele im Klimaschutz auszuweisen und diese aktiv anzugehen. Die Kommunen spielen im Klimaschutz eine entscheidende Vorreiterrolle und sollten deshalb auch eine Vorbildfunktion bei der Umsetzung einnehmen.

Durch die Möglichkeit von finanziellen Beteiligungen der Bürger und regionaler Betriebe an gemeinschaftlichen Betreiberanlagen (z.B. Photovoltaik, Windkraft) bzw. den Einsatz regionaler Rohstoffe und Energieträger wird die regionale Wertschöpfung bereits heute erheblich gestärkt und Arbeitsplätze gesichert.

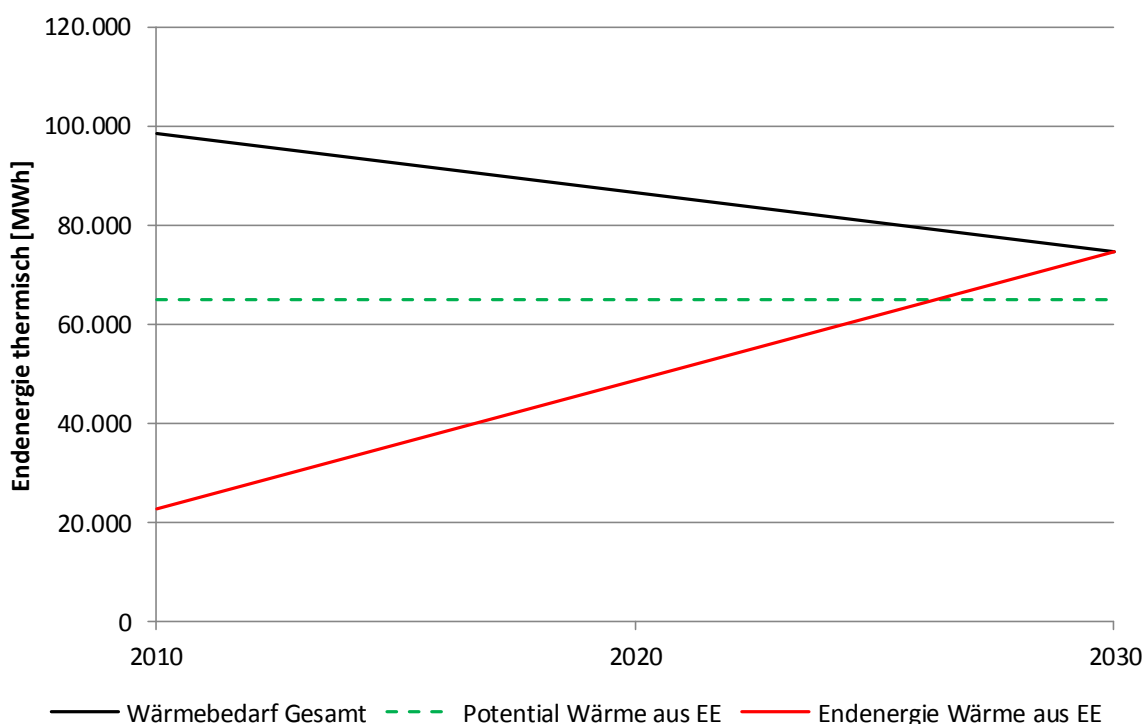
In Abbildung 54 ist die Entwicklung des Strombedarfes im Betrachtungsgebiet für die Jahre 2010 bis 2030 dargestellt. Durch Effizienzsteigerung und den Umstieg auf moderne Technologien könnte der Bedarf an elektrischer Energie von aktuell rund 88.979 MWh auf 27.163 MWh im Jahr 2030 gesenkt werden (schwarze Linie). Zudem wird die elektrische Endenergie aus Erneuerbaren Energieträgern dargestellt (rote Linie), welche im Zieljahr 2030 die komplette Stromversorgung abdecken soll. Die grüne Linie zeigt das Gesamtpotential an Strom aus Erneuerbaren Energien (inkl. Windkraft), welcher durch die Kommunen selbst bereitgestellt werden kann (rund 88.979 MWh). Die blaue Linie zeigt das Gesamtpotential an Strom aus Erneuerbaren Energien (ohne Windkraft), welcher durch die Kommunen selbst bereitgestellt werden kann (rund 49.079 MWh). Es ergibt sich somit ein bilanzieller Überschuss an elektrischer Energie von rund 61.817 MWh (inkl. Windkraft) bzw. von rund 21.917 MWh (ohne Windkraft).



**Abbildung 54: Entwicklung des elektrischen Energiebedarfs und -potentials**

In Abbildung 55 ist der gesamte Wärmebedarf im Betrachtungsgebiet für die einzelnen Jahre dargestellt. Durch Wärmedämmmaßnahmen und Effizienzsteigerung kann der Wärmebedarf von aktuell 98.689 MWh auf 74.555 MWh im Jahr 2030 gesenkt werden (schwarze Linie). Zudem wird die thermische Endenergie aus Erneuerbaren Energieträgern dargestellt (rote Linie), welche im Zieljahr 2030 die komplette Wärmeversorgung darstellen soll. Die grüne Linie zeigt das Wärmepotential aus Erneuerbaren Energien, welches im Rahmen dieses Konzeptes berechnet wurde. Das ermittelte Wärmepotential wird bei beständigem Ausbau der Nutzung in den nächsten Jahren erschlossen sein (Schnittpunkt rote mit grüner Linie). Unter der Berücksichtigung der beschriebenen Einsparpotentiale sowie dem Ausbaupotential an Erneuerbaren Energien (39.677 MWh) verbleibt im Jahr 2030 ein Restbedarf als Deckungslücke (Anteil der nicht aus den Kommunen selbst bereitgestellt werden kann) von rund 9.580 MWh an thermischer Endenergie pro Jahr bestehen (Teilbereich der roten Linie zwischen Gesamtpotential und Einsparziel).

Ein weiterer Ausbau des eigenen Anteils an Erneuerbaren Energien im Wärmebereich ist jedoch z.B. durch eine stärkere Nutzung von oberflächennaher Geothermie möglich. Zudem sollte der Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung, wenn ökologisch und ökonomisch sinnvoll einsetzbar, weiter forciert werden. Zudem besteht die Möglichkeit, den übrigen Wärmebedarf z.B. durch den Zukauf von Biomethan, Biomasse etc. von außerhalb des Betrachtungsgebietes zu decken.



**Abbildung 55: Entwicklung des thermischen Energiebedarfs und -potentials**

## 10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht über das Bilanzierungsgebiet [Quelle: <i>www.wikipedia.de</i> ]	10
Abbildung 2: Flächenverteilung nach Nutzungsart (Stand 2010) [Quelle: <i>Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung</i> ]	11
Abbildung 3: Die Bevölkerungsentwicklung im Zeitraum 1950 bis 2009 [Quelle: <i>Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung</i> ]	12
Abbildung 4: Der Endenergieverbrauch in der Verbrauchergruppe „Private Haushalte“	21
Abbildung 5: Der Endenergieverbrauch in der Verbrauchergruppe „kommunale Liegenschaften“	22
Abbildung 6: Der Endenergieverbrauch in der Verbrauchergruppe „GHDI“	23
Abbildung 7: Verteilung des Endenergiebedarfes durch Kfz-Betrieb	25
Abbildung 8: Der Endenergieverbrauch im Betrachtungsgebiet	27
Abbildung 9: Der CO <sub>2</sub> -Ausstoß im Ist-Zustand	29
Abbildung 10: Die prognostizierte Entwicklung der Einwohnerzahlen im Landkreis Erding [Quelle: <i>Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung; eigene Darstellung</i> ]	32
Abbildung 11: Die Veränderung der Altersgruppenstruktur im Landkreis Erding [Quelle: <i>Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung; eigene Darstellung</i> ]	33
Abbildung 12: Die Potentialbetrachtung der energetischen Sanierung von Bestandsgebäuden	36
Abbildung 13: Die Einsparpotentiale im Bereich der Beleuchtung [Quelle: <i>Bayerisches Landesamt für Umwelt „Leitfaden für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe; eigene Darstellung</i> ]	44
Abbildung 14: Die Aufteilung der CO <sub>2</sub> -Emissionen in der Verbrauchergruppe Verkehr aufgelistet nach den verschiedenen Fahrzeugarten	47

Abbildung 15: Die Möglichkeiten der Nutzung Erneuerbarer Energiequellen [Quelle: <i>www.wissenschaft-technik-ethik.de</i> ; eigene Darstellung].....	51
Abbildung 16: Konzentrationsflächen Windkraft [Quelle: <i>Planungsverband München</i> ; eigene Darstellung].....	63
Abbildung 17: Das Geothermiewpotential im Bundesland Bayern [Quelle: <i>www.geothermieprojekte.de</i> ].....	66
Abbildung 18: Übersicht über die zur oberflächennahen Geothermie günstigen Gebiete [Quelle: <i>Energieatlas Bayern</i> ].....	67
Abbildung 19: Gegenüberstellung des elektrischen Endenergiebedarfs Ist – Ziel 2030 .....	69
Abbildung 20: Gegenüberstellung des thermischen Endenergiebedarfs Ist – Ziel 2030.....	71
Abbildung 21: Gegenüberstellung des mobilen Endenergiebedarfs Ist – Ziel 2030.....	73
Abbildung 22: Die CO <sub>2</sub> -Minderungspotentiale im Betrachtungsgebiet.....	74
Abbildung 23: Die kommunale Wertschöpfung durch den Ausbau Erneuerbarer Energien [Quelle: <i>www.kommunal-erneuerbar.de</i> ; <i>Wertschöpfungsrechner</i> ; eigene Darstellung der Ergebnisse].....	82
Abbildung 24: Wärmekataster Wartenberg .....	98
Abbildung 25: Wärmekataster Berglern .....	99
Abbildung 26: Wärmekataster Fraunberg .....	100
Abbildung 27: Wärmekataster Langenpreising .....	101
Abbildung 28: Wärmekataster Zustorf .....	102
Abbildung 29: Wärmekataster Maria Thalheim .....	103
Abbildung 31: Übersicht „Schulkomplex Wartenberg“ [Quelle: <i>Landesamt für Vermessung und Geoinformation</i> ].....	106
Abbildung 32: Der monatliche Wärmebedarf des Schulkomplexes .....	108
Abbildung 33: Die geordnete Jahresdauerlinie des Gesamtwärmebedarfs .....	109
Abbildung 34: Die Jahresdauerlinie der Variante 1.1 .....	111

Abbildung 35: Die Jahresdauerlinie der Variante 1.2 .....	112
Abbildung 36: Die Jahresdauerlinie der Variante 1.3 .....	113
Abbildung 37: Die Jahresdauerlinie der Variante 1.4 .....	114
Abbildung 47: Die CO <sub>2</sub> -Bilanz der verschiedenen Varianten.....	115
Abbildung 48: Der monatliche Wärmebedarf der Sozialwohnungen .....	117
Abbildung 49: Die geordnete Jahresdauerlinie des Gesamtwärmebedarfs .....	118
Abbildung 50: Die Jahresdauerlinie der Variante 2.1 .....	120
Abbildung 51: Die Jahresdauerlinie der Variante 2.2 .....	121
Abbildung 52: Die Jahresdauerlinie der Variante 2.3 .....	122
Abbildung 53: Die Jahresdauerlinie der Variante 2.4 .....	123
Abbildung 63: Die CO <sub>2</sub> -Bilanz der verschiedenen Varianten.....	124
Abbildung 64: Übersicht Wärmenetz „Langenpreising“ [ <i>Quelle: Landesamt für Vermessung und Geoinformation</i> ].....	125
Abbildung 65: Der monatliche Wärmebedarf der Wärmeverbundlösung.....	127
Abbildung 66: Die geordnete Jahresdauerlinie des Gesamtwärmebedarfs in der Wärmeverbundlösung .....	128
Abbildung 67: Der mögliche Verlauf der Wärmeverbundlösung [ <i>Quelle: Landesamt für Vermessung und Geoinformation</i> ].....	129
Abbildung 68: Die Jahresdauerlinie der Variante 3.1 .....	131
Abbildung 69: Die Jahresdauerlinie der Variante 3.2 .....	132
Abbildung 70: Die Jahresdauerlinie der Variante 3.3 .....	133
Abbildung 71: Die Jahresdauerlinie der Variante 3.4 .....	134
Abbildung 81: Die CO <sub>2</sub> -Bilanz der verschiedenen Varianten.....	135
Abbildung 82: Entwicklung des elektrischen Energiebedarfs und -potentials .....	146

Abbildung 83: Entwicklung des thermischen Energiebedarfs und -potentials.....	147
Abbildung 84: Die geometrischen Daten des Mustergebäudes [ <i>Quelle: Software Hottgenroth; Energieberater 18599 Version 7.0.2</i> ].....	155
Abbildung 85: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse I im Ist-Zustand [ <i>Quelle: Software Hottgenroth; Energieberater 18599 Version 7.0.2</i> ].....	156
Abbildung 86: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse I im modernisierten Zustand [ <i>Quelle: Software Hottgenroth; Energieberater 18599 Version 7.0.2; eigene Darstellung</i> ] .....	157
Abbildung 87: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse III im Ist-Zustand [ <i>Quelle: Software Hottgenroth; Energieberater 18599 Version 7.0.2</i> ].....	158
Abbildung 88: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse III im modernisierten Zustand [ <i>Quelle: Software Hottgenroth; Energieberater 18599 Version 7.0.2; eigene Darstellung</i> ] .....	159
Abbildung 89: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse VII im Ist-Zustand [ <i>Quelle: Software Hottgenroth; Energieberater 18599 Version 7.0.2</i> ].....	160
Abbildung 90: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse VII im modernisierten Zustand [ <i>Quelle: Software Hottgenroth; Energieberater 18599 Version 7.0.2; eigene Darstellung</i> ] .....	161
Abbildung 91: Heizkreis mit /ohne hydraulischen Abgleich [ <i>Quelle: www.energiesparen-im-haushalt.de</i> ].....	163
Abbildung 92: Berechnungsdaten nach Wilo- LCC- Check für Austausch Wilo-RS 25/60r .	168
Abbildung 93: Berechnungsdaten nach Wilo- LCC- Check für Austausch Wilo-P 50/125r ..	168
Abbildung 94: Die Verteilung des Stromverbrauchs im Bereich der Elektromotoren [ <i>Quelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt; Leitfaden für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe</i> ].....	169
Abbildung 95: Der Vergleich eines konventionellen und optimierten elektrischen Antriebs [ <i>Quelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt; Leitfaden für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe</i> ].....	170
Abbildung 96: Der Aufbau eines Druckluftmotors [ <i>Quelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt; Leitfaden für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe</i> ] .....	171

- Abbildung 97: Der schematische Aufbau einer Kälteanlage [Quelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt; Leitfaden für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe] .....172
- Abbildung 98: Die CO<sub>2</sub>-Emissionen verschiedener Kraftstoffarten [Quelle: ADAC Zukunftstechnologien – Was uns morgen antreiben wird].....173
- Abbildung 99: Die maximal möglichen Einsparpotentiale beim Kraftstoffverbrauch [Quelle: ADAC Zukunftstechnologien – Was uns morgen antreiben wird].....175
- Abbildung 100: Die unterschiedlichen Reichweiten mit verschiedenen Batterietypen [Quelle: ADAC Zukunftstechnologien – Was uns morgen antreiben wird].....177

## 11 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Die Wohngebäudestatistik des Jahres 2010 [ <i>Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung</i> ].....	13
Tabelle 2: Übersicht der regenerativen Stromerzeugung im Betrachtungsgebiet [ <i>Quelle: Energieversorgungsunternehmen</i> ] .....	18
Tabelle 3: Übersicht der regenerativen Wärmenutzung im Betrachtungsgebiet .....	20
Tabelle 4: Der Endenergieverbrauch in der Verbrauchergruppe „Private Haushalte“ .....	21
Tabelle 5: Der Endenergieverbrauch in der Verbrauchergruppe „kommunale Liegenschaften“ .....	22
Tabelle 6: Der Endenergieverbrauch in der Verbrauchergruppe „GHDI“ .....	23
Tabelle 7: Kfz-Zulassungszahlen im Betrachtungsgebiet [ <i>Quelle: Kfz-Zulassungsstelle</i> ].....	24
Tabelle 8: Der Endenergieverbrauch im Betrachtungsgebiet.....	26
Tabelle 9: Die CO <sub>2</sub> -Äquivalente und Primärenergiefaktoren der jeweiligen Energieträger ....	28
Tabelle 10: Der CO <sub>2</sub> -Ausstoß im Ist-Zustand.....	29
Tabelle 11: thermisches Einsparpotential ausgewählter Liegenschaften .....	40
Tabelle 12: Energieeffizienzsteigerung in der Maschinen-, Anlagen- und Antriebstechnik [ <i>Quelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt „Leitfaden für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe; eigene Darstellung</i> ].....	43
Tabelle 13: Übersicht der Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz bzw. -einsparung .....	50
Tabelle 14: Das Potential Erneuerbarer Energien aus Solarthermie und Photovoltaik.....	55
Tabelle 15: Übersicht der Energiebereitstellungspotentiale aus Holz.....	58
Tabelle 16: Übersicht der Potentiale an Erneuerbaren Energien im Betrachtungsgebiet .....	68
Tabelle 17: Die Investitionskosten für den Ausbau der Erneuerbaren Energien.....	79

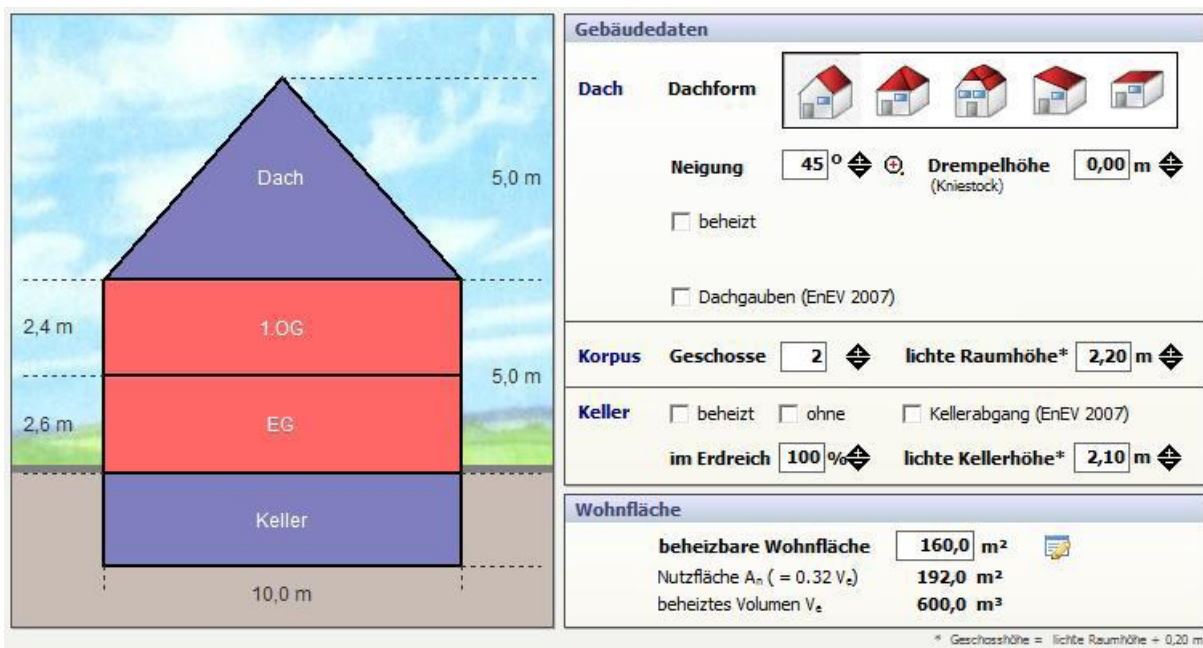
Tabelle 18: Abstufung der Wärmebelegung und Einfärbung im Wärmekataster .....	97
Tabelle 22: Die Kenndaten der zusätzlichen Wärmeleitung .....	129
Tabelle 24: Die Kennzahlen des elektrischen und thermischen Energieverbrauches .....	138
Tabelle 25: Die Kennzahlen zur Kontrolle des Ausbaues an Erneuerbaren Energien.....	138
Tabelle 26: Die Kennzahlen zur Fortführung der Gesamtbilanz im Betrachtungsgebiet.....	139
Tabelle 27: Die Übersicht der U-Werte der einzelnen Bauteile [ <i>Quelle: Software Hottgenroth; Energieberater 18599 Version 7.0.2; eigene Darstellung</i> ].....	156
Tabelle 28: Vergleich der U-Werte der einzelnen Bauteile im Ist- und im modernisierten Zustand [ <i>Quelle: Software Hottgenroth; Energieberater 18599 Version 7.0.2; eigene Darstellung</i> ].....	157
Tabelle 29: Die Übersicht der U-Werte der einzelnen Bauteile [ <i>Quelle: Software Hottgenroth; Energieberater 18599 Version 7.0.2; eigene Darstellung</i> ].....	158
Tabelle 30: Vergleich der U-Werte der einzelnen Bauteile im Ist- und im modernisierten Zustand [ <i>Quelle: Software Hottgenroth; Energieberater 18599 Version 7.0.2; eigene Darstellung</i> ].....	159
Tabelle 31: Die Übersicht der U-Werte der einzelnen Bauteile [ <i>Quelle: Software Hottgenroth; Energieberater 18599 Version 7.0.2; eigene Darstellung</i> ].....	160
Tabelle 32: Vergleich der U-Werte der einzelnen Bauteile im Ist- und im modernisierten Zustand [ <i>Quelle: Software Hottgenroth; Energieberater 18599 Version 7.0.2; eigene Darstellung</i> ].....	161
Tabelle 33: Die Einsparung beim Tausch einer Stufenpumpe gegen eine Hocheffizienzpumpe .....	167

## 12 Anhang

### 12.1 Energetische Bewertung eines Mustergebäudes

Nachfolgend ist die Berechnung der Heizenergieeinsparung an einem Mustergebäude der verschiedenen Baualterklassen dargestellt.

In Abbildung 56 sind die für die Mustergebäude geltenden geometrischen Daten aufgezeigt.



**Abbildung 56: Die geometrischen Daten des Mustergebäudes**  
 [Quelle: Software Hottgenroth; Energieberater 18599 Version 7.0.2]

Die Bewertung der Mustergebäude der verschiedenen Baualterklassen erfolgt aufgrund des jährlichen spezifischen Heizenergiebedarfs pro m<sup>2</sup> Nutzfläche. Ausschlaggebend für den Heizenergieverbrauch sind die so genannten Transmissionswärmeverluste der Gebäudehülle. Die Transmissionswärmeverluste sind abhängig vom U-Wert des verwendeten Baustoffs.

Nachgehend sind die Berechnungen für verschiedene Baualterklassen berechnet.

## Baualterklasse I

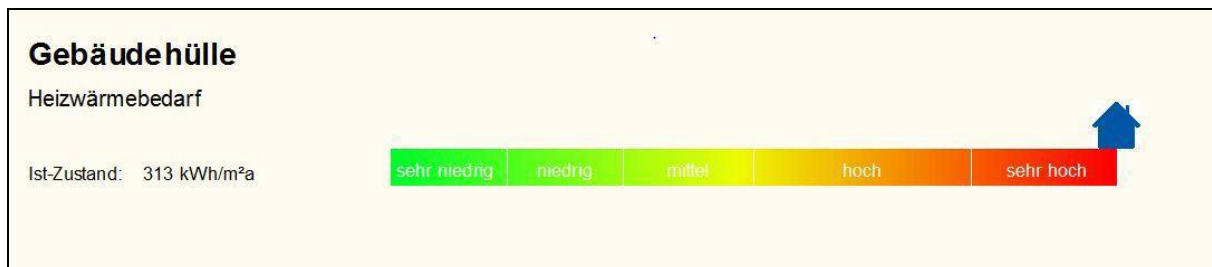
In Tabelle 23 sind die typischen U-Werte verwendeter Bauteile der Gebäudehülle für die Baualterklasse I dargestellt.

**Tabelle 23: Die Übersicht der U-Werte der einzelnen Bauteile**

*[Quelle: Software Hottgenroth; Energieberater 18599 Version 7.0.2; eigene Darstellung]*

Bauteil	U-Wert Ist-Zustand [W/m <sup>2</sup> *K]
oberste Geschossdecke	2,30
Außenwand	2,00
Einfachverglasung	5,00
Kellerdecke	1,20

Abbildung 57 zeigt die Einordnung des Heizwärmebedarfs für das Mustergebäude der Baualterklasse I. Der Heizwärmebedarf im Ist-Zustand beträgt rund 313 kWh/m<sup>2</sup>\*a.



**Abbildung 57: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse I im Ist-Zustand**

*[Quelle: Software Hottgenroth; Energieberater 18599 Version 7.0.2]*

Nachfolgende Sanierungsmaßnahmen werden unter Berücksichtigung der EnEV Vorgaben im Mustergebäude durchgeführt:

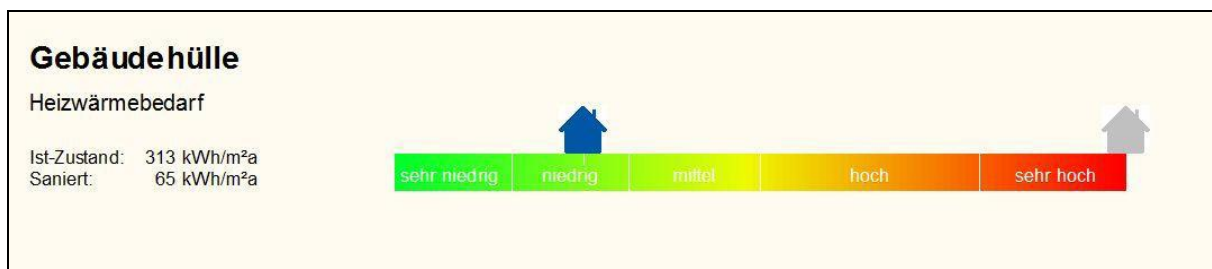
- Außenwände: Außendämmung um 16 cm
- Dach/oberste Geschossdecke: Dachdämmung um 18 cm
- Keller: Dämmung der Kellerdecke von unten um 12 cm
- Fenster: Fenstertausch Mehrscheiben; Wärmeschutzverglasung

Nach Durchführung der Sanierungsmaßnahmen verringern sich die U-Werte der einzelnen Bauteile. In Tabelle 24 sind die U-Werte im Ist-Zustand und nach der Sanierungsmaßnahme für die einzelnen Bauteile dargestellt.

**Tabelle 24: Vergleich der U-Werte der einzelnen Bauteile im Ist- und im modernisierten Zustand**  
 [Quelle: Software Hottgenroth; Energieberater 18599 Version 7.0.2; eigene Darstellung]

Bauteil	U-Wert Ist-Zustand [W/m <sup>2</sup> *K]	U <sub>max</sub> nach EnEV [W/m <sup>2</sup> *K]
oberste Geschossdecke	2,30	0,24
Außenwand	2,00	0,24
Einfachverglasung	5,00	1,30
Kellerdecke	1,20	0,30

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen energetischen Sanierungsmaßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf für Heizwärme um 79 %. In Abbildung 58 ist die Veränderung des Heizwärmebedarfs des Mustergebäudes der Baualterklasse I vor und nach der Sanierung dargestellt.



**Abbildung 58: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse I im modernisierten Zustand**  
 [Quelle: Software Hottgenroth; Energieberater 18599 Version 7.0.2; eigene Darstellung]

Der Endenergiebedarf zur Heizwärmeerzeugung beträgt im Ist-Zustand rund 313 kWh/m<sup>2</sup>\*a pro Jahr und reduziert sich durch die Sanierung der Gebäudehülle auf rund 65 kWh/m<sup>2</sup>\*a. Es ergibt sich somit eine jährliche Einsparung von rund 248 kWh/m<sup>2</sup>\*a unter der Voraussetzung des gleichen Nutzerverhaltens und der gleichen Klimabedingungen.

## Baualterklasse III

In Tabelle 25 sind die typischen U-Werte verwendeter Bauteile der Gebäudehülle für die Baualterklasse III dargestellt.

**Tabelle 25: Die Übersicht der U-Werte der einzelnen Bauteile**

*[Quelle: Software Hottgenroth; Energieberater 18599 Version 7.0.2; eigene Darstellung]*

Bauteil	U-Wert Ist-Zustand [W/m <sup>2</sup> *K]
oberste Geschossdecke	2,10
Außenwand	1,40
Einfachverglasung	5,00
Kellerdecke	1,00

Abbildung 59 zeigt die Einordnung des Heizwärmebedarfs für das Mustergebäude der Baualterklasse III. Der Heizwärmebedarf im Ist-Zustand beträgt rund 260 kWh/m<sup>2</sup>\*a.



**Abbildung 59: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse III im Ist-Zustand**

*[Quelle: Software Hottgenroth; Energieberater 18599 Version 7.0.2]*

Nachfolgende Sanierungsmaßnahmen werden unter Berücksichtigung der EnEV Vorgaben im Mustergebäude durchgeführt:

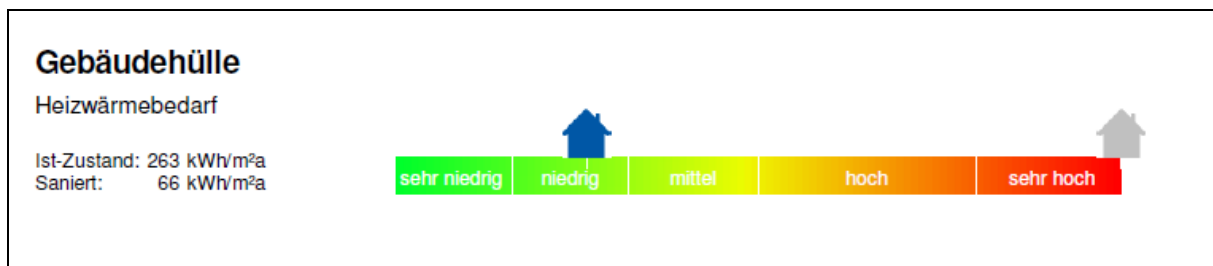
- Außenwände: Außendämmung um 16 cm
- Dach/oberste Geschossdecke: Dachdämmung um 18 cm
- Keller: Dämmung der Kellerdecke von unten um 12 cm
- Fenster: Fenstertausch Mehrscheiben; Wärmeschutzverglasung

Nach Durchführung der Sanierungsmaßnahmen verringern sich die U-Werte der einzelnen Bauteile. In Tabelle 26 sind die U-Werte im Ist-Zustand und nach der Sanierungsmaßnahme für die einzelnen Bauteile dargestellt.

**Tabelle 26: Vergleich der U-Werte der einzelnen Bauteile im Ist- und im modernisierten Zustand**  
 [Quelle: Software Hottgenroth; Energieberater 18599 Version 7.0.2; eigene Darstellung]

Bauteil	U-Wert Ist-Zustand [W/m <sup>2</sup> *K]	U <sub>max</sub> nach EnEV [W/m <sup>2</sup> *K]
oberste Geschossdecke	2,10	0,24
Außenwand	1,40	0,24
Einfachverglasung	5,00	1,30
Kellerdecke	1,00	0,30

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen energetischen Sanierungsmaßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf für Heizwärme um 54 %. In Abbildung 60 ist die Veränderung des Heizwärmebedarfs des Mustergebäudes der Baualterklasse I vor und nach der Sanierung dargestellt.



**Abbildung 60: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse III im modernisierten Zustand**  
 [Quelle: Software Hottgenroth; Energieberater 18599 Version 7.0.2; eigene Darstellung]

Der Endenergiebedarf zur Heizwärmeerzeugung beträgt im Ist-Zustand rund 263 kWh/m<sup>2</sup>\*a pro Jahr und reduziert sich durch die Sanierung der Gebäudehülle auf rund 66 kWh/m<sup>2</sup>\*a. Es ergibt sich somit eine jährliche Einsparung von rund 197 kWh/m<sup>2</sup>\*a unter der Voraussetzung des gleichen Nutzerverhaltens und der gleichen Klimabedingungen.

## Baualterklasse VII

In Tabelle 27 sind die typischen U-Werte verwendeter Bauteile der Gebäudehülle für die Baualterklasse VII dargestellt.

**Tabelle 27: Die Übersicht der U-Werte der einzelnen Bauteile**

*[Quelle: Software Hottgenroth; Energieberater 18599 Version 7.0.2; eigene Darstellung]*

Bauteil	U-Wert Ist-Zustand [W/m <sup>2</sup> *K]
oberste Geschossdecke	0,40
Außenwand	0,60
Einfachverglasung	5,00
Kellerdecke	0,60

Abbildung 61 zeigt die Einordnung des Heizwärmebedarfs für das Mustergebäude der Baualterklasse VII. Der Heizwärmebedarf im Ist-Zustand beträgt rund 148 kWh/m<sup>2</sup>\*a.



**Abbildung 61: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse VII im Ist-Zustand**

*[Quelle: Software Hottgenroth; Energieberater 18599 Version 7.0.2]*

Nachfolgende Sanierungsmaßnahmen werden unter Berücksichtigung der EnEV Vorgaben im Mustergebäude durchgeführt:

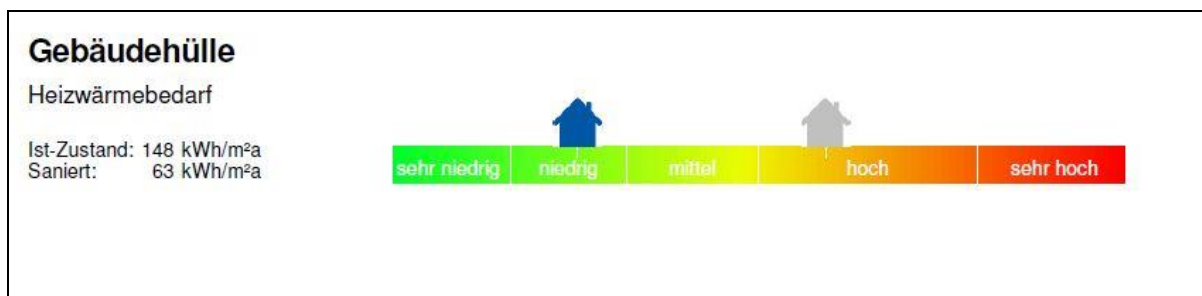
- Außenwände: Außendämmung um 16 cm
- Dach/oberste Geschossdecke: Dachdämmung um 18 cm
- Keller: Dämmung der Kellerdecke von unten um 12 cm
- Fenster: Fenstertausch Mehrscheiben; Wärmeschutzverglasung

Nach Durchführung der Sanierungsmaßnahmen verringern sich die U-Werte der einzelnen Bauteile. In Tabelle 28 sind die U-Werte im Ist-Zustand und nach der Sanierungsmaßnahme für die einzelnen Bauteile dargestellt.

**Tabelle 28: Vergleich der U-Werte der einzelnen Bauteile im Ist- und im modernisierten Zustand**  
 [Quelle: Software Hottgenroth; Energieberater 18599 Version 7.0.2; eigene Darstellung]

Bauteil	U-Wert Ist-Zustand	U <sub>max</sub> nach EnEV
	[W/m <sup>2</sup> *K]	[W/m <sup>2</sup> *K]
oberste Geschossdecke	0,40	0,24
Außenwand	0,60	0,24
Einfachverglasung	5,00	1,30
Kellerdecke	0,60	0,30

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen energetischen Sanierungsmaßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf für Heizwärme um 51 %. In Abbildung 62 ist die Veränderung des Heizwärmebedarfs des Mustergebäudes der Baualterklasse VII vor und nach der Sanierung dargestellt.



**Abbildung 62: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse VII im modernisierten Zustand**  
 [Quelle: Software Hottgenroth; Energieberater 18599 Version 7.0.2; eigene Darstellung]

Der Endenergiebedarf zur Heizwärmeerzeugung beträgt im Ist-Zustand rund 148 kWh/m<sup>2</sup>\*a pro Jahr und reduziert sich durch die Sanierung der Gebäudehülle auf rund 63 kWh/m<sup>2</sup>\*a. Es ergibt sich somit eine jährliche Einsparung von rund 85 kWh/m<sup>2</sup>\*a unter der Voraussetzung des gleichen Nutzerverhaltens und der gleichen Klimabedingungen.

## 12.2 Effizienzsteigerung bei der Wärmeerzeugung, -verteilung und Regelung

### Wärmeerzeuger

Die allgemeine **Lebensdauer für Wärmeerzeuger** beträgt nach VDI 2067 etwa 20 Jahre. Die in Bestandsgebäuden installierten Heizkessel sind in der Regel teilweise deutlich älter. Sie haben damit ihre Lebensdauer nach dem Stand der Technik erreicht und weisen somit gegenüber Neuanlagen geringere Anlagennutzungsgrade auf. Der Anlagennutzungsgrad wird bestimmt durch den Wirkungsgrad des Brenners und des Kessels (Wärmeübergang), den Abgasverlust sowie Bereitschafts- und Abstrahlungsverlusten. Neue Heizanlagen weisen neben einer besseren Wärmedämmung auch eine bessere Brennstoffausnutzung durch modernere Technik auf. Durch die Erneuerung einer alten Heizungsanlage kann der Energieeinsatz im Gegensatz zur Altanlage um ca. 5 bis 15 % (je nach Zustand und Technikstandard der Altanlage) gesenkt werden.

### Einsatz von Brennwerttechnik

Die Nutzung des im Verbrennungsabgas enthaltenen **Brennwertes** kann die Effizienz der Wärmeerzeuger teilweise noch deutlich steigern. Voraussetzung für die maximale latente Wärmenutzung ist eine Unterschreitung des Abgastaupunktes um 15 °C. (Der Taupunkt des Abgases bei einer Erdgasverbrennung liegt bei ungefähr 55 °C, bei einer Heizölverbrennung bei ca. 47 °C.) Niedrige Rücklauftemperaturen setzen eine geeignete Anlagentechnik mit Wärmeübergabe durch Flächenheizungen wie z.B. Fußboden- oder Wandheizung bzw. die entsprechende Dimensionierung der Heizkörper voraus. Bei Systemen mit Heizkörpern kommt es in den Wintermonaten, in denen hohe Heizleistungen notwendig sind, zu deutlich höheren Rücklauftemperaturen, wodurch die Brennwerttechnik nur teilweise oder gar nicht genutzt werden kann. Um die Nutzung des Brennwertes sicher zu stellen, sollten die Systemtemperaturen überprüft und gegebenenfalls optimiert werden.

### Hydraulischer Abgleich

Warmwasserpumpenheizungen sind aus verzweigten Rohrleitungssystemen aufgebaut. Durch diese Systeme muss überall gleich viel Wasser fließen, um ein gleichmäßiges Aufheizen zu gewährleisten und einem schlechten Regelverhalten der Thermostatventile vorzubeugen. Durch die Rohrreibung und verschiedene Einbauten in dieses Rohrsystem kommt es zum Druckverlust.

Die Folge kann sein, dass nicht mehr durch alle Heizkörper die gleiche Menge an Warmwasser fließt und einige Heizkörper mehr Wärme und andere weniger Wärme abgeben. Dies hat zur Folge, dass der Pumpendruck erhöht wird (höhere Pumpenstufe, größere Pumpe). Die Folge falsch dimensionierter Pumpen sind Fließgeräusche, denen durch so genannte Überströmventile entgegengewirkt werden kann, d. h. überschüssige Energie wird vernichtet. Zudem steigt bei erhöhtem Druck die Rücklauftemperatur, wodurch der Brennwert (bei Brennwertheizungen) nicht mehr genutzt werden kann. Um dieser Energievernichtung vorzubeugen, ist es sinnvoll die Heizanlage hydraulisch abzugleichen. Dies erfolgt durch Begrenzung des Durchflusses an den entsprechenden Stellen des Rohrleitungssystems. Durch diese Begrenzung wird erreicht, dass jedem Heizkörper der tatsächlich benötigte Volumenstrom zur Verfügung gestellt wird. Anschließend sollten die Pumpen hinsichtlich der Leistung überprüft werden und ggf. gegen elektronisch geregelte Pumpen ausgetauscht werden.

Abbildung 39 zeigt den Vergleich einer Heizungsverteilung mit und ohne hydraulischen Abgleich.

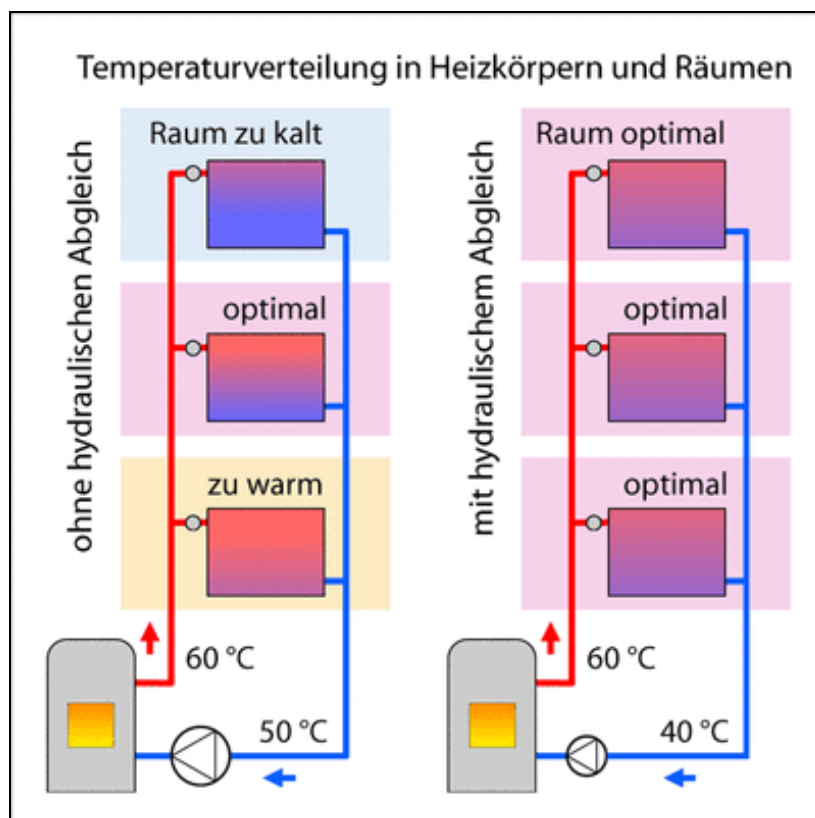


Abbildung 63: Heizkreis mit /ohne hydraulischen Abgleich

[Quelle: [www.energiesparen-im-haushalt.de](http://www.energiesparen-im-haushalt.de)]

Eine regelmäßige Wartung der Wärmeerzeuger ist für einen effizienten Betrieb unerlässlich. Beim jährlich wiederkehrenden Kundendienst werden neben der Funktionsprüfung der Regelung, der Brenner und der Kessel gereinigt, begutachtet und defekte Teile ausgetauscht. Zudem können mit dem Fachpersonal Vorort mögliche regelungstechnisch anspruchsvolle Änderungen vorgenommen werden.

Die Entlüftung der Heizkreise zu Beginn der Heizperiode ist dringend zu empfehlen, da bei Lufteinschlüssen die Heizleistung der Wärmeübertrager geringer ausfällt und somit zum Erreichen der eingestellten Heizleistung höhere Vorlauftemperaturen bzw. eine höhere Pumpenleistung notwendig wird.

### **Heizungsregelung**

Alte Anlagenregelungen sind häufig nur darauf ausgelegt, die Kesseltemperatur auf einen bestimmten Wert (meist 70 bis 90 °C) zu halten. Eine Anpassung der gewünschten Raumtemperatur erfolgte nur über die Regelventile an den Heizkörpern.

Moderne Regelungen arbeiten witterungsgeführt, raumgeführt oder kombiniert mit Optimierungsfunktion. Hier wird die Kesseltemperatur nach der Außentemperatur oder der gewünschten Raumtemperatur geregelt. Da moderne Brennwert- oder Niedertemperaturkessel nicht mehr auf einer bestimmten Temperatur gehalten werden müssen, kann die Kesseltemperatur bis auf die benötigte Vorlauftemperatur abgesenkt werden. Neuen Heizungsregelungen können so genannte Absenkezeiten zugewiesen werden, in denen kein oder nur ein geringerer Heizwärmebedarf im Gebäude besteht. Dies reduziert die Wärmeverluste über den Kesselkörper durch geringere Abstrahlung.

Ferner kann es weiterhin sinnvoll sein, in bestimmten Räumen elektronische Einzelraumregelungen nachzurüsten. Hier kann z. B. bei Büroräumen mit Kernzeiten, Bädern oder Speisesälen die Raumtemperatur unabhängig von den Absenkezeiten der Heizungsregelung herabgesetzt werden. Auch die rechtzeitige Erwärmung kann durch die Einzelraumregelung erfolgen.

Durch eine Erneuerung der Heizungsregelung sowie der Nachrüstung einer elektronischen Einzelraumregelung könnten bis zu 20 % Heizenergie eingespart werden.

Ferner sollte geprüft werden, ob die Raumtemperaturen in bestimmten Bereichen um 1 bis 2 °C gesenkt werden können. Die Absenkung der Raumtemperatur um 1 °C kann bis zu 6 % Heizenergie einsparen.

## 12.3 Energieeinsparung und Effizienzsteigerung in privaten Wohngebäuden

### Heizungsumwälzpumpen

Die Heizkreise in Bestandsgebäuden werden oft noch durch stufengeregelte Umwälzpumpen (2- oder 3-stufig manuell einstellbar) versorgt. Ein Austausch und Ersatz dieser Pumpen durch hocheffiziente elektronisch geregelte Umwälzpumpen hat sich in der Regel bereits nach wenigen Jahren amortisiert. Der Stromverbrauch je Pumpe kann bis zu 75 % reduziert werden. Bei Neubauten oder sanierten Bestandsgebäuden werden auch häufig bereits elektronisch geregelte Pumpen verbaut, eher seltener sind Hocheffizienzpumpen zu finden.

Nachfolgend werden Kosten und Effizienz zweier typischer Beispieldumpen im Detail untersucht.

#### Maßnahmen zur Effizienzsteigerung und langfristiger Kosteneinsparung:

- Differenzdruckgeregelte Pumpen – Austausch von unregulierten Heizungsumwälzpumpen durch differenzdruckgeregelte Pumpen
  - Die Stromkosteneinsparung liegt hier bei über 70 %. Zur Umsetzung der Maßnahme sind an den eingebauten Armaturen bauliche Veränderungen, zur Anpassung der neuen Pumpen, vorzunehmen.
- Temperaturdifferenzgeregelte Heizungspumpen – Nachrüstung einer Temperaturdifferenzregelung bei unregulierten Heizungsumwälzpumpen
  - Die Stromkosteneinsparung liegt hier bei über 50 %. Zur Umsetzung der Maßnahme müssen keine baulichen Veränderungen vorgenommen werden.
- Hocheffizienzpumpen – Austausch von Pumpen mit veralteter Technik
  - Mit dem Einsatz von kleinen Pumpen, die auf die Bedürfnisse kleiner Anlagen z.B. bis ca. 20 kW Leistung zugeschnitten und mit Hocheffizienzantrieben ausgestattet sind, werden Strom- und Kosteneinsparungen von bis zu 80 % erreicht. Einige solcher Pumpen werden bereits in großen Stückzahlen hergestellt und Kosten nicht wesentlich mehr als handelsübliche unregulierte Pumpen.

Die Leistung typischer Heizungsumwälzpumpen bewegt sich im kleineren Leistungsbereich von 30 bis 400 W. Im Folgenden werden Kosten und Effizienz zweier typischer Beispieldumpen im Detail untersucht. Als Beispieldumpen werden eine Wilo-RS 25/60r (manuelle 4-Stufenregelung, 41-85 W) für den kleineren Leistungsbereich und eine Wilo-P 50/125r (manuelle 4-Stufenregelung, max. 365 W) für den etwas größeren Leistungsbereich herangezogen.

Mit Hilfe des online-Pumpenchecks des Pumpenherstellers Wilo werden entsprechende Tauschpumpen ausgewählt und die Wirtschaftlichkeit des Pumpentausches ermittelt (siehe nachfolgend auch Abbildung 40 und Abbildung 41).

Es wird angenommen, dass die derzeit installierte Pumpenleistung den tatsächlich erforderlichen Volumenströmen entspricht. In Tabelle 29 ist die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Beispieldumpen dargestellt. Als Grundannahme wird ein Verbraucherstrompreis von 22 Cent/kWh angesetzt. Da elektronisch geregelte Pumpen die Leistung selbstständig reduzieren und dem aktuellen Bedarf anpassen können, wird davon ausgegangen, dass sie immer im optimalen Leistungsbereich arbeiten.

Wie aus den Tabellen und Abbildungen ersichtlich wird, amortisiert sich unter den genannten Annahmen ein Austausch vorhandener Stufenpumpen gegenüber entsprechenden Hocheffizienzpumpen bereits nach wenigen Jahren.

Bevor ein Pumpentausch jedoch erfolgt, sollte die gesamte Heizungsanlage hydraulisch abgeglichen werden („Hydraulischen Abgleich“ vom Heizungsfachbetrieb durchführen lassen). Dies stellt sicher, dass die neuen Pumpen richtig dimensioniert werden und verhindert somit einen unnötig hohen Energieverbrauch.

#### Hinweis:

Die Wahl der Austauschpumpen erfolgt mit Hilfe des online-Tools „Wilo- LCC- Check“. Dies dient lediglich der Ermittlung der Leistungsdaten möglicher Ersatzpumpen. Bei der Auswahl der Pumpen erfolgt keine Herstellerbewertung!

**Tabelle 29: Die Einsparung beim Tausch einer Stufenpumpe gegen eine Hocheffizienzpumpe**

		<b>Bestandspumpe</b>	<b>Tauschpumpe</b>
Typ		Wilo-RS 25/60r <i>4-Stufen, manuell</i>	Wilo Yonos-PICO 25/1-4 <i>elektronisch geregelt, hocheffizient</i>
Leistung	[W]	41 - 85	3 - 40
Stromverbrauch (bei 6.000 h/a)	[kWh/a]	388	50
Stromkosten (bei 22 Ct/kWh)	[€/a]	85	11
Investition	[€]	-	325
Amortisation	[a]		4
Typ		Wilo-P 50/125r <i>4-Stufen, manuell</i>	Wilo Stratos 40/1-8 <i>elektronisch geregelt, hocheffizient</i>
Leistung	[W]	max. 365	max. 310
Stromverbrauch (bei 6.000 h/a)	[kWh/a]	1.200	330
Stromkosten (bei 22 Ct/kWh)	[€/a]	265	73
Investition	[€]	-	1.725
Amortisation	[a]		9

**Hinweis:**

Die Angaben der technischen Daten sind dem Wilo- LCC- Check entnommen. Für die Stufen- Bestandpumpe wird von einer mittleren eingestellten Leistungsstufe ausgegangen. Bei der elektronisch geregelten Bestandpumpe sowie der Effizienzpumpe wird ebenfalls von einer mittleren Leistung nach den Randbedingungen des Wilo- LCC- Check ausgegangen. Die Investitionskosten sind dem Wilo- LCC- Check entnommen.

Belastungsprofil Blauer Engel			RS 25/60r	Stratos PICO 25/1-4
Strompreis	0,22 EUR/kWh	Energiebedarf	388,2 kWh/a	48,25 kWh/a
Betriebszeit	6.000 h/a	Energiekosten	85,40 EUR/a	10,62 EUR/a
		Gesamt-Betriebskosten	85,40 EUR/a	10,62 EUR/a
		Investitionskosten	0,00 EUR	324,00 EUR
		Summe der LCC-Kosten	1.803,52 EUR ((15) Jahre)	548,17 EUR ((15) Jahre)

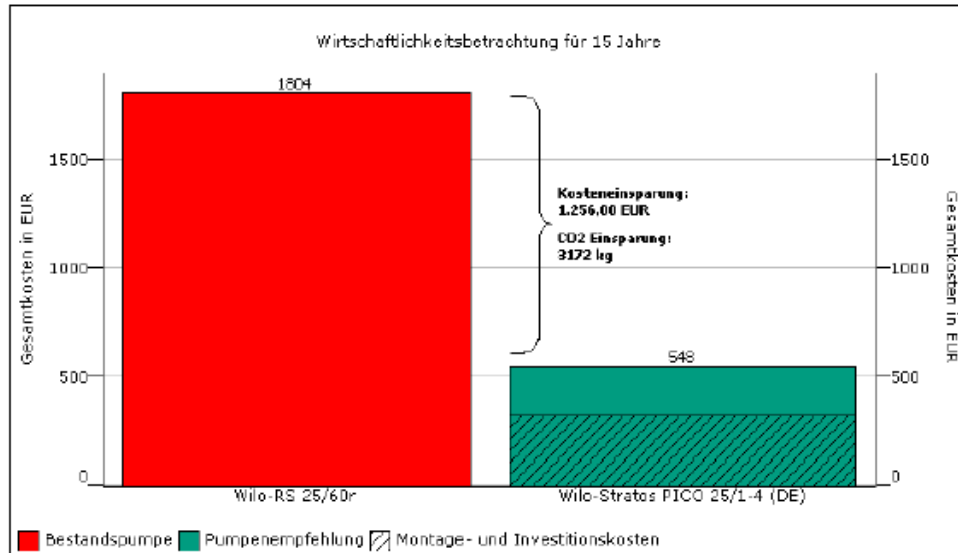


Abbildung 64: Berechnungsdaten nach Wilo- LCC- Check für Austausch Wilo-RS 25/60r

Belastungsprofil Blauer Engel			P 50/125r 3~	Stratos 40/1-8 CAN PN 6/1
Strompreis	0,22 EUR/kWh	Energiebedarf	1.196,0 kWh/a	327,8 kWh/a
Betriebszeit	6.000 h/a	Energiekosten	263,04 EUR/a	72,11 EUR/a
		Gesamt-Betriebskosten	263,04 EUR/a	72,11 EUR/a
		Investitionskosten	0,00 EUR	1.725,00 EUR
		Summe der LCC-Kosten	5.554,89 EUR ((15) Jahre)	3.247,85 EUR ((15) Jahre)

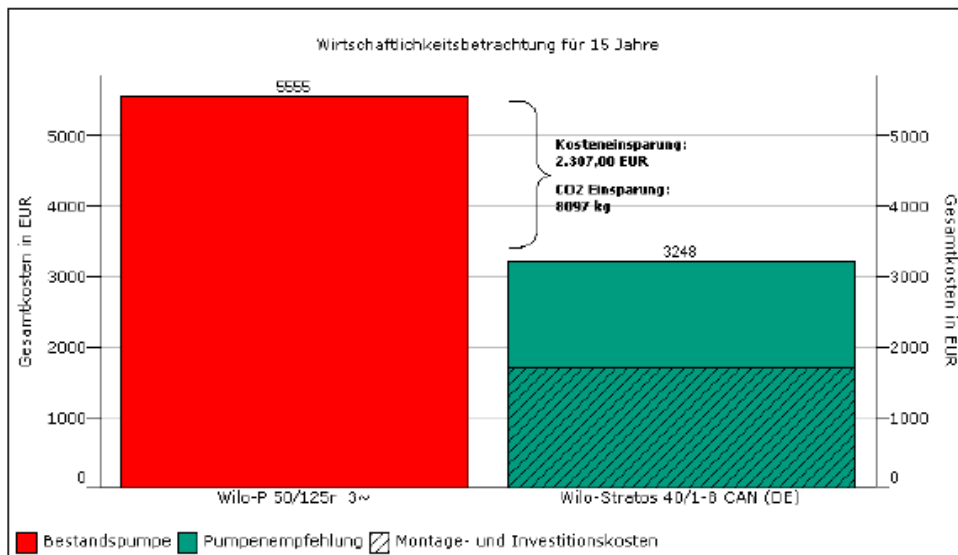
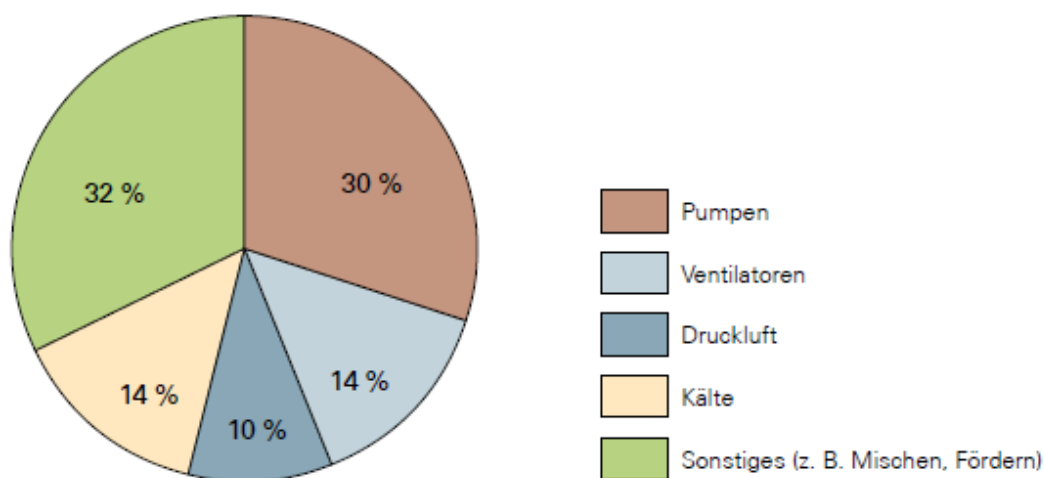


Abbildung 65: Berechnungsdaten nach Wilo- LCC- Check für Austausch Wilo-P 50/125r

## 12.4 Reduzierung bzw. Effizienzsteigerung im Stromverbrauch der Maschinen-, Anlagen- und Antriebstechnik im Sektor Industrie

Rund 70 % des Stromverbrauchs in Industriebetrieben entfallen auf den Bereich der elektrischen Antriebe. Mehr als die Hälfte dieses Bedarfs an elektrischer Energie werden für den Betrieb von Pumpen, Ventilatoren und Kompressoren benötigt. Die möglichen Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung im Bereich der Maschinen-, Anlagen und Antriebstechnik werden nachfolgend beschrieben.



**Abbildung 66: Die Verteilung des Stromverbrauchs im Bereich der Elektromotoren**  
 [Quelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt; Leitfaden für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe]

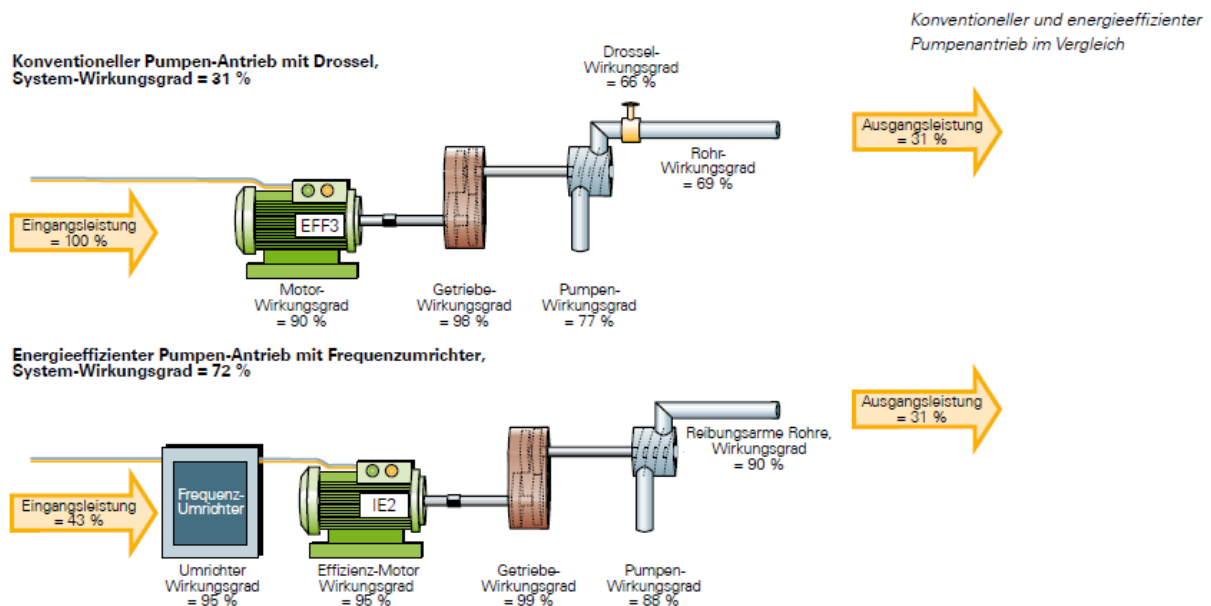
Elektromotoren unterteilen sich allgemein in drei Effizienzklassen (IE). Diese Aufteilung geschieht anhand des Wirkungsgrades des Elektromotors und gliedert sich in die folgenden Klassen:

- IE1: Standardwirkungsgrad
- IE2: Hocheffizienzmotor
- IE3: Premium-Effizienz-Motor

Der Wirkungsgrad des Elektromotors beschreibt die Effizienz bei der Umwandlung von elektrischer Eingangsenergie in mechanische Ausgangsenergie. Besonders bei kleineren Motoren sind die Unterschiede zwischen den einzelnen Effizienzklassen groß. Wird berücksichtigt, dass die Stromkosten in der Regel ca. 90 % der gesamten Lebenszykluskosten eines Elektromotors verursachen, amortisieren sich die Investitionskosten in einen Hocheffizienzmotor binnen weniger Jahre.

Über die Effizienz einer Antriebseinheit entscheidet nicht nur das Antriebsaggregat alleine. Auch bei Getrieben gibt es große Unterschiede im Wirkungsgrad. Für Einsätze in wechselnde Lastbereiche empfiehlt sich in der Regel zudem ein Frequenzumrichter, der die Leistung dem jeweiligen Bedarf anpasst.

In Abbildung 43 wird ein elektrischer Antrieb in herkömmlicher und in optimierter Ausführung miteinander verglichen.



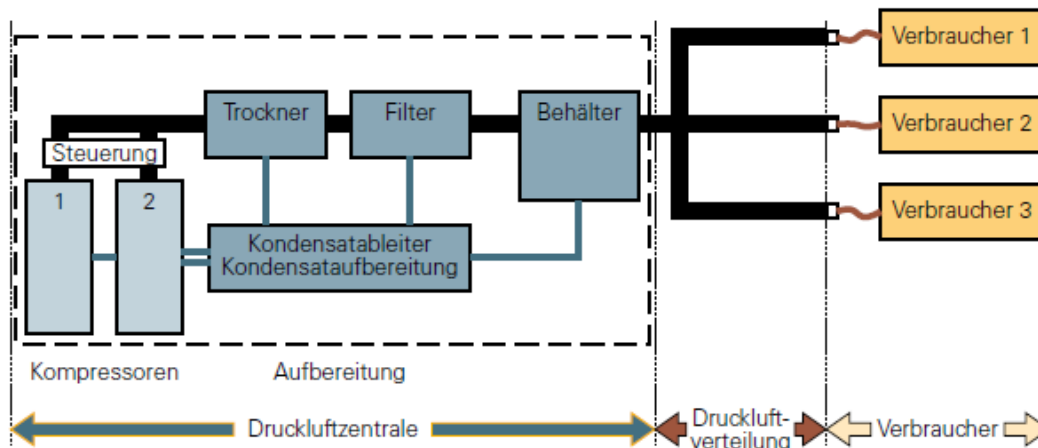
**Abbildung 67: Der Vergleich eines konventionellen und optimierten elektrischen Antriebs**  
*[Quelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt; Leitfaden für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe]*

Zum Erreichen der identischen Ausgangsleistung (31 %) ist beim optimierten elektrischen Antrieb lediglich eine Eingangsleistung von 43 % des konventionellen Pumpenantriebs notwendig.

Dieser einfache Vergleich zeigt, dass eine Optimierung des Gesamtsystems (Motor, Leistungsregelung, Kraftübertragung) einschließlich Prozessoptimierung nahezu 60 % an elektrischer Energie einsparen kann.

## Druckluftsysteme

In Industrie- und Gewerbe/Handwerksbetrieben liegt der jährliche Energiebedarf für Druckluft bei durchschnittlich 10 % des Strombedarfs. In Abbildung 44 ist ein grober schematischer Aufbau eines Druckluftsystems dargestellt.



**Abbildung 68: Der Aufbau eines Druckluftmotors**

*[Quelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt; Leitfaden für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe]*

Ein übliches Druckluftsystem ist in drei Bereiche aufgeteilt. Diese wären im Einzelnen:

- Erzeugung und Aufbereitung (Druckluftzentrale)
- Verteilung (Druckluftverteilung)
- Anwendung und Verbrauch (Verbraucher)

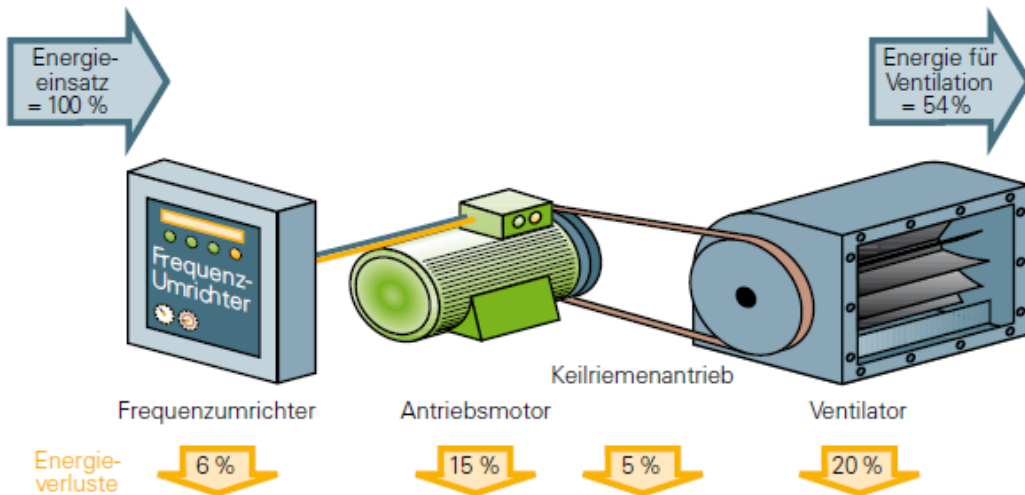
Um die Optimierungspotentiale in einem Druckluftnetz aufdecken zu können, müssen diese drei Bereiche eines Druckluftsystems betrachtet werden. Die am häufigsten aufgedeckten Verbesserungsmöglichkeiten sind:

- Vermeidung von Leckagen
- richtige Wahl des Druckniveaus
- Optimierung von Regelung und Steuerung
- richtige Dimensionierung von Kompressor, Netzanschlüssen und Verbindungen
- Nutzung von Kompressorabwärme

Durch Realisierung der verschiedenen Verbesserungspotentiale im Bereich der Druckluftsysteme kann ein Einsparpotential von rund 30 % erreicht werden.

## Lüftungs-, Klima- und Kälteanlagen

Der jährliche Bedarf an elektrischer Energie für Lüftungs- und Klimaanlage in Gewerbe und Industriebetrieben beträgt in Deutschland rund 15 % des jährlichen Bedarfs an elektrischer Energie.



**Abbildung 69: Der schematische Aufbau einer Kälteanlage**

**[Quelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt; Leitfaden für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe]**

In Abbildung 45 ist der schematische Aufbau einer Kälteanlage dargestellt. Durch die einzelnen Anlagenkomponenten eines solchen Systems entstehen Verluste von rund 45 %. Die häufigsten Maßnahmen zur Effizienzsteigerung sind:

- Eine bedarfsgerechte Steuerung und Regelung,
- ein effizienter Betrieb, bzw.
- die Erneuerung einzelner Anlagenkomponenten

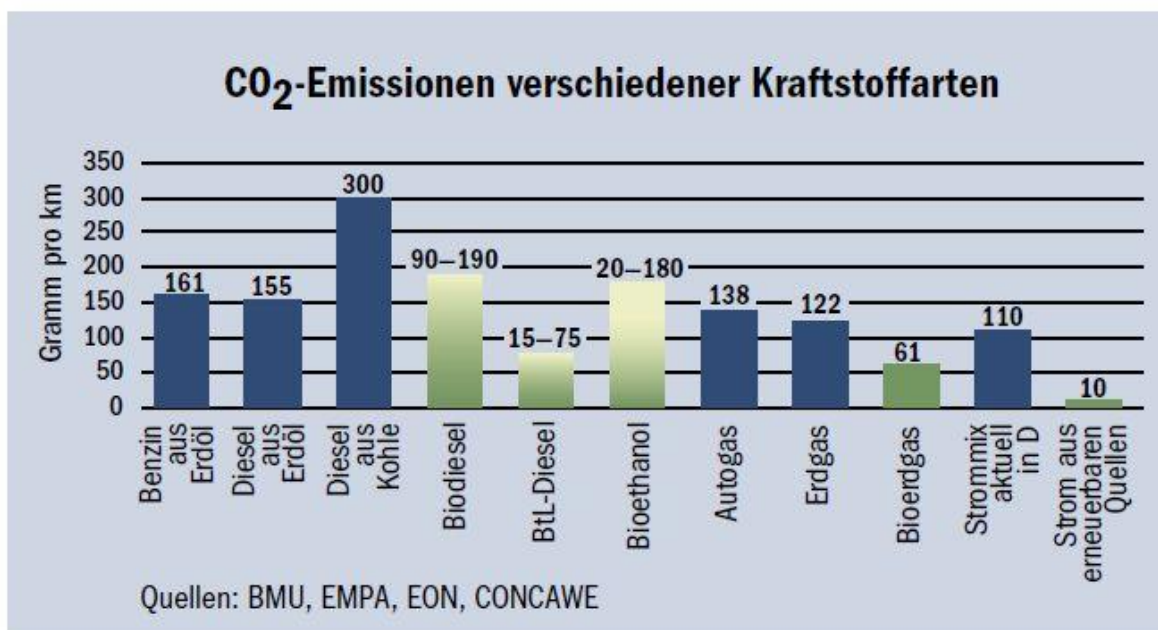
Durch die Verwirklichung der einzelnen Potentiale kann eine Energieeinsparung im Bereich der Lüftungs-, Klima- und Kälteanlagen von rund 20 % erreicht werden

## 12.5 Wissenschaftliche Erkenntnisse und Zukunftsszenarien im Sektor Verkehr

Nachfolgend werden allgemeine wissenschaftliche Erkenntnisse (Umstieg auf alternative Kraftstoffe, effizientere Treibstoffnutzung, Wasserstofftechnik und Elektromobilität) dargestellt, sowie Zukunftsszenarien beschrieben, welche die Mobilität künftig prägen könnten.

### Umstieg auf alternative Treibstoffe

Benzin und Diesel werden voraussichtlich bis mindestens ins Jahr 2050 verfügbar sein. Der Anteil fossiler Kraftstoffe wird aber stark zurückgehen, da die Ölförderkosten steigen und die Preise alternativer Energien und Antriebskonzepte damit konkurrenzfähiger werden.



**Abbildung 70: Die CO<sub>2</sub>-Emissionen verschiedener Kraftstoffarten**  
**[Quelle: ADAC Zukunftstechnologien – Was uns morgen antreiben wird]**

In Abbildung 46 sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen der verschiedenen fossilen wie auch erneuerbaren Treibstoffe dargestellt. Autogas und Erdgas stellen eine sinnvolle Alternative zu Benzin und Diesel dar und haben das Potential, mehr Marktanteile zu gewinnen. Erdgas und Autogas können nach entsprechender Modifizierung der bestehenden Motortechnologie in Ottomotoren verwendet werden.

Ebenfalls großes Potential wird den Biokraftstoffen zugeschrieben. Biodiesel z.B. wird durch chemische Umesterung aus Pflanzenöl hergestellt, wodurch Fließfähigkeit und Zündwilligkeit verbessert werden. Ebenso ist es auch möglich, reines Pflanzenöl in dazu umgerüsteten Dieselmotoren einzusetzen.

### Effizientere Treibstoffnutzung

Eine effiziente Treibstoffnutzung durch verschiedene neuartige Technologien bzw. neue Erkenntnisse bei der Motormodifizierung bieten enorme Einsparpotentiale. Den größten Beitrag zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen hat in den vergangenen Jahren die Dieselsechnologie geleistet. Eine bedeutende Entwicklung dieser Technologie war die Einführung des Common-Rail-Systems.

In Zukunft jedoch bietet der Ottomotor wahrscheinlich die größten Einsparpotentiale hinsichtlich des Kraftstoffverbrauchs und des daraus resultierenden CO<sub>2</sub>-Ausstoßes. Hier gibt es bereits eine Vielzahl an Technologien, wie der Benzin-Direkteinspritzung, die Kraftstoffersparnis von bis zu 15 % möglich machen.

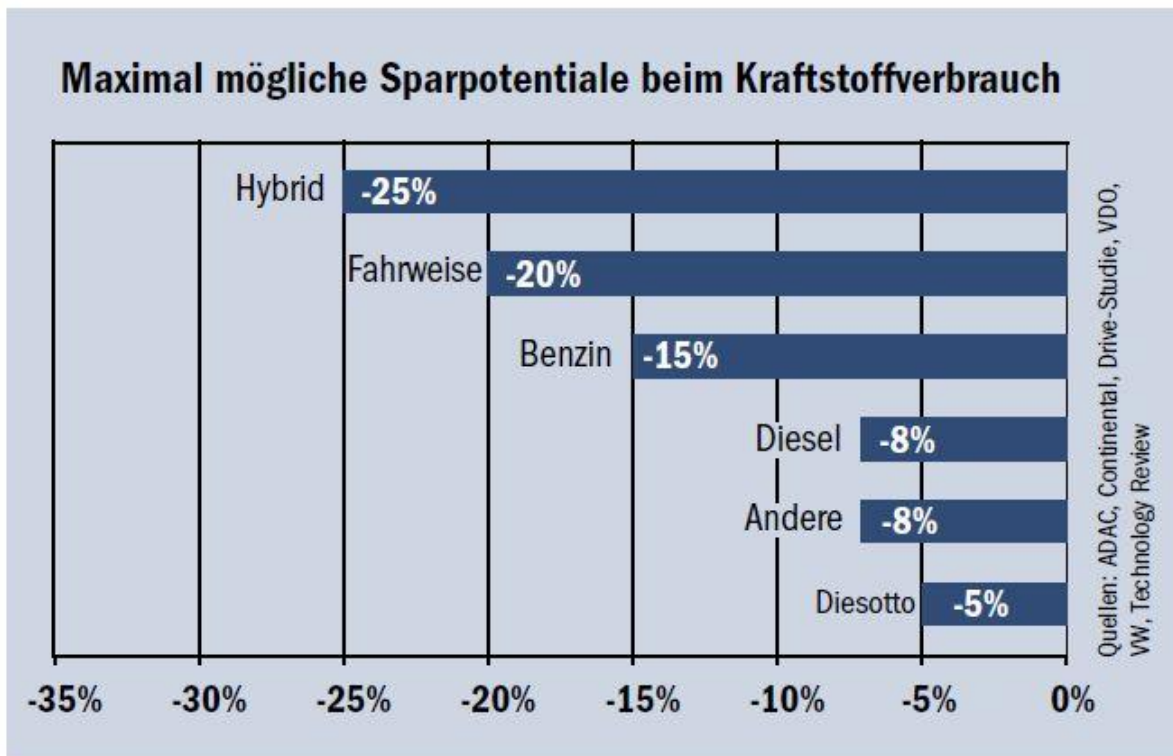
Seit geraumer Zeit wird eine neue Motorgeneration entwickelt, der „Diesotto“ Motor. Dieser soll die Vorteile der beiden konventionellen Motoren zusammenführen, einerseits die geringen Emissionen des Ottomotors und andererseits den geringen Kraftstoffverbrauch des Dieselmotors.

Weitere Einsparpotentiale ergeben sich bei Otto- und auch bei Dieselmotoren durch das „Downsizing“ des Motors. Hier wird der Motor mit einem kleinerem Hubraum ausgestattet. Der Leistungsverlust durch die Hubraumverkleinerung wird mittels Aufladung des Motors kompensiert. Durch diese Methode verringern sich der Kraftstoffverbrauch und somit auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Ebenfalls Einsparpotentiale bietet die Start-Stopp-Automatik. Diese schaltet bei Stillstand an einer roten Ampel den Motor ab, bei Betätigung des Kupplungspedals wird dieser binnen kurzer Augenblicke wieder gestartet.

Enorme Potentiale zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen bietet der Hybridantrieb. Dieser kombiniert verschiedene Antriebsprinzipien. Am häufigsten findet hier der Benzin-Elektromotor seine Anwendung. Zurzeit wird aber auch eine Kombination aus Diesel- und Elektromotor erprobt.

In Abbildung 47 sind die Einsparpotentiale der verschiedenen Möglichkeiten dargestellt.



**Abbildung 71: Die maximal möglichen Einsparpotentiale beim Kraftstoffverbrauch**  
 [Quelle: ADAC Zukunftstechnologien – Was uns morgen antreiben wird]

### Wasserstofftechnik

Auf der Suche nach Ersatz für fossile Brennstoffe wird langfristig Wasserstoff als zukunftsfähiger Energieträger angesehen. Die lokale Emissionsfreiheit ist ein klarer Vorteil des Wasserstoff-Fahrzeuges.

Wasserstoff kommt in der Natur aber nur in gebundener Form vor – d.h. er muss erst unter hohem Energieeinsatz gewonnen werden. Ein wesentlicher Beitrag zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Verkehr ist daher erst möglich, wenn die Wasserstofferzeugung mittels regenerativer Energiequellen erfolgt.

Brennstoffzellen-Fahrzeuge werden wie Elektrofahrzeuge von einem Elektromotor angetrieben. Der hierfür erforderliche Strom wird jedoch nicht in einer Batterie mitgeführt, sondern in der Brennstoffzelle im Fahrzeug erzeugt. Dies erfolgt durch die Umkehrung der Elektrolyse.

Die Reichweite eines Pkw mit gasförmigem Wasserstoff und Brennstoffzelle liegt heute bei nur 150 Kilometern. Flüssig besitzt Wasserstoff zwar die höchste Energiedichte (ca. 33 kWh/kg, im Vergleich zu Benzin mit ca. 12 kWh/kg) und würde höhere Reichweiten ermöglichen, er muss aber in diesem Zustand auf minus 253°C gekühlt werden, die notwendige Isolation benötigt einen Großteil des Tankvolumens und der Kraftstoff entweicht mit zunehmender Temperatur aus dem Tank durch Überdruck-Ventile.

Die Speicherung von Wasserstoff erfolgt in speziellen Tanks entweder gasförmig unter sehr hohem Druck von 350 bar oder flüssig bei minus 253°C mit spezieller Tank-Isolierung.

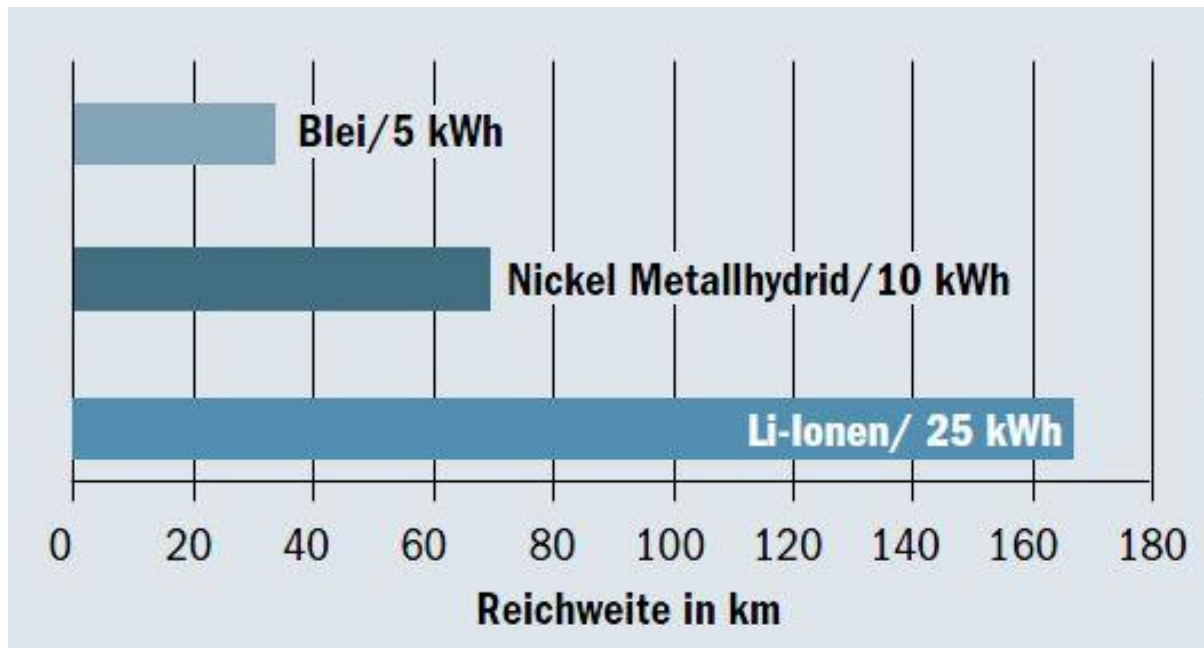
Das Problem bei Wasserstofffahrzeugen sind derzeit nicht nur die hohen Herstellungskosten, sondern auch die ungenügende Tankstellen-Infrastruktur. Die für diese Technologie sehr wichtige Infrastruktur muss also erst noch vollständig aufgebaut werden, um eine ernsthafte Alternative zu den fossilen Treibstoffen darstellen zu können.

### Elektromobilität

Elektroautos beziehen ihre Energie über das Stromnetz und speichern sie in Batterien. Zusätzlich ist es möglich, wie beim Hybridauto die Bremsenergie durch Rückführung wieder zu verwerten (Rekuperation).

Entscheidend ist dabei die Kapazität der Akkus – sie müssen so viel Energie (Reichweite) wie möglich speichern und gleichzeitig eine hohe Leistungsdichte (Fahrleistung) garantieren.

Grundsätzlich problematisch bei Elektroautos ist das schlechte Verhältnis von Leistung zu Gewicht. Derzeit erreicht man je nach Motorisierung und Fahrzeugklasse eine Reichweite von rund 50 bis 100 km aus 100 kg Lithium-Ionen-Akkus. Im Vergleich zu konventionellen Automobilen können Elektrofahrzeuge mit den heutigen Energiespeichern noch keine vergleichbare Energiemenge mit sich führen, weswegen ihre Reichweite wesentlich geringer ist.



**Abbildung 72: Die unterschiedlichen Reichweiten mit verschiedenen Batterietypen**  
 [Quelle: ADAC Zukunftstechnologien – Was uns morgen antreiben wird]

Die Akkumulatorentechnologien entwickelten sich zwar in den letzten Jahren stark weiter, so dass höhere Energiedichten, ein schnelleres Aufladen und eine höhere Sicherheit erreicht werden konnten, dennoch ist die Energiedichte von Akkumulatoren immer noch deutlich kleiner als die von Flüssigbrennstoffen wie z.B. Benzin.

Des Weiteren können akzeptable Ladezeiten unter 15 min beim jetzigen Stand der Technik noch nicht realisiert werden. Ein normiertes Batterie-Austauschsystem oder eine Kombination mit einem Verbrennungsmotor als Stromgenerator könnten längere Fahrtstrecken möglich machen. Grundsätzlich muss erst ein neues Tankstellennetz aufgebaut werden.

Zukünftig könnte sogar überflüssiger Strom in die Autos eingespeist und bei Spitzenlast aus den Fahrzeugen entnommen werden, um das Stromnetz effizienter auszulasten.

Die Umweltbilanz der Fahrzeuge mit Elektromotor ist davon abhängig, woher die Energie stammt. Abbildung 46 zeigt, dass der derzeitige Strom-Mix in Deutschland einen CO<sub>2</sub>-Ausstoß in Höhe von 110 g/km ergibt. Würde die Herstellung der elektrischen Energie aus rein erneuerbaren Energiequellen erfolgen, kann dieser Wert auf 10 g/km reduziert werden – vorausgesetzt, dass technische Fragen in Bezug auf das Mehrgewicht oder den Batterieverbrauch positiv gelöst werden.