

Integriertes Klimaschutzkonzept für die Stadt Geretsried



Stadt Geretsried
...einfach anders!

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des
Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
unter dem Förderkennzeichen 03KS1061 gefördert.

Integriertes Klimaschutzkonzept für die Stadt Geretsried

Auftraggeber:

Stadt Geretsried
Karl-Lederer-Platz 1
82538 Geretsried

Auftragnehmer

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

Bearbeitungszeitraum: 03.2010 bis 12.2010

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	10
2	Die Energie- und CO₂-Emissionsbilanz im Ist-Zustand	12
2.1	Allgemeine Daten zum Stadtgebiet Geretsried	12
2.1.1	Geographische Daten.....	13
2.1.2	Einwohnerzahl.....	14
2.1.3	Entwicklung der Beschäftigungszahlen	15
2.1.4	Flächenverteilung	16
2.2	Die Charakterisierung der Verbrauchergruppen	17
2.2.1	Private Haushalte	17
2.2.2	Gewerbe, Industrie und Sonderkunden	17
2.2.3	Kommunale Liegenschaften	19
2.2.4	Verkehr	21
2.3	Der Energiebedarf an leitungsgebundenen Energieträgern in den einzelnen Verbrauchergruppen	23
2.3.1	Der elektrische Energiebedarf	23
2.3.1.1	Private Haushalte	24
2.3.1.2	Gewerbe, Industrie und Sonderkunden.....	25
2.3.1.3	Kommunale Liegenschaften.....	25
2.3.2	Der Erdgasbedarf	26
2.3.2.1	Private Haushalte	27
2.3.2.2	Gewerbe, Industrie und Sonderkunden.....	27

2.3.2.3 Kommunale Liegenschaften.....	27
2.4 Der Energiebedarf an nicht leitungsgebundenen Energieträgern in den einzelnen Verbrauchergruppen.....	29
2.4.1 Der Heizölbedarf	30
2.4.2 Der Kohlebedarf	30
2.4.3 Der Biomassebedarf.....	30
2.5 Der Anteil erneuerbarer Energien in den einzelnen Verbrauchergruppen ...	32
2.5.1 Photovoltaik.....	32
2.5.2 Solarthermie.....	34
2.5.3 Biomasse-Heizsysteme	34
2.5.4 Biomasse-KWK-Systeme	34
2.5.5 Windkraftanlagen	35
2.5.6 Wasserkraftanlagen	35
2.5.7 Geothermieanlagen/Wärmepumpen.....	36
2.6 Der Endenergieeinsatz in den einzelnen Verbrauchergruppen.....	37
2.6.1 Private Haushalte	37
2.6.2 Gewerbe, Industrie und Sonderkunden	38
2.6.3 Kommunale Liegenschaften	39
2.6.4 Verkehr	40
2.6.5 Zusammenfassung.....	41
2.7 Der Primärenergieeinsatz in den einzelnen Verbrauchergruppen.....	43
2.7.1 Private Haushalte	44
2.7.2 Gewerbe, Industrie und Sonderkunden	45

2.7.3	Kommunale Liegenschaften	47
2.7.4	Verkehr	48
2.7.5	Zusammenfassung	51
2.8	Der CO ₂ -Ausstoß in den einzelnen Verbrauchergruppen	53
2.8.1	Private Haushalte	54
2.8.2	Gewerbe, Industrie und Sonderkunden	55
2.8.3	Kommunale Liegenschaften	56
2.8.4	Verkehr	57
2.8.5	Zusammenfassung	58
3	Potentialbetrachtung zur Minderung der CO₂-Emissionen	60
3.1	Analyse der demographischen und regionalplanerischen Aspekte.....	60
3.2	Potentialbetrachtung im Bereich der privaten Haushalte	74
3.3	Potentialbetrachtung im Bereich Gewerbe, Industrie und Sonderkunden....	83
3.4	Potentialbetrachtung im Bereich der kommunalen Liegenschaften	91
3.5	Potentialbetrachtung im Bereich Verkehr.....	95
3.6	Potentialbetrachtung im Bereich der erneuerbaren Energien	102
3.6.1	Windkraft.....	106
3.6.2	Direkte Nutzung der Sonneneinstrahlung	115
3.6.3	Biomasse	120
3.6.4	Geothermie	127
3.6.5	Wasserkraft.....	132
4	Maßnahmenkatalog.....	136

4.1 Wärmekataster für die Stadt Geretsried.....	136
4.2 Ausarbeitung eines zielgruppenspezifischen Maßnahmenkataloges in den einzelnen Verbrauchergruppen.....	139
4.2.1 Maßnahmenkatalog für die Verbrauchergruppe „private Haushalte“.....	139
4.2.2 Maßnahmenkatalog für die Verbrauchergruppe „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“.....	142
4.2.3 Maßnahmenkatalog für die Verbrauchergruppe „kommunale Liegenschaften“	144
4.2.4 Maßnahmenkatalog für die Verbrauchergruppe „Verkehr“	148
4.3 Verbrauchergruppenübergreifende Maßnahmen.....	150
4.3.1 Informationen zu den Wärmeerzeugern	150
4.3.2 Variante A - Wärmebereitstellung durch ein geothermisches Kraftwerk.....	154
4.3.2.1 Der Gesamtwärmebedarf.....	156
4.3.2.2 Die Versorgungsvarianten A	158
4.3.2.3 Die Investitionskostenprognose	162
4.3.2.4 Die Emissionsbilanz der verschiedenen Varianten.....	163
4.3.3 Variante B - lokales Nahwärmeverbundnetz „OT Stein“.....	164
4.3.3.1 Der Gesamtwärmebedarf.....	166
4.3.3.2 Die Versorgungsvarianten B	168
4.3.3.3 Die Investitionskostenprognose	175
4.3.3.4 Die Emissionsbilanz der Varianten.....	176
4.3.4 Variante C - lokales Nahwärmeverbundnetz „OT Geretsried“	177
4.3.4.1 Der Gesamtwärmebedarf.....	179
4.3.4.2 Die Versorgungsvarianten.....	181

4.3.4.3	Die Investitionskostenprognose	188
4.3.4.4	Die Emissionsbilanz der Varianten.....	189
4.3.5	Variante D – lokales Nahwärmeverbundnetz „Schulzentrum“	190
4.3.5.1	Der Gesamtwärmebedarf.....	192
4.3.5.2	Die Versorgungsvarianten.....	194
4.3.5.3	Die Investitionskostenprognose	200
4.3.5.4	Die Emissionsbilanz der Varianten.....	201
4.3.6	Variante E – lokales Nahwärmeverbundnetz „OT Gartenberg“	202
4.3.6.1	Der Gesamtwärmebedarf.....	204
4.3.6.2	Die Versorgungsvarianten.....	206
4.3.6.3	Die Investitionskostenprognose	213
4.3.6.4	Die Emissionsbilanz der verschiedenen Varianten.....	214
4.3.7	Variante F – Erneuerung der Wärmeerzeugung in der Isardammschule ...	215
4.3.7.1	Der Jahreswärmebedarf.....	216
4.3.7.2	Die Versorgungsvarianten.....	218
4.3.7.3	Die Investitionskostenprognose	221
4.3.7.4	Die Emissionsbilanz der verschiedenen Varianten.....	222
4.3.8	Variante G – Sanierung der Gebäudehülle an Bestandsgebäuden.....	223
4.3.8.1	Baualterklasse I: Baujahr bis 1918.....	225
4.3.8.2	Baualterklasse II: Baujahr 1919 bis 1948	227
4.3.8.3	Baualterklasse III: Baujahr 1949 bis 1968	229
4.3.8.4	Baualterklasse IV: Baujahr 1969 bis 1978.....	231
4.3.8.5	Baualterklasse V: Baujahr 1979 bis 1983.....	233

4.3.8.6	Baualterklasse VI: Baujahr 1984 bis 1994.....	235
4.3.8.7	Zusammenfassung: Sanierung der Gebäudehülle an Bestandsgebäuden.....	237
5	Zusammenfassung und Handlungsempfehlung	238
6	Regionale Wertschöpfung durch die Umsetzung des kommunalen Klimaschutzkonzeptes durch Erneuerbare Energien	251
7	Ausarbeitung eines Konzeptes zur Erstellung einer fortschreibbaren CO₂-Bilanz mit Controlling Konzept	261
8	Ausarbeitung eines Konzeptes zur Öffentlichkeitsarbeit	265
9	Abbildungsverzeichnis	272
10	Tabellenverzeichnis	281
11	Quellenangaben	286
12	Anhang.....	289
12.1	Anhang 1: Energieberatungsbericht für ein Musterhaus Baujahr 1984 bis 1994	289

1 Einleitung

Der vorliegende Bericht beschreibt die Erarbeitung eines Klimaschutzkonzeptes für die Stadt Geretsried nach den Kriterien der Klimaschutzinitiative des BMU.

Zu Beginn wird in einer umfassenden Bestandsaufnahme die vorhandene Infrastruktur in der Stadt Geretsried erfasst. Neben allgemeinen Daten zur Stadt werden Verbrauchergruppen gebildet. Die Einteilung in die Verbrauchergruppen

- private Haushalte
- Industrie, Gewerbe und Sonderkunden
- kommunale Liegenschaften
- Verkehr

ist für die weiteren Schritte des Klimaschutzkonzeptes vorteilhaft. Anschließend werden die Energieströme im gesamten Gemeindegebiet, getrennt in leitungsgebundene (Strom, Erdgas) und nicht leitungsgebundene (Heizöl, Biomasse, etc.) Energieträger für jede Verbrauchergruppe erfasst und der Anteil erneuerbarer Energien ermittelt. Mit Kenntnis der Gesamtenergieströme kann der Primärenergieumsatz und der CO₂-Ausstoß der Stadt Geretsried berechnet werden.

Aufbauend auf die umfangreiche Situationsanalyse werden Potentiale zur Minderung der CO₂-Emissionen aufgezeigt. Zu Beginn wird eine grundsätzliche Strategieanalyse durchgeführt sowie die demographischen und regionalplanerischen Aspekte analysiert. Danach werden für die im Vorfeld gebildeten Verbrauchergruppen grundlegende Potentialbetrachtungen ausgearbeitet.

Anschließend werden die im vorangegangenen Schritt ermittelten Potentiale einem zielgruppenspezifischen und verbauchergruppenübergreifenden Maßnahmenkatalog zugeordnet. Diese Maßnahmenkataloge beschreiben die Entwicklung des Primärenergieverbrauchs und des CO₂-Ausstoßes in den einzelnen Verbrauchergruppen und der Stadt Geretsried aufbauend auf dem Ist-Zustand als fortschreibbare Bilanz. Der erarbeitete Maßnahmenkatalog ist die Handlungsbeschreibung für die beteiligten Akteure in den Verbrauchergruppen.

Darauf aufbauend werden die Maßnahmenkataloge einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unterzogen. Dabei wird eine Investitionskostenprognose durchgeführt und die Marketing- und Personalkosten zur Umsetzung des Klimaschutzkonzepts kalkuliert. In einer Vollkostenrechnung werden die Energiegestehungskosten im Ist-Zustand und zukünftiger Energieversorgungsvarianten gegenübergestellt.

Anschließend werden die Auswirkungen auf die regionale Wertschöpfung durch die Umsetzung des zeitlich gestaffelten Klimaschutzkonzeptes erläutert.

Letztlich wird eine Empfehlung abgegeben, wie das vorliegende Klimaschutzkonzept umgesetzt werden kann.

Als Datengrundlage wurden die zur Verfügung gestellten Unterlagen und Aufzeichnungen, sowie bei verschiedenen Vor-Ort Terminen aufgenommenen Daten verwendet.

Sofern im Falle entgeltlicher Beratungen Ersatzansprüche behauptet werden, beschränkt sich der Ersatz bei jeder Form der Fahrlässigkeit auf das gezahlte Honorar.

2 Die Energie- und CO₂-Emissionsbilanz im Ist-Zustand

Grundlage für ein kommunales Klimaschutzkonzept ist eine möglichst detaillierte Aufnahme der Energie- und CO₂-Emissionsbilanz im Bilanzierungsraum. Im nachfolgenden Kapitel wird die Entwicklung des Energieverbrauchs sowie der Treibhausgasemissionen der letzten Jahre für die Stadt Geretsried dargestellt. Aufbauend auf diesen Daten wird eine Energie- und CO₂-Emissionsbilanz für das betrachtete Gebiet im Ist-Zustand erstellt.

2.1 Allgemeine Daten zum Stadtgebiet Geretsried

Die Entwicklung der CO₂-Emissionen der Stadt Geretsried ist nicht nur von Klimaschutzmaßnahmen abhängig, sondern auch von der allgemeinen Entwicklung der Nachfrage nach Energie.

Um die Bilanzen im Ist-Zustand erstellen zu können, müssen zuvor verschiedene Entwicklungen betrachtet werden. Allgemeine Daten, wie die geografische Lage, die Flächenverteilung, die Entwicklung der Einwohnerzahlen sowie die der sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten sind Grundlagen für die zuvor erwähnte Betrachtung. Als Beispiel hierfür wäre eine stetige Zunahme der Bevölkerungszahlen, die direkten Einfluss auf den Bedarf an Wohnraum hat, anzuführen. Dieser Zuwachs hat einen höheren Energiebedarf im Sektor des Raumwärmebedarfs zur Folge. Ein weiterer Indikator ist die Veränderung der sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten, da diese die konjunkturelle Lage der Region wiedergibt, und somit auch direkt auf den Energiebedarf im Sektor Industrie und Gewerbe Einfluss hat. Ebenso ausschlaggebend ist eine Veränderung der Flächenaufteilung im betrachteten Bilanzierungsgebiet, da eine Zunahme der Wohnflächen im Stadtgebiet Geretsried auf eine Erhöhung der Bevölkerungszahlen schließen lässt. Um die Veränderungen der CO₂-Emissionen besser interpretieren zu können, müssen diese Entwicklungen vorab erfasst und analysiert werden.

2.1.1 Geographische Daten

Die Gemeinde Geretsried, bestehend aus den Ortsteilen Gelting, Gartenberg, Geretsried und Stein liegt etwa 35 Kilometer südlich der bayerischen Landeshauptstadt München und circa zehn Kilometer östlich des Starnberger Sees. Sie befindet sich auf 605 Meter über Normalnull.



Abbildung 1: Luftaufnahme von Geretsried und Umland [2]

Das Stadtgebiet Geretsried liegt zwischen den Flüssen Loisach und Isar und grenzt nördlich an die Nachbarstadt Wolfratshausen, mit der sie ein gemeinsames Mittelzentrum bildet.

2.1.2 Einwohnerzahl

Die Bevölkerungszahlen im Stadtgebiet Geretsried blieben im betrachteten Zeitraum nahezu unverändert. Bei der letzten Bestimmung der Bevölkerungszahlen im Jahr 2008 betragen diese 23.338 Einwohner. Dies entspricht einer Bevölkerungsdichte von 949 Einwohnern je km². Wie in Abbildung 2 zu erkennen ist, konnte ein leichter Zuwachs in den Jahren 1998 bis 2008 von 2,8 % registriert werden.

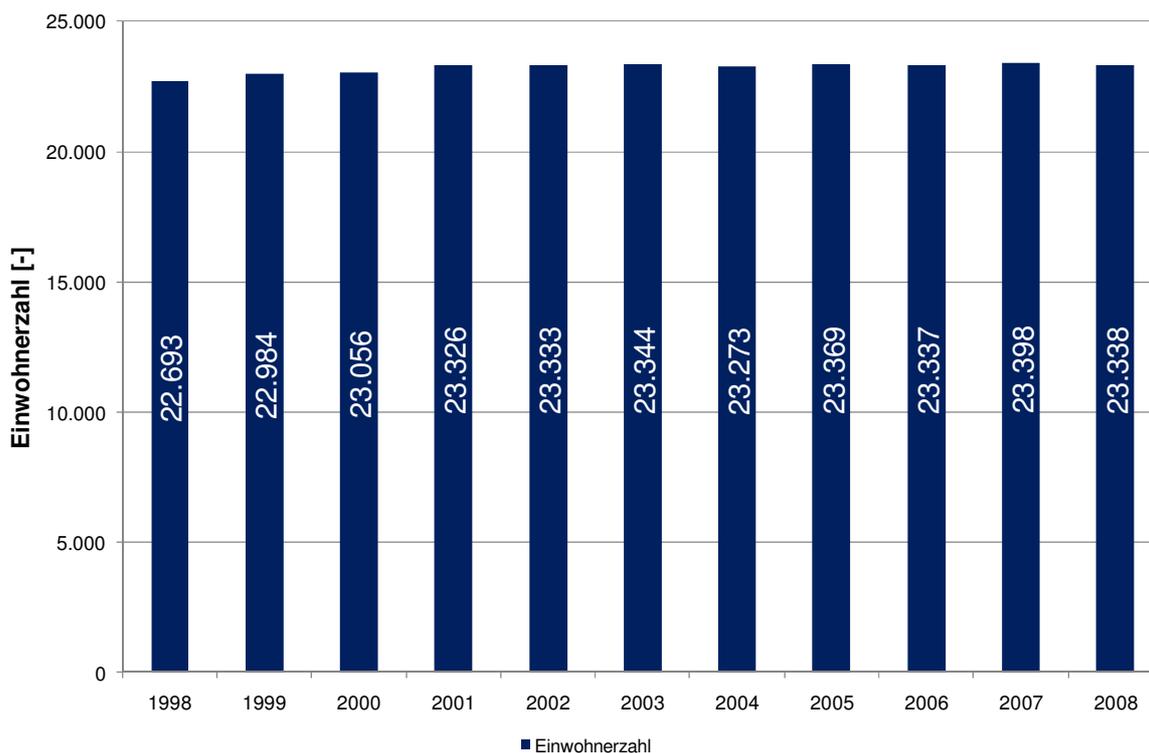


Abbildung 2: Die Entwicklung der Einwohnerzahlen im Stadtgebiet Geretsried [1]

2.1.3 Entwicklung der Beschäftigungszahlen

Die Anzahl der sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten im Stadtgebiet Geretsried nahm im Zeitraum von 2002 bis 2007 um 4,7 % ab. Wie in Abbildung 3 zu erkennen ist, entwickelten sich die Beschäftigungszahlen im betrachteten Zeitraum jedoch sehr unterschiedlich. Im Bereich „produzierendes Gewerbe“ kam es zu einer Abnahme von 10,6 %, im Sektor „sonstige Dienstleistungen“ wurde ebenfalls eine Abnahme von 2,8 % verzeichnet. Im Bereich „Handel, Gastgewerbe, Verkehr“ konnte jedoch eine Zunahme von 7,9 % festgestellt werden.

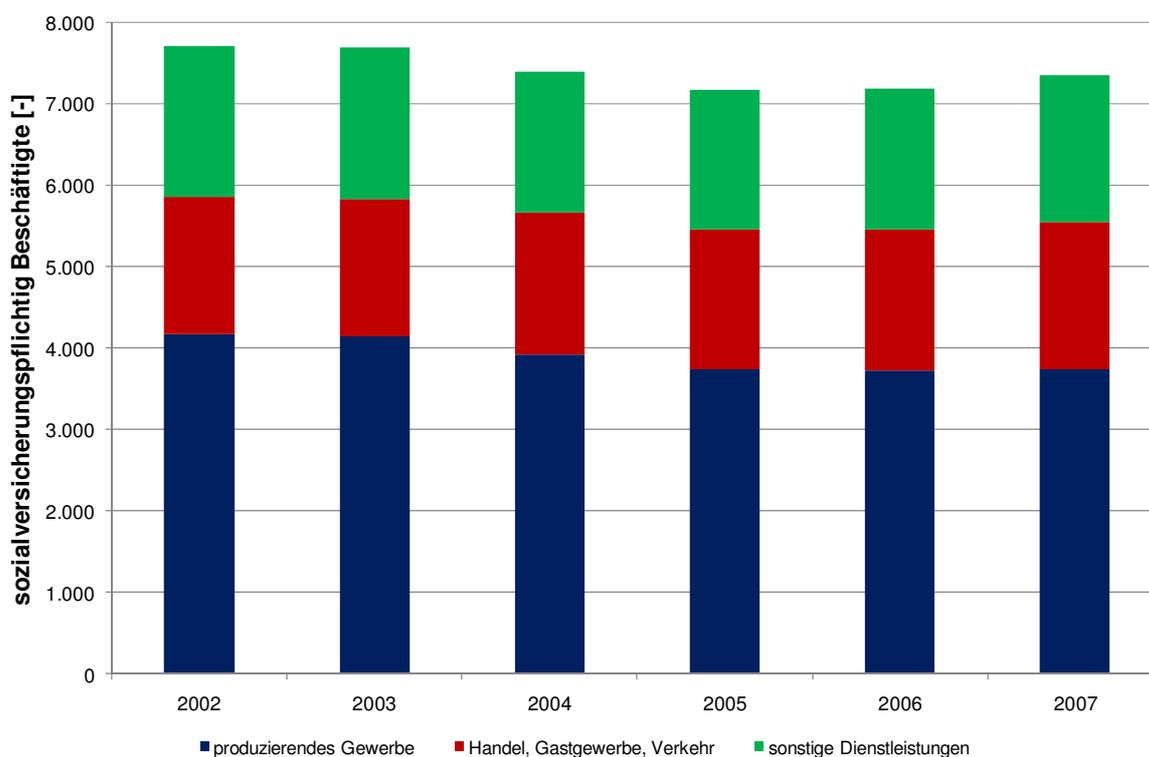


Abbildung 3: Die Entwicklung der Beschäftigungszahlen im Stadtgebiet Geretsried [1]

2.1.4 Flächenverteilung

Wie aus Abbildung 4 ersichtlich wird, veränderte sich die Aufteilung der Flächen im Stadtgebiet Geretsried im Zeitraum von 1980 bis 2004 nur geringfügig in den Bereichen der „Landwirtschaftsfläche“ und der „Gebäude- und Freifläche“. Der Sektor „Gebäude- und Freifläche“ konnte eine Zunahme von 4,2 % auf Kosten von Landwirtschaftsfläche verzeichnen.

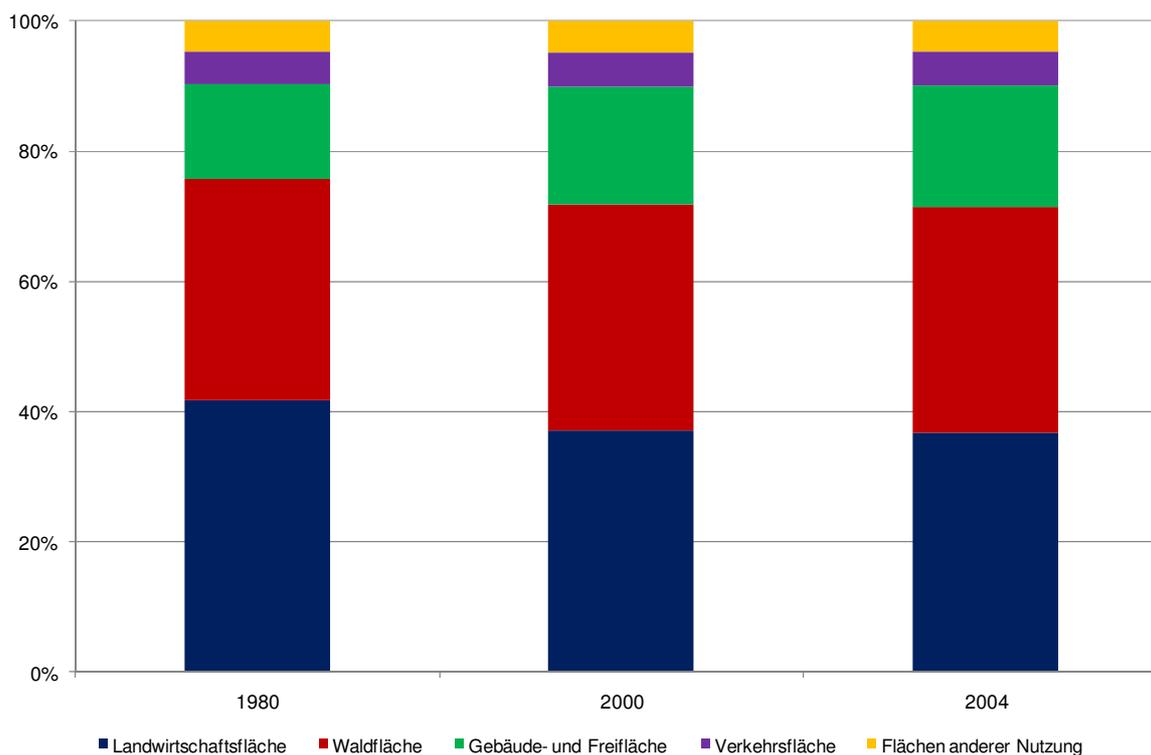


Abbildung 4: Die Entwicklung der Flächenverteilung im Stadtgebiet Geretsried [1]

In den Sektoren „Waldfläche“, „Verkehrsfläche“ und „Flächen anderer Nutzung“ fand keine wesentliche Veränderung statt, die zu berücksichtigen ist. Die Gemeinde Geretsried weist eine Nutzfläche von 2.459 Hektar auf.

Tabelle 1: Die Verteilung der Flächen nach ihrer Nutzungsart (Stand 2004) [1]

Nutzungsart	Fläche [ha]
Landwirtschaftsfläche	904
Waldfläche	851
Gebäude- und Freifläche	459
Verkehrsfläche	131
Flächen anderer Nutzung	114
Summe	2.459

2.2 Die Charakterisierung der Verbrauchergruppen

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

- Private Haushalte
- Gewerbe, Industrie und Sonderkunden
- Kommunale Liegenschaften
- Verkehr

2.2.1 Private Haushalte

Der Sektor „private Haushalte“ umfasst die Einzelpersonen und Gruppen von Einzelpersonen in ihrer Funktion als Konsumenten und gegebenenfalls auch in ihrer Eigenschaft als Produzenten, die marktbestimmte Waren, nichtfinanzielle und finanzielle Dienstleistungen produzieren, soweit nicht Quasi-Kapitalgesellschaften gebildet werden. Eingeschlossen sind Personen und Personengruppen, die Waren und nichtfinanzielle Dienstleistungen produzieren, die ausschließlich für die eigene Endverwendung bestimmt sind. [42]

2.2.2 Gewerbe, Industrie und Sonderkunden

Die Verbrauchergruppe „Gewerbe“ definiert sämtliche Liegenschaften, die eine gewerbliche Tätigkeit selbständig, regelmäßig und in Ertragsabsicht ausführen. Selbständig bedeutet im Sinne der Gewerbeordnung auf eigene Rechnung und Verantwortlichkeit. Regelmäßig ist, wenn die Absicht besteht, die Handlung mehr als einmal durchzuführen, die Tätigkeit an mehr als eine Person angeboten wird oder diese Tätigkeit längere Zeit beansprucht. [3]

Ein Gewerbe ist jede gewerblich ausgeführte Tätigkeit, die nicht explizit ausgenommen ist.

Ausgenommen sind:

- Land- und Forstwirte mit den Nebengewerben
- Bergbau
- häusliche Nebenbeschäftigungen
- Selbstständig im Sinne des EStG
- Banken und Versicherungen
- Luft- und Eisenbahnunternehmen
- Energieerzeuger
- Herstellung und Verkauf von Waffen
- Tätigkeit unter Monopol
- Obdachlosen- und Armenbetreuung

Der Sektor „Industrie“ beinhaltet den Teil der Wirtschaft, der gekennzeichnet ist durch Produktion und Weiterverarbeitung von materiellen Gütern oder Waren in Fabriken und Anlagen, verbunden mit einem hohen Grad an Mechanisierung und Automatisierung, im Gegensatz zur handwerklichen Produktionsform.

Der Bereich der „Sonderkunden“ umfasst den Bereich der Bezieher von leitungsgebundenen Energieträgern, die durch ihre hohen Abnahmemengen vergünstigte Tarife vom Energielieferanten erhalten.

2.2.3 Kommunale Liegenschaften

Im Rahmen des kommunalen Klimaschutzkonzeptes für die Stadt Geretsried werden folgende kommunale Liegenschaften betrachtet:

- Rathaus
Das Rathaus der Stadt Geretsried wurde im Jahre 1939 von den Rüstungswerken der Dynamit AG errichtet. Nach Kriegsende war die Liegenschaft im Besitz der Bayerischen Landesanstalt für Aufbaufinanzierung und wurde für Wohnzwecke genutzt. Ab 1950 wurden einige Räume des Gebäudes von der Gemeindeverwaltung bezogen. 1961 ging das Gebäude in den Besitz der Stadt Geretsried über und wurde fortan als Rathaus genutzt.
- Isardammschule
Die Isardammschule wurde im Jahre 1970 in Betrieb genommen. 1991 wurde das Schulgebäude erweitert. Im Jahre 2004 wurden das Schulgebäude und die dazugehörige Turnhalle generalsaniert.
- Karl-Lederer-Schule
Die Karl-Lederer-Schulen (Grund- und Hauptschule) wurden 1969 errichtet. Im Jahr 1970 wurde das bestehende Schulgebäude um ein weiteres Schulhaus erweitert, das seitdem die Grundschulklassen beherbergt. Im gleichen Jahr wurde der bestehende Schulkomplex um eine Turnhalle erweitert. 1979 wurde eine Freisportanlage für die Karl – Lederer – Schulen fertiggestellt. Im Jahre 2001 wurde mit einem Anbau an das bestehende Schulgebäude begonnen. Im Zuge des Anbaus wurde eine Generalsanierung des Schulkomplexes durchgeführt. Beide Maßnahmen wurden 2005 fertiggestellt.
- Adalbert-Stifter-Schulen
Die Adalbert-Stifter-Schulen (Hauptschule, Realschule und Gymnasium) wurden 1975 erbaut. Im Jahr 1997 wurde für das bestehende Hauptschulgebäude eine Aufstockung vorgenommen. Die Hauptschule steht unter der Verwaltung der Stadt Geretsried, die Realschule und das Gymnasium werden vom Landkreis Bad Tölz-Wolfratshausen verwaltet.
- Jugendzentrum / Bücherei
Das Jugendzentrum wurde 1984 in der „Alten-Stifter-Schule“ errichtet. Das Gebäude selbst stammt aus den Anfangsjahren der Gemeindegründung. 1996 zog außerdem die Stadtbücherei in den ehemaligen Schultrakt.

- Eisstadion
Das Eisstadion wurde im Jahre 1973 fertiggestellt. 1983 wurde der Sportkomplex durch zusätzliche Umkleide- und Geräteräume erweitert.
- Hallenbad
Das Hallenbad beinhaltet einen Saunabereich und eine Hausmeisterwohnung. Der Komplex wurde im Jahre 1973 fertiggestellt.
- Ratsstuben
Die Ratsstuben ist eine Liegenschaft der Stadt, welche einen Saal mit Kegelbahn und zwei Wohneinheiten beinhaltet. Das Gebäude ist ein Anbau an das Rathaus und wurde im Jahr 1983 errichtet.
- Dorfschmiede
Die Dorfschmiede in Gelting wurde 1804 errichtet. Sie ging in den laufenden Jahren an mehrere Besitzer über, bis sie schließlich im Jahre 2001 von der Stadt Geretsried erworben wurde. Nach einer Generalsanierung wird die Dorfschmiede als Museumsstätte genutzt.
- Mütterzentrum
Das Mütterzentrum wurde 1997 eröffnet. Es wurde teilweise in das Wäschereigebäude der ehemaligen Rüstungswerke und späteren „Stifter-Schule“ errichtet.
- Feuerwehr
In der Gemeinde Geretsried existieren drei Feuerwehrstandorte. Die Feuerwehr Geretsried Nord, die Feuerwehr Geretsried Süd und die Feuerwehr Gelting. Die Feuerwehr Geretsried Süd wurde 1991 errichtet, das Feuerwehrhaus in Gelting 1926, die Feuerwache Nord 2007.
- Sportstätten
Die einzelnen Sportstätten in der Gemeinde Geretsried wurden in der gesamten Betrachtung in die Gruppe „Sportstätten“ zusammengefasst. Im Einzelnen wurden folgende Sportstätten verrechnet: Isarau-Stadion Mehrzweckgebäude, ESV-Sommerstockheim, FFG-Vereinsheim, Schützenheim, Eisstadion und die Turnhalle in Gelting.
- Friedhof
Die kommunale Liegenschaft „Friedhof“ beinhaltet den Friedhof in Geretsried, sowie das dazugehörige Wirtschaftsgebäude mit Aussegnungshalle.

- Pavillons am Neuen Platz
Die vier Pavillons wurden 1969 errichtet. Sie werden als Verkaufsfläche, Büros oder Kioske genutzt.
- Bauhof
Der Bauhof in Geretsried wurde 1986 errichtet. Er umfasst neben den Zweckbebauten auch einen Büro- und Wohnbereich. Der Bauhof wurde im Jahre 1987 erweitert und 1992 wurde der Dachbereich des Büro- und Wohngebäudes ausgebaut.
- Kindergärten der Stadt Geretsried
Der Kindergarten in Gelting und der Kindergarten am Robert – Schumann – Weg wurden für die weitere Betrachtung zusammengefasst. Der Kindergarten in Gelting wurde 1974 errichtet und der Kindergarten am Robert – Schumann – Weg im Jahre 1994.

2.2.4 Verkehr

Die Verbrauchergruppe „Verkehr“ definiert sich als die Raumüberwindung von Personen (Personenverkehr) und Gütern (Güterverkehr) unter Benutzung besonderer technischer und organisatorischer Einrichtungen.

Zur Berechnung der CO₂-Emissionen für diesen Sektor werden alle motorisierten Fahrzeuge mit CO₂-Emissionen aufgenommen. Folgende Typen wurden für das kommunale Klimaschutzkonzept des Stadtgebietes Geretsried in Betracht gezogen:

- Personenkraftwagen und Kombis
Nach der Richtlinie 70/156/EWG sind Personenkraftwagen Fahrzeuge mit mindestens vier Rädern. Es sind Kraftfahrzeuge, die nach ihrer Bauart und Ausstattung zur Beförderung von nicht mehr als neun Personen, inklusive Fahrzeugführer, geeignet und bestimmt sind. Ein Kombinationskraftwagen, kurz Kombi, ist eine Karosseriebauform für Personenkraftwagen mit besonders großem Ladevolumen.
- Lastkraftwagen
Ein Lastkraftwagen, kurz Lkw, ist ein Kraftfahrzeug mit starrem Rahmen, das vornehmlich zur Beförderung von Gütern oder anderen Lasten bestimmt ist, somit also den Nutzfahrzeugen zugeordnet sind. [46]

- Kraftomnibusse

Ein Kraftomnibus, kurz Bus, ist ein großes Straßenfahrzeug, das dem Transport zahlreicher Personen dient und mit mindestens acht Sitzplätzen ausgestattet ist. Ihre häufigste Anwendung findet diese Art der Personenbeförderung im Bereich des öffentlichen Personennahverkehrs. [46]

- Krafträder

Ein Kraftrad ist ein bewegtes, nicht an Gleise gebundenes, auf nicht mehr als zwei Rädern laufendes Landfahrzeug mit einem Hubraum von mehr als 50 ccm, oder mit einer durch die Bauart bestimmten Höchstgeschwindigkeit von mehr als 45km/h. [46]

- Sattelzugmaschinen

Eine Sattelzugmaschine ist ein Gespann aus einem Sattelzug, der technisch in der Regel auf einem Lkw-Fahrgestell basiert, und einem Sattelaufleger.

- Sonstige Fahrzeuge

Zu den sonstigen Fahrzeugen zählen die Sonderkraftwagen und die landwirtschaftlichen Fahrzeuge.

Sonderkraftwagen sind Kraftwagen, die nur für einen bestimmten Einsatzzweck verwendet werden. Hierzu zählen Müllfahrzeuge, Entsorgungsfahrzeuge, Unimogs, Feuerwehrwagen, Rettungswagen, Streufahrzeuge, Kehrfahrzeuge, Saugfahrzeuge und Spülfahrzeuge. Zu den Sonderkraftfahrzeugen werden ebenso die Multicars hinzugechnet. Dies ist die Bezeichnung für einen Klein- und Spezialtransporter, einen Geräteträger und eines Multifunktionsfahrzeugs.

Zu den landwirtschaftlichen Fahrzeugen zählen alle Nutzfahrzeuge, die in landwirtschaftlichen Betrieben zur Aufrechterhaltung der betrieblichen Funktion eingesetzt werden.

2.3 Der Energiebedarf an leitungsgebundenen Energieträgern in den einzelnen Verbrauchergruppen

Leitungsgebundene Energieträger werden durch Leitungen zum Verbraucher transportiert. Dies sind üblicherweise Elektrizität, Erdgas und Nah- bzw. Fernwärme. In diesem Abschnitt wird der Energiebedarf an leitungsgebundenen Energieträgern in den Verbrauchergruppen „private Haushalte“, „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“ und „kommunale Liegenschaften“ dargestellt.

2.3.1 Der elektrische Energiebedarf

Die Verbraucher in der Stadt Geretsried beziehen zum Zeitpunkt der Datenerfassung überwiegend Strom vom örtlichen Lieferanten, der E.ON Bayern AG, mit Hauptsitz in Regensburg. Alle Stromverbräuche für die einzelnen Verbrauchergruppen wurden vom Energieversorgungsunternehmen zur Verfügung gestellt. In der Stadt Geretsried wurden durch die verschiedenen Verbrauchergruppen insgesamt 106.381.000 kWh_{el} Strom verbraucht. Dieser Verbrauchswert stellt einen Durchschnittswert dar, der mithilfe der Stromabrechnungen der letzten 3 Jahre ermittelt wurde. [4]

Tabelle 2: Der elektrische Energiebedarf aufgeteilt nach den einzelnen Verbrauchergruppen [4]

Verbrauchergruppe	elektrischer Energiebedarf [kWh_{el}/a]
Gewerbe, Industrie und Sonderkunden	55.689.000
kommunale Liegenschaften	2.619.000
private Haushalte	48.073.000
Gesamt	106.381.000

Wie in Tabelle 2 zu erkennen ist, sind die Verbrauchergruppen „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“ mit einem Bedarf an 55.689.000 kWh_{el} und der Sektor „private Haushalte“ mit 48.073.000 kWh_{el} die höchsten Bezieher an elektrischer Energie. Der Bedarf an elektrischer Energie der Verbrauchergruppe „kommunale Liegenschaften“ mit 2.619.000 kWh_{el} ist im Vergleich zu den beiden anderen betrachteten Sektoren gering.

2.3.1.1 Private Haushalte

Der Sektor „private Haushalte“ mit einem Bedarf an elektrischer Energie von 48.073.000 kWh_{el} nutzt hiervon 45.245.000 kWh_{el} für Licht- bzw. Kraftstromzwecke, was einem prozentualen Anteil von 94,1 % entspricht. 2.828.000 kWh_{el} werden für Heizzwecke genutzt, was anteilig am gesamten Strombezug 5,9 % entspricht. Diese Nutzung der elektrischen Energie beinhaltet neben Elektrogebäudeheizungen auch das Heizen mit Wärmepumpen. [4]

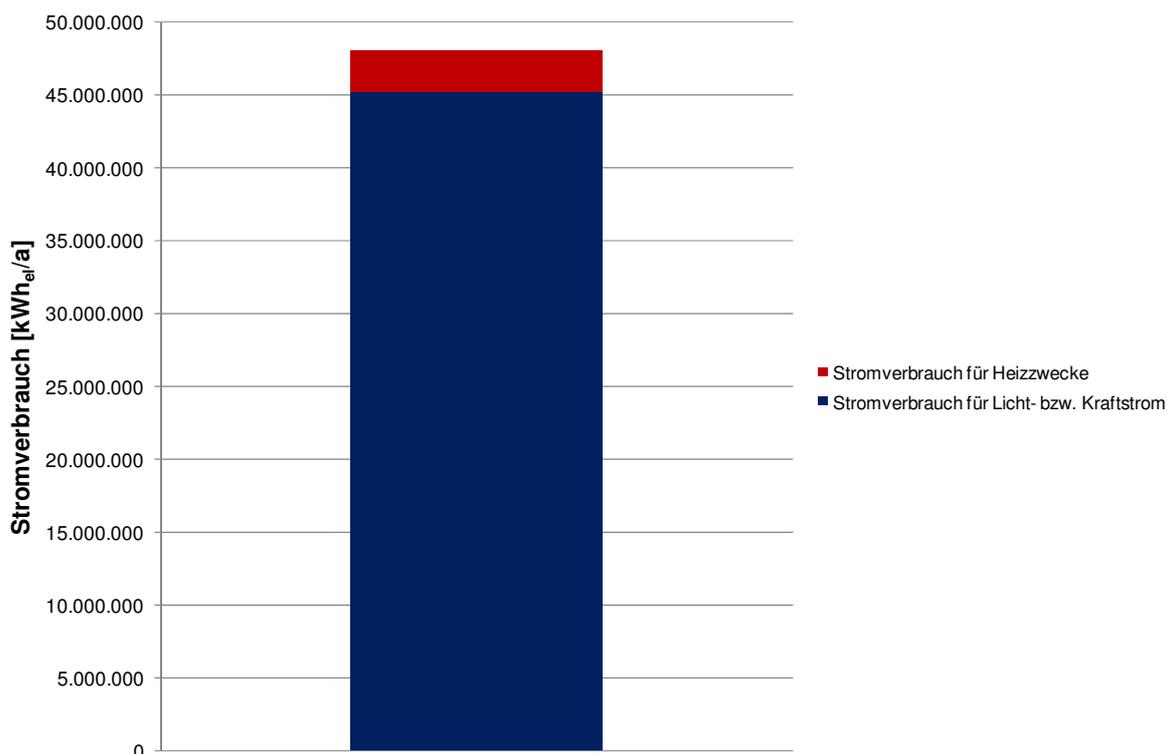


Abbildung 5: Der Stromverbrauch der privaten Haushalte im Abrechnungsjahr 2008 aufgeteilt nach den beiden Nutzungsarten [4]

Im Bilanzierungsraum „private Haushalte“ mit 13.010 Haushalten und einem jährlichen Stromverbrauch von 48.073.000 kWh_{el} ergibt sich ein jährlicher Durchschnittsstromverbrauch von 3.700 kWh_{el} pro Haushalt.

2.3.1.2 Gewerbe, Industrie und Sonderkunden

Der Bedarf an elektrischer Energie in der Verbrauchergruppe „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“ betrug im Abrechnungsjahr 2008 rund 55.689.000 kWh_{el}. Dieser Bedarf an elektrischer Energie in der Stadt Geretsried ist von allen betrachteten Verbrauchergruppen der höchste Wert. Eine genauere Betrachtung der Verteilung dieses Bedarfes war im Rahmen dieses kommunalen Klimaschutzkonzeptes nicht möglich, da die spezifischen Verbrauchsdaten der einzelnen Gewerbetreibenden nicht zur Auswertung zur Verfügung standen. [4]

2.3.1.3 Kommunale Liegenschaften

Die Verbrauchergruppe „kommunale Liegenschaften“ hat jährlich einen elektrischen Energiebedarf von 2.619.000 kWh_{el}. In nachfolgender Tabelle sind alle betrachteten kommunalen Liegenschaften, deren Daten im Rahmen des kommunalen Klimaschutzkonzeptes vorlagen, nach ihrem elektrischen Energiebedarf dargestellt. [4]

Tabelle 3: Der Stromverbrauch der kommunalen Liegenschaften im Abrechnungsjahr 2008 [4]

kommunale Liegenschaft	elektrischer Energiebedarf [kWh_{el}/a]
Straßenbeleuchtung	808.734
Eisstadion	347.998
Hallenbad	257.397
Ad. - Stifter - Schulen	224.881
Ratsstuben	154.559
K. L. Schulen	123.574
Rathaus	152.451
Jugendzentrum / Bücherei	76.352
Isardammshule	45.427
Festplatzgelände	21.360

In Abbildung 6 ist der Stromverbrauch der Verbrauchergruppe „kommunale Liegenschaften“ dargestellt. Es ist ersichtlich, dass sich dieser in den letzten drei Abrechnungszeiträumen nur unwesentlich veränderte.

Ebenfalls lassen sich die Liegenschaften mit den größten Stromverbräuchen identifizieren. In der Gemeinde Geretsried wären dies folgende Liegenschaften:

- „Straßenbeleuchtung“
- Eisstadion
- Hallenbad
- Ad.-Stifter-Schulen
- Ratsstuben

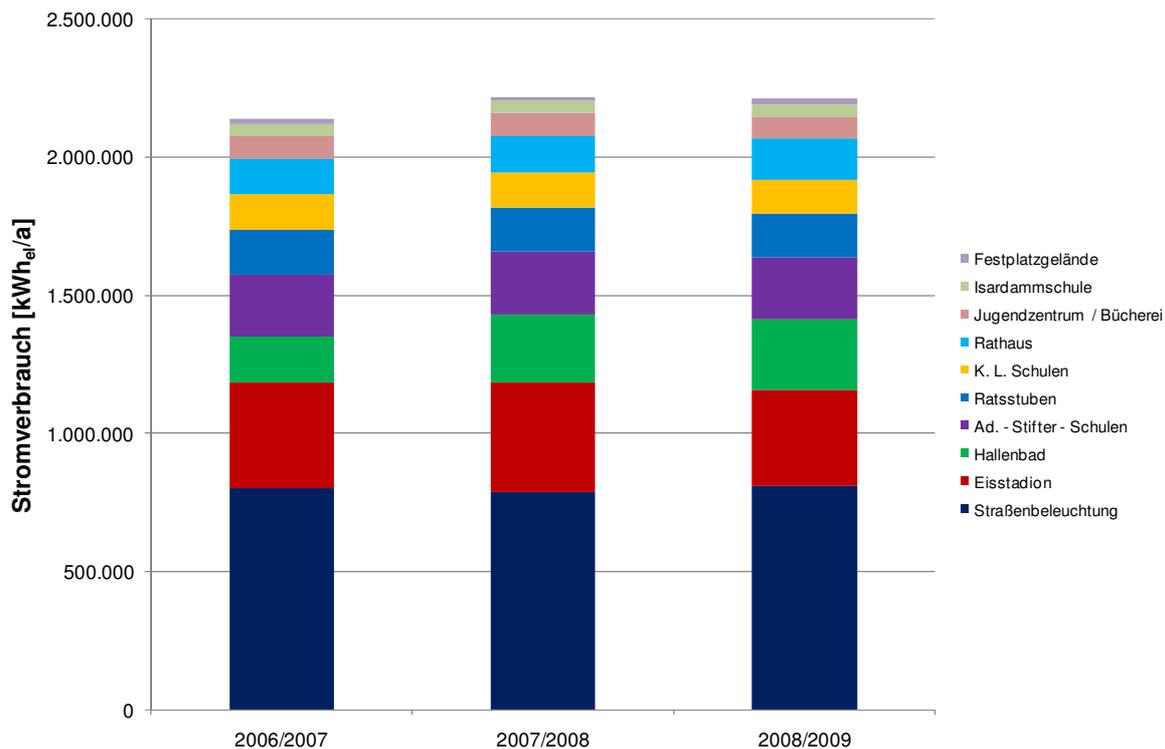


Abbildung 6: Der Stromverbrauch der kommunalen Liegenschaften (2006 bis 2009) [4]

2.3.2 Der Erdgasbedarf

Die Erdgasverbraucher in der Stadt Geretsried beziehen ihren jährlichen Bedarf an Erdgas hauptsächlich über den örtlichen Erdgasnetzbetreiber, die „Erdgas Südbayern GmbH“ mit Sitz in München. Die Erdgasverbräuche wurden vom Zeitraum Juli 2008 bis Juni 2009 zur Verfügung gestellt. In Geretsried wurden im ausgewerteten Zeitraum 202.080.000 kWh_{Hi} Erdgas bezogen.

Dieser Verbrauchswert von 202.080.000 kWh_{Hi} entspricht der Summe der Verbräuche der einzelnen Verbrauchergruppen und des Gesamtverbrauches des Ortsteiles Gelting, inklusive des Gewerbegebietes Gelting. Der Verbrauch dieses Ortsteiles konnte von der Erdgas Südbayern GmbH nicht unterteilt in Verbrauchergruppen zur Verfügung gestellt werden. Es konnte nur der gesamte Erdgasbedarf genannt werden, der sich auf rund 18.000.000 kWh_{Hi} belief. Überschlüssig kann hier ein Erdgasbedarf von rund 8.000.000 kWh_{Hi} der Verbrauchergruppe „private Haushalte“ zugeordnet werden, womit ein Erdgasbedarf von rund 10.000.000 kWh_{Hi} für die Verbrauchergruppe „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“ im Ortsteil Gelting resultiert.

Die nachfolgende Tabelle 4 spiegelt folglich nur den Erdgasbedarf der einzelnen Verbrauchergruppen wieder, ohne die des Ortsteiles Gelting.

Tabelle 4: Der Erdgasverbrauch aufgeteilt nach den einzelnen Verbrauchergruppen [5]

Verbrauchergruppe	Erdgasverbrauch [kWh_{Hi}/a]
Gewerbe, Industrie und Sonderkunden	101.237.000
kommunale Liegenschaften	5.916.000
private Haushalte	76.906.000
Gesamt	184.059.000

2.3.2.1 Private Haushalte

In der Verbrauchergruppe „privaten Haushalte“ wurden in der Stadt Geretsried im Zeitraum von Juli 2008 bis Juni 2009 76.906.000 kWh_{Hi} Erdgas verbraucht. [5]

2.3.2.2 Gewerbe, Industrie und Sonderkunden

Die Verbrauchergruppe „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“ in der Stadt Geretsried hatte im bereits oben erwähnten Zeitraum einen Erdgasbedarf von 101.237.000 kWh_{Hi}. [5]

2.3.2.3 Kommunale Liegenschaften

Die Verbrauchergruppe „kommunale Liegenschaften“ hat im gleichen betrachteten Zeitraum einen Erdgasbedarf von 5.916.000 kWh_{Hi}. In nachfolgender Tabelle sind alle betrachteten kommunalen Liegenschaften, deren Daten im Rahmen des kommunalen Klimaschutzkonzeptes vorlagen, nach ihrem Erdgasbedarf dargestellt.

Tabelle 5: Der Erdgasverbrauch der kommunalen Liegenschaften im Abrechnungszeitraum 2008/2009 [5]

kommunale Liegenschaft	Erdgasverbrauch [kWh_{Hi}/a]
Hallenbad	2.139.738
K.L. Schulen	870.053
Rathaus	673.262
Sportstätten	468.263
Feuerwehr	481.075
Isardammschule	408.780
Kindergärten	374.286
Friedhof	188.746
Bauhof	168.418
HM Stifter - Hauptschule	30.485

Wie aus Abbildung 7 ersichtlich ist, veränderte sich der Erdgasbedarf in der Verbrauchergruppe „kommunale Liegenschaften“ während der letzten drei Abrechnungszeiträume, bis auf das Hallenbad, nur unwesentlich.

Die Senkung des Erdgasverbrauchs im Hallenbad ist auf die Störung des installierten Erdgas-Blockheizkraftwerks, welches die Bücherei, das Eisstadion und das Hallenbad mit Wärme versorgt, und der Erneuerung der Schwimmbadtechnik zurückzuführen.

Ebenfalls lassen sich die Liegenschaften mit den größten Erdgasverbräuchen identifizieren. In der Stadt Geretsried wären dies folgende Liegenschaften:

- Hallenbad
- K. L. Schulen
- Rathaus
- Isardammschule

Die Liegenschaften Sportstätten und Feuerwehren sind in dieser Betrachtungsweise nicht zu den großen Verbrauchern zu zählen, da bei den Sportstätten verschiedene kleinere Verbraucher, die zu dieser Sparte hinzugezählt werden können, zusammengefasst wurden. Ebenso wurden beim Verbraucher Feuerwehr die einzelnen Wehren im Stadtgebiet Geretsried summiert.

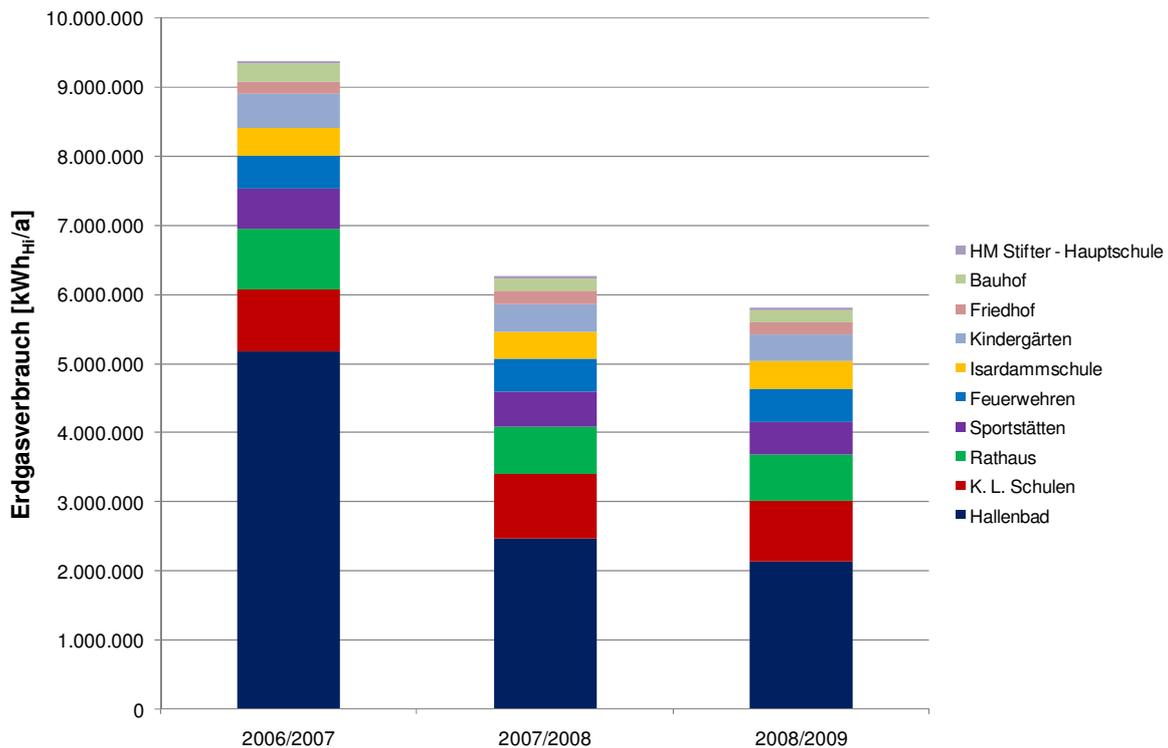


Abbildung 7: Der Erdgasverbrauch der kommunalen Liegenschaften der letzten drei Abrechnungszeiträume [5]

2.4 Der Energiebedarf an nicht leitungsgebundenen Energieträgern in den einzelnen Verbrauchergruppen

Nicht leitungsgebundene Energieträger sind Energieträger, die die unterschiedlichen Energieformen nicht durch Leitungen transportieren, sondern die direkt am Verbrauchsort gelagert werden. Dies sind üblicherweise Heizöl, Kohle und Biomasse.

Die einzelnen Verbrauchsdaten wurden anhand der verschiedenen installierten Kesselleistungen, die von den Kaminkehrern bereitgestellt wurden, im Stadtgebiet Geretsried errechnet. Dabei wurde eine typische durchschnittliche jährliche Laufzeit im Volllastbereich von 1.400 Stunden pro Jahr angenommen.

Diese Daten enthielten die Anzahl und die Leistungen der einzelnen Kesseltypen nach ihrem Brennstoff. Die einzelnen Kesselleistungen wurden mit Hilfe der Jahresvolllaststunden zum Wärmebedarf umgerechnet. Es wurde eine durchschnittliche Laufzeit pro Jahr pro Wärmeerzeuger von 1.400 Stunden angenommen.

Da die gelieferten Daten der hiesigen Schornsteinfeger nach den einzelnen Straßen aufgeteilt waren, musste vorab eine Abgrenzung der Daten nach den einzelnen Verbrauchergruppen erfolgen. Da nach Informationen der Stadtverwaltung die kommunalen Liegenschaften ihren Wärmebedarf ausschließlich mit Erdgas decken, konnte diese Verbrauchergruppe vorab ausgeschlossen werden. Um die Verbrauchergruppe „private Haushalte“ von der Verbrauchergruppe „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“ abgrenzen zu können, wurden folgende Straßen der Verbrauchergruppe „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“ zugeteilt, und somit in der Verbrauchergruppe „private Haushalte“ ausgeschlossen:

- Lausitzer Straße
- Wallensteinstraße
- Wöhlerweg
- Keplerweg
- Tillyweg
- Seniweg
- Gustav-Adolf-Straße
- Bunsenweg
- Breslauerweg
- Daimlerweg
- Dieselweg
- Benzweg

- Spreestraße
- Lauterbach Straße
- Breitenbachstraße
- Bürgermeister-Graf-Ring
- Brunnenfeldweg
- Leitenstraße
- Banaterstraße
- Bayerwaldstraße
- Thüringer-Wald-Straße
- Jeschkenstraße, wobei 25 Prozent des Primärenergieverbrauchs der Verbrauchergruppe „private Haushalte“ zuzuordnen sind.
- Sudetenstraße, wobei 30 Prozent des Primärenergieverbrauchs der Verbrauchergruppe „private Haushalte“ zuzuordnen sind
- Böhmerwaldstraße, wobei 70 Prozent des Primärenergieverbrauchs der Verbrauchergruppe „private Haushalte“ zuzuordnen sind

2.4.1 Der Heizölbedarf

2009 wurden in der Stadt Geretsried rund 11.438.000 Liter Heizöl verbraucht. Dies entspricht einem Bedarf an thermischer Energie von rund 115.299.000 kWh_{Hi} in einem Kalenderjahr. [6]

2.4.2 Der Kohlebedarf

Im betrachteten Abrechnungszeitraum wurden in der Stadt Geretsried rund 97 Tonnen Kohle verbraucht. Dies entspricht einem Bedarf an thermischer Energie von rund 544.000 kWh_{Hi} pro Jahr. [6]

2.4.3 Der Biomassebedarf

Bei der Betrachtung des Biomassebedarfs wird dieser unterteilt in Scheitholz, Pellets und Hackgut.

In der Stadt Geretsried wurden 2009 rund 3.900 Raummeter Scheitholz verbraucht, was einem Bedarf an thermischer Energie von rund 7.211.000 kWh_{Hi} pro Jahr entspricht.

Es wurden im gleichen Zeitraum circa 88 Tonnen Pellets verbraucht. Dies entspricht einem jährlichen Bedarf von rund 441.000 kWh_{Hi}.

Als weiteren thermischen Energieerzeuger mittels Biomasse in Geretsried wurden Hackgutheizsysteme eingesetzt. Diese verbrauchten 2009 rund 161 Tonnen Hackgut, was einem Bedarf an thermischer Energie von rund 692.000 kWh_{Hi} entspricht.

Insgesamt wurden im Stadtgebiet Geretsried durch nicht leitungsgebundene Energieträger rund 8.344.000 kWh_{Hi} jährlich bereitgestellt. [6]

Tabelle 6: Die Aufteilung des Biomassebedarfs im Stadtgebiet Geretsried

Energieart	Biomassebedarf [kWh_{Hi}/a]
Scheitholz	7.211.000
Pellets	441.000
Hackgut	692.000
Gesamt	8.344.000

2.5 Der Anteil erneuerbarer Energien in den einzelnen Verbrauchergruppen

Als erneuerbare Energien, auch regenerative Energien genannt, werden Energien aus Quellen bezeichnet, die sich entweder von selbst erneuern oder deren Nutzung nicht zur Erschöpfung dieser Quelle führt. Deshalb handelt es sich daher um nachhaltig zur Verfügung stehende Energieressourcen. Dazu gehören neben der Wasserkraft vor allem die solare Strahlung, die Wärme im Erdinneren sowie die durch die Anziehungskräfte von Mond und Sonne verursachten Gezeiten. Andere erneuerbare Energiequellen leiten sich daraus ab, so resultieren etwa die Windenergie und das energetische Potential der Biomasse letztlich aus der Sonnenenergie. Die Bezeichnung erneuerbare Energien ist der Gegenbegriff zu den, für nur begrenzte Zeit für den Menschen verfügbaren fossilen Energieträgern, auf denen die heutige Energieversorgung aufbaut. Der entscheidende Vorteil der erneuerbaren Energien ist, dass sie unendlich verfügbar sind.

Die Kernenergie wird nicht zu den erneuerbaren Energien gezählt, da sie einen nicht nachwachsenden Rohstoff verwendet. Sie wird aber ebenso nicht den fossilen Energien zugeordnet. Diese Form der Energiebereitstellung wird im Rahmen dieser Arbeit nicht betrachtet.

2.5.1 Photovoltaik

Unter dem Begriff Photovoltaik versteht man die direkte Umwandlung von Strahlungsenergie, vornehmlich Sonnenenergie, in elektrische Energie. Sie kam Mitte der 60er Jahre hauptsächlich zur Energieversorgung in Satelliten zum Einsatz, wird aber inzwischen weltweit zur Stromerzeugung verwendet.

Die Daten für die Stadt Geretsried wurden vom örtlichen Energieversorgungsunternehmen, der E.ON Bayern AG, zur Verfügung gestellt.

Tabelle 7: Die Anzahl der Photovoltaikanlagen und ihre zugehörige installierte Leistung in der Stadt Geretsried [7]

Jahr	Anzahl der Anlagen [-]	installierte Leistung [kW _{peak}]
2005	47	558
2006	59	871
2007	78	1.201
2008	93	1.663
2009	114	1.991

Im Bereich der Photovoltaik konnte zwischen den Jahren 2005 bis 2009 ein massiver Anstieg verzeichnet werden. Die durchschnittliche Anlagengröße beläuft sich auf 17,5 kW_{peak}. Die Anlagenanzahl nahm um 143 % zu, während die installierte Leistung um 257 % zunahm. Dies lässt auf eine Neuinstallation von Anlagen mit höheren Leistungen schließen. Desweiteren hat die Stadt Geretsried zwei Dächer vermietet, auf denen Photovoltaikanlagen installiert sind. Diese Anlagen haben eine installierte Leistung von 24,3 kW_{peak}. Bei einem durchschnittlichen jährlichen Energieertrag von 970 kWh_{el}/kW_{peak} ergibt sich eine Jahresproduktion aller installierter Anlagen von etwa 1.891.000 kWh_{el}.

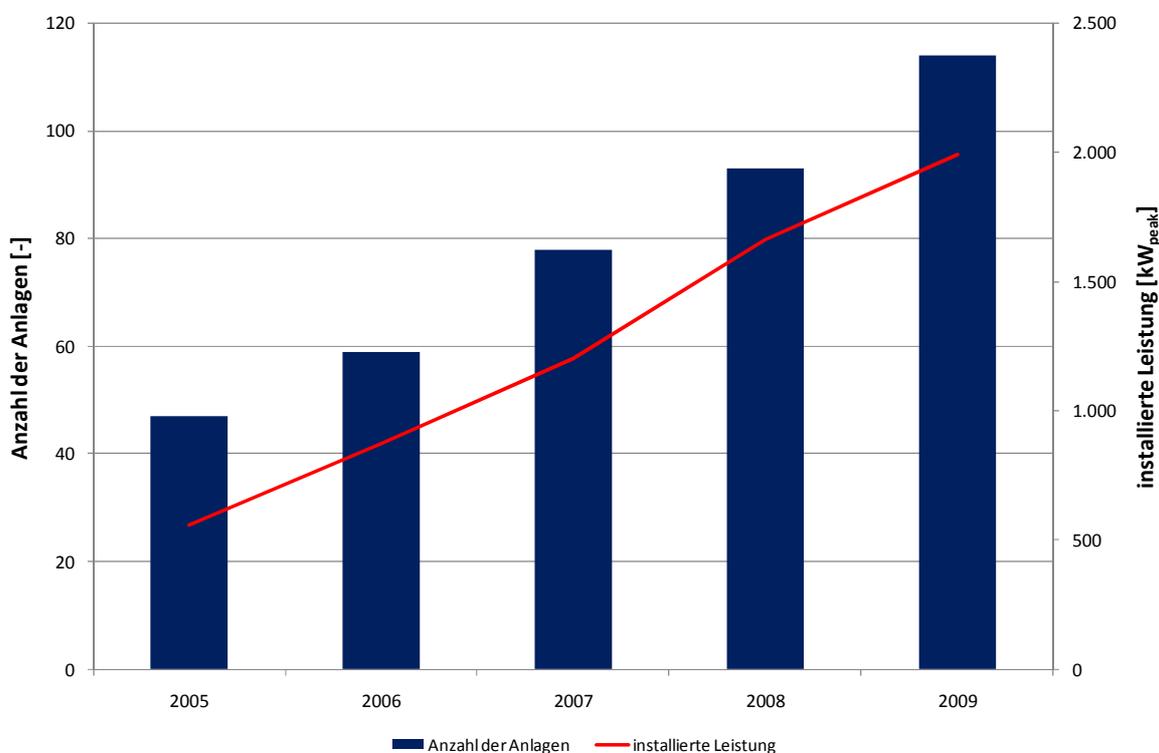


Abbildung 8: Die Anzahl der Photovoltaikanlagen und ihre zugehörige installierte Leistung in der Stadt Geretsried [7]

2.5.2 Solarthermie

Solarthermie ist die direkte Wärmenutzung der Sonnenenergie durch die Erwärmung eines Speichermediums, am häufigsten Wasser, im Solarkollektor. Diese gewonnene Wärme wird zum Heizen oder zur Warmwasserbereitung genutzt.

In der Stadt Geretsried sind aktuell 298 solarthermische Anlagen installiert, mit einer gesamten Kollektorfläche von 2.576,82 m². Dies ergibt eine durchschnittliche Fläche von 8,65 m² pro solarthermischer Anlage. Bei einem durchschnittlichen Energieertrag von 350 kWh_{th}/m²a ergibt sich eine jährliche Gesamtenergiemenge von etwa 902.000 kWh_{th}/a. [8]

2.5.3 Biomasse-Heizsysteme

Biomasse sind nachwachsende Rohstoffe, die sich aufgrund ihrer chemischen Zusammensetzung zur Wärmeerzeugung eignen. Diese wird mittels Verfeuerung in thermische Energie umgewandelt. Die gebräuchlichsten Anwendungen hierbei sind Holzpellets, Holzhackschnitzel und Scheit- bzw. Stückholz. Desweiteren treten Strohpellets, Rapspresskuchen und Getreide vermehrt in Erscheinung.

In der Stadt Geretsried wurde im betrachteten Zeitraum durch die verschiedenen Biomasse-Heizsysteme eine thermische Energie von 7.092.000 kWh_{th} erzeugt. [6]

2.5.4 Biomasse-KWK-Systeme

Biomasse kann auch als Brennstoff zur Kraft-Wärme-Kopplung genutzt werden. Unter Kraft-Wärme-Kopplung versteht man die gleichzeitige Gewinnung von mechanischer Energie, die in der Regel unmittelbar in elektrischen Strom umgewandelt wird, und nutzbarer Wärme für Heizzwecke oder Prozesswärme in der Produktion in einem Heizkraftwerk. Anwendung findet diese Technologie bei Biogasanlagen, Biomassevergasung, Dampfturbinen, ORC-Prozessen und Pflanzenölblokheizkraftwerken. Ebenfalls angewendet wird diese Technik bei Stirlingmotoren, Brennstoffzellen und Dampfschraubenmotoren.

In der Stadt Geretsried sind zum Zeitpunkt der Datenerhebung zwei KWK-Anlagen in Betrieb. Diese erzeugen jährlich eine elektrische Energiemenge von rund 700.000 kWh_{el}. [6]

2.5.5 Windkraftanlagen

Windkraftanlagen wandeln die kinetische Energie des Windes in elektrische Energie um und speisen diese in das örtliche Stromnetz ein. Dies geschieht, indem die Bewegungsenergie des Windes auf die Rotorblätter wirkt und sie somit den Rotor in eine Drehbewegung versetzt. Der Rotor wiederum gibt die Rotationsenergie an einen Generator weiter, wo sie in elektrische Energie umgewandelt wird.

In der Stadt Geretsried wurden zum betrachteten Zeitpunkt noch keine Windkraftanlagenprojekte realisiert.

2.5.6 Wasserkraftanlagen

Wasserkraftanlagen wandeln die mechanische Energie des Wassers in elektrischen Strom um. Diese erzeugte Energie wird in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Dies geschieht, indem mittels einer Stauanlage Wasser auf hohem potentielltem Niveau zurückgehalten wird. Die Energie des abfließenden Wassers wird auf eine Wasserturbine übertragen, wodurch diese in Drehbewegung gerät. Diese wiederum gibt ihre Rotationsenergie an einen Generator weiter, der elektrische Energie erzeugt.

Zum Zeitpunkt der Datenauswertung wurden in der Stadt Geretsried noch keine Wasserkraftanlagen errichtet.

2.5.7 Geothermieranlagen/Wärmepumpen

Geothermieranlagen nutzen die gespeicherte Wärme im zugänglichen Teil der Erdkruste. Sie wird zugänglich gemacht entweder mittels tiefer Bohrungen (Geothermie) oder durch oberflächennahe Leitungsverlegung (Wärmepumpen). Bei Wärmepumpen kann die gespeicherte Wärme im Erdinneren nur direkt genutzt werden zum Heizen oder Kühlen, wohingegen bei der Geothermie diese zusätzlich indirekt noch zur Erzeugung von elektrischer Energie genutzt werden kann.

Bei einer Nutzung von Wärmepumpen muss elektrische Energie zum Antrieb aufgewendet werden. Dieses Verhältnis aus erzeugter Energie, in Form von Heiz- bzw. Kühlarbeit, und der eingesetzten elektrischen Arbeit wird durch die Arbeitszahl einer Wärmepumpe wiedergegeben. Bei typischen Arbeitszahlen zwischen drei und fünf, steht das Drei- bis Fünffache der eingesetzten elektrischen Energie als nutzbare thermische Energie zur Verfügung.

In der Stadt Geretsried wurden mehrere Wärmepumpenprojekte realisiert. Die detaillierten Werte, die von der E.ON Bayern AG bereitgestellt wurden, sind in Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 8: Die Anzahl der Wärmepumpen, ihre zugehörige Leistung und die erzeugten bzw. verbrauchten Energiemengen [9]

Jahr	Anzahl der Anlagen [-]	installierte Leistung [kW]	elektrischer Energiebedarf [kWh _{el}]	COP [-]	erzeugte thermische Energie [kWh _{th}]
2006	14	77	154.000	3,5	539.000
2007	20	103	206.000	3,5	721.000

2.6 Der Endenergieeinsatz in den einzelnen Verbrauchergruppen

Als Endenergie wird die Form der Energie bezeichnet, die beim Endverbraucher ankommt. Es ist derjenige Teil der Primärenergie, welcher dem Verbraucher nach Abzug von Transport- und Umwandlungsverlusten zur Verfügung steht. Beispiele hierfür wären das Heizöl im Öltank oder Strom aus dem Hausanschluss.

2.6.1 Private Haushalte

In der Verbrauchergruppe „private Haushalte“ wurde Endenergie in Form von Strom, Erdgas und sonstiger Wärmeerzeugung (Heizöl, Flüssiggas, Kohle, Scheitholz, Pellets und Hackgut) eingesetzt. In nachfolgender Tabelle 9 sind die einzelnen Endenergieverbräuche, sowie der gesamte Verbrauch an Endenergie in dieser Verbrauchergruppe dargestellt.

Tabelle 9: Der Endenergieverbrauch der Verbrauchergruppe „private Haushalte“

Energieträger	Endenergieverbrauch [kWh_{End}/a]
Strom	48.073.000
Erdgas	76.906.000
sonstige Wärmeerzeugung	96.999.000
Gesamt	221.978.000

Im betrachteten Abrechnungszeitraum waren dies 48.073.000 kWh_{End} Strom, 76.906.000 kWh_{End} Erdgas und 96.999.000 kWh_{End} sonstige Wärmeerzeugung.

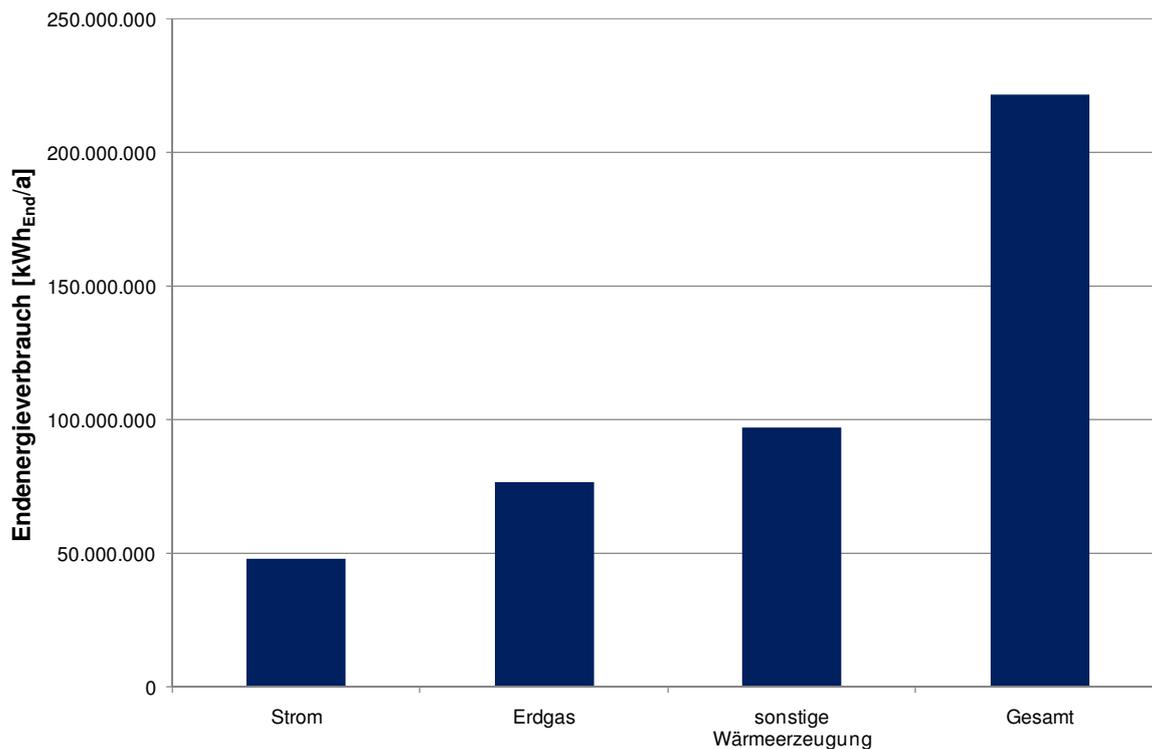


Abbildung 9: Der Endenergieverbrauch der Verbrauchergruppe „private Haushalte“

Der gesamte Endenergieeinsatz in der Verbrauchergruppe „private Haushalte“ betrug im Abrechnungszeitraum 221.978.000 kWh_{End}.

2.6.2 Gewerbe, Industrie und Sonderkunden

Der Endenergieeinsatz in der Verbrauchergruppe „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“ bildet sich aus dem Einsatz an Endenergie in Form von Strom, Erdgas und sonstiger Wärmeerzeugung.

In nachfolgender Tabelle 10 sind die einzelnen Endenergieverbräuche, sowie der gesamte Endenergieverbrauch in der Verbrauchergruppe „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“ dargestellt.

Tabelle 10: Der Endenergieverbrauch der Verbrauchergruppe „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“

Energieträger	Endenergieverbrauch [kWh _{End} /a]
Strom	55.689.000
Erdgas	101.237.000
sonstige Wärmeerzeugung	28.463.000
Gesamt	185.389.000

In der Verbrauchergruppe „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“ wurden im Abrechnungszeitraum 55.689.000 kWh_{End} Endenergie in Form von Strom, 101.237.000 kWh_{End} in Form von Erdgas und 28.463.000 kWh_{End} in Form sonstiger Wärmeerzeugung eingesetzt.

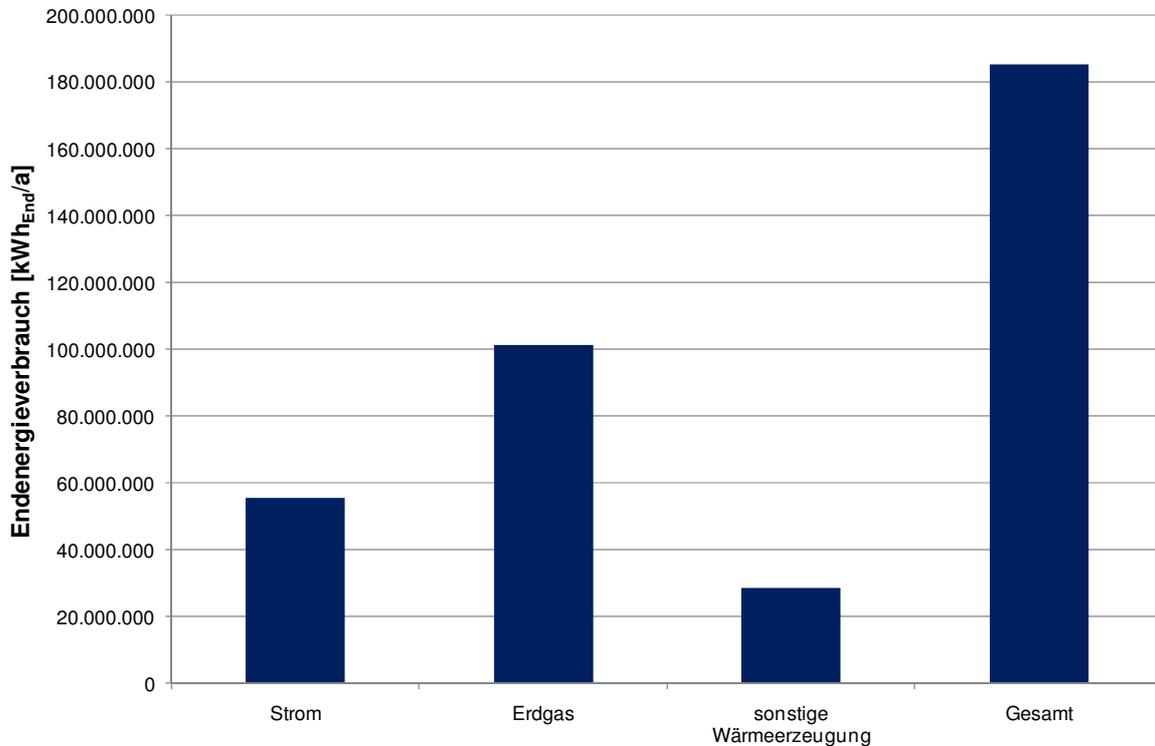


Abbildung 10: Der Endenergieverbrauch der Verbrauchergruppe „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“

Die gesamte eingesetzte Endenergie in der Verbrauchergruppe „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“ belief sich im betrachteten Zeitraum auf 185.389.000 kWh_{End}/a.

2.6.3 Kommunale Liegenschaften

In der Verbrauchergruppe „kommunale Liegenschaften“ wurde Endenergie in Form von Strom und Erdgas verbraucht. Diese Verbrauchergruppe nutzt keinen anderen Energieträger um thermische Energie zu erzeugen.

In folgender Tabelle 11 sind die Endenergieverbräuche der in dieser Verbrauchergruppe verwendeten Energieträger, sowie der gesamte Bedarf an Endenergie dargestellt.

Tabelle 11: Der Endenergieverbrauch der Verbrauchergruppe „kommunale Liegenschaften“

Energieträger	Endenergieverbrauch [kWh _{End} /a]
Strom	2.619.000
Erdgas	5.916.000
Gesamt	8.535.000

In der Verbrauchergruppe „kommunale Liegenschaften“ wurden im betrachteten Zeitraum 2.619.000 kWh_{End} in Form von Strom und 5.916.000 kWh_{End} in Form von Erdgas verbraucht.

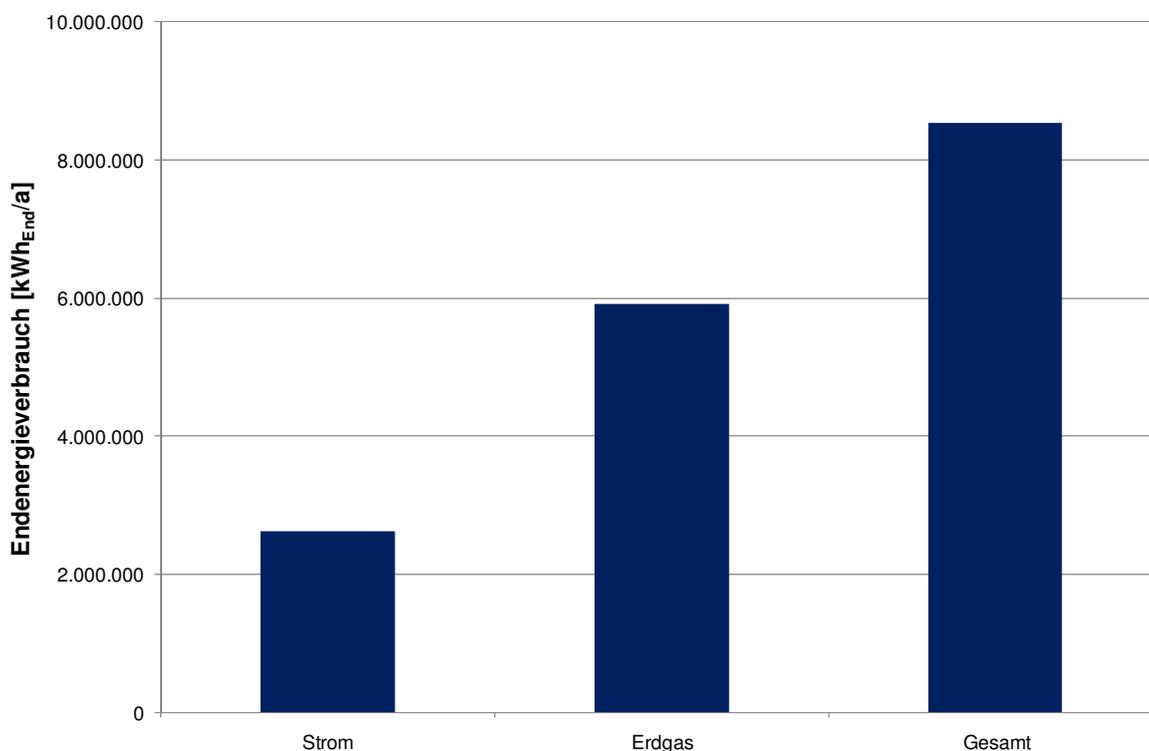


Abbildung 11: Der Endenergieverbrauch der Verbrauchergruppe „kommunale Liegenschaften“

In dieser Verbrauchergruppe wurden im betrachteten Zeitraum 8.535.000 kWh_{End} Endenergie eingesetzt.

2.6.4 Verkehr

Der Endenergieverbrauch in der Verbrauchergruppe „Verkehr“, der sich aus dem in Kapitel 2.7.4 dargestellten Primärenergieverbrauch bildet, betrug im Jahr 2009 238.574.000 kWh_{End}. In folgender Tabelle 12 ist der Endenergieverbrauch dieses Sektors nach den einzelnen Kraftfahrzeugarten aufgeführt.

Tabelle 12: Der Endenergieverbrauch der Verbrauchergruppe „Verkehr“

Kraftfahrzeugart	Endenergieverbrauch [kWh _{End} /a]
Krafträder	1.824.000
Personkraftwagen	121.467.000
Kraftomnibusse	648.000
Lastkraftwagen	48.924.000
Sattelzugmaschinen	62.207.000
sonstige Kraftfahrzeuge	3.504.000
Gesamt	238.574.000

Wie aus Tabelle 12 und Abbildung 12 klar zu erkennen ist, hat die Gruppe der Personenkraftfahrzeuge mit 121.467.000 kWh_{End} jährlich den größten Anteil am Endenergieverbrauch dieser Verbrauchergruppe. Die Kraftfahrzeugarten Kraftomnibusse mit 648.000 kWh_{End}, Krafträder mit 1.824.000 kWh_{End} und die sonstigen Kraftfahrzeuge mit 3.504.000 kWh_{End} jährlich haben den niedrigsten Bedarf an Endenergie.

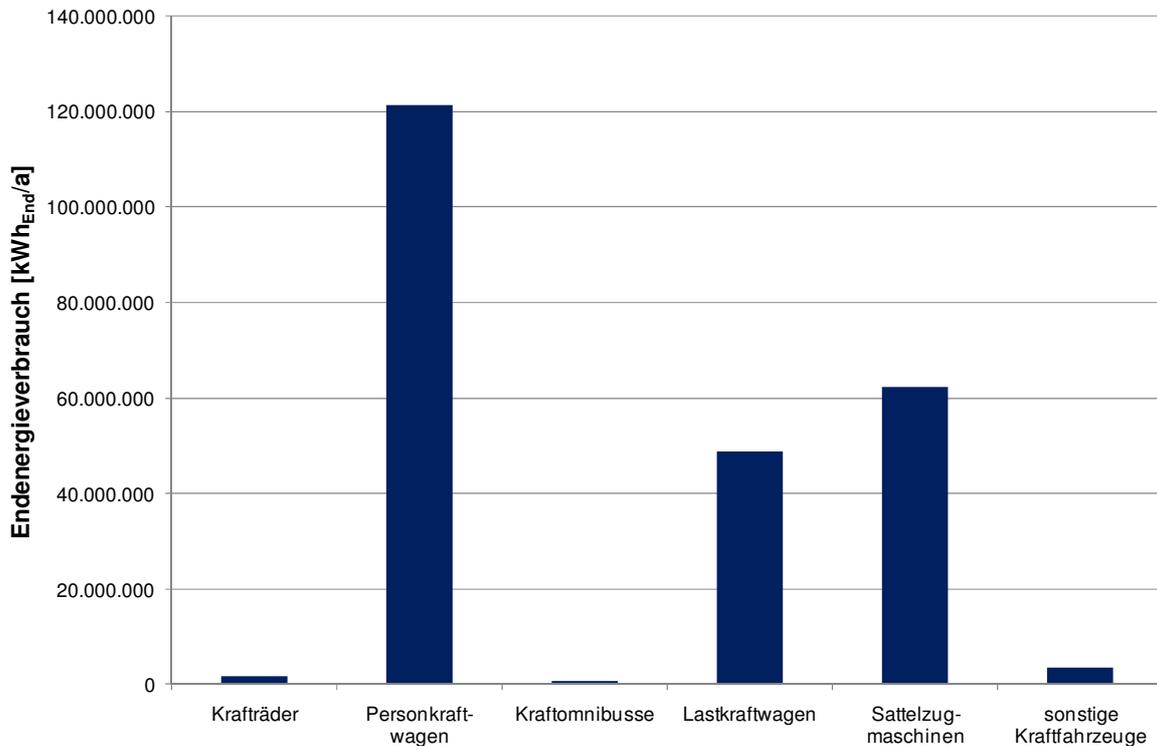


Abbildung 12: Der Endenergieverbrauch der Verbrauchergruppe „Verkehr“

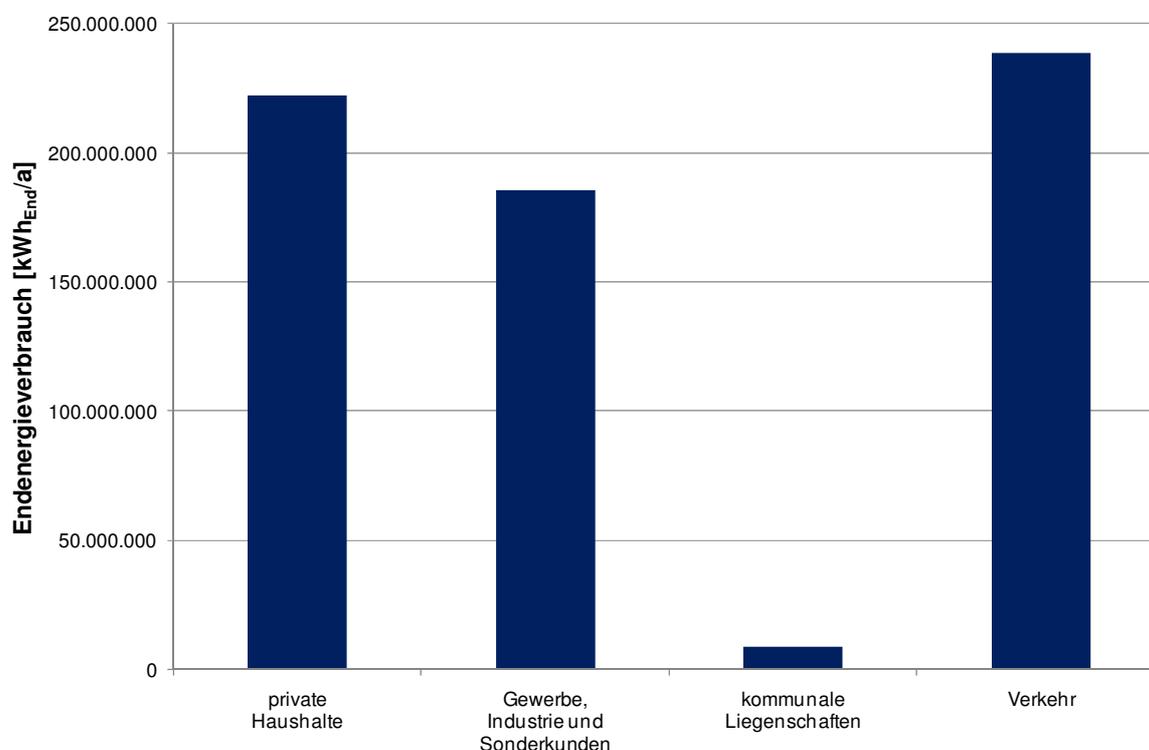
2.6.5 Zusammenfassung

Der gesamte Endenergiebedarf in der Stadt Geretsried bildet sich aus den Verbräuchen der einzelnen Verbrauchergruppen. Diese einzelnen Endenergieverbräuche bilden sich aus den Verbräuchen der verschiedenen Energieträger. In der Stadt Geretsried wurde Endenergie in Form von Strom, Erdgas, Benzin, Diesel, Flüssiggas und sonstiger Energieträger zur Erzeugung von thermischer Energie bezogen. In nachfolgender Tabelle 13 ist der Einsatz an Endenergie nach den verschiedenen Verbrauchergruppen aufgeführt.

Tabelle 13: Der Endenergieverbrauch aufgeteilt nach den einzelnen Verbrauchergruppen

Verbrauchergruppe	Endenergieverbrauch [kWh _{End} /a]
private Haushalte	221.978.000
Gewerbe, Industrie und Sonderkunden	185.389.000
kommunale Liegenschaften	8.535.000
Verkehr	238.574.000
Gesamt	654.476.000

In Abbildung 13 wird deutlich, dass in den Verbrauchergruppen „private Haushalte“, „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“ und „Verkehr“ ungefähr der gleiche Bedarf an Endenergie vorherrscht. In der Verbrauchergruppe „kommunale Liegenschaften“ wurde ein Bruchteil an Endenergie eingesetzt. In der Stadt Geretsried wurden 654.476.000 kWh_{End}/a an Endenergie verbraucht.

**Abbildung 13: Der Endenergieverbrauch aufgeteilt nach den einzelnen Verbrauchergruppen**

2.7 Der Primärenergieeinsatz in den einzelnen Verbrauchergruppen

Der gesamte Primärenergieeinsatz einer Verbrauchergruppe wird aus den Primärenergieverbräuchen der leitungsgebundenen und der nicht-leitungsgebundenen Energieträger gebildet. Als Primärenergie wird die Energie bezeichnet, die mit den natürlich vorkommenden Energieformen oder Energiequellen zur Verfügung steht, wie etwa Kohle, Gas und Wind. Bis zum Verbraucher wird diese Primärenergie über Endenergie in Nutzenergie umgewandelt. Dieser Vorgang ist mit Verlusten behaftet, weshalb die Energiemenge, die im Rohstoff enthalten ist, nicht zu 100 % vom Verbraucher genutzt werden kann. Je nach Energieträger sind diese Verluste unterschiedlich hoch. In Tabelle 14 sind die einzelnen Primärenergiefaktoren dargestellt, die bei den Berechnungen verwendet wurden.

Tabelle 14: Der kumulierte Energieaufwand für verschiedene Energieträger [10]

Energieart	kumulierter Energieaufwand [kWh _{Prim} /kWh _{End}]
Heizöl	1,11
Erdgas	1,12
Steinkohle	1,07
Braunkohle	1,21
Holz hackschnitzel	0,06
Brennholz	0,01
Holzpellets	0,14
Strom (Mix)	2,61
Diesel	1,11
Benzin	1,11
Autogas	1,11

Ebenfalls zu beachten ist, dass Energieverbräuche, die für Heizzwecke aufgewendet werden, sehr stark von der Witterung, insbesondere von den Außentemperaturen, abhängig sind. In einem milden Winter kann der Heizenergieverbrauch deshalb im Vergleich zu einem kalten Winter deutlich sinken, ohne dass Anlagenfehler oder eine Änderung des Heiznutzungsverhaltens vorliegt. Um deshalb die Verläufe und Entwicklungen des Energieverbrauchs einschätzen und daraus Erkenntnisse schließen zu können, müssen diese Energieverbräuche daher witterungsbereinigt werden. Die Witterungskorrektur erfolgt unter Zuhilfenahme der Gradtagszahlmethode nach VDI 2067. Hierbei werden die Energieverbräuche mit der dazugehörigen Gradtagszahl verrechnet, um dann die Veränderung des Energieverbrauchs analysieren zu können. Desweiteren können mit Hilfe dieser Witterungsbereinigung unterschiedliche Standorte berücksichtigt werden.

2.7.1 Private Haushalte

Der Primärenergieverbrauch in der Verbrauchergruppe „private Haushalte“ bildet sich aus den Primärenergieverbräuchen von Strom, Erdgas und sonstiger Wärmeerzeugung.

Der Bedarf an elektrischer Endenergie in dieser Verbrauchergruppe wird von der E.ON Bayern AG gedeckt. Dieser belief sich im Abrechnungsjahr 2008 auf 125.471.000 kWh_{Prim}.

Der Erdgasbedarf, der von der Erdgas Südbayern GmbH gedeckt wird, betrug 86.135.000 kWh_{Prim} im Jahr 2008.

Unter dem Bereich der „sonstigen Wärmeerzeugung“ werden die Primärenergieverbräuche von Heizöl, Flüssiggas, Kohle, Scheitholz, Pellets und Hackgut zusammengefasst.

In Tabelle 15 und Abbildung 14 ist der Primärenergieverbrauch nach den einzelnen Energieträgern dargestellt.

Tabelle 15: Der Primärenergieverbrauch der Verbrauchergruppe „private Haushalte“

Energieträger	Primärenergieverbrauch [kWh_{Prim}/a]
Strom	125.471.000
Erdgas	86.135.000
sonstige Wärmeerzeugung	99.550.000
Gesamt	311.156.000

Wie in Abbildung 14 zu erkennen ist, ist der Primärenergieverbrauch am elektrischen Energieträger mit 125.471.000 kWh_{Prim} pro Jahr am höchsten. Es wurde Primärenergie durch Erdgas in Höhe von 86.135.000 kWh_{Prim} pro Jahr und durch sonstige Wärmeerzeugung von 99.550.000 kWh_{Prim} pro Jahr verbraucht.

In der nachfolgenden Abbildung 14 ist die Aufteilung des Primärenergieverbrauchs in der Verbrauchergruppe „private Haushalte“ gut erkennbar.

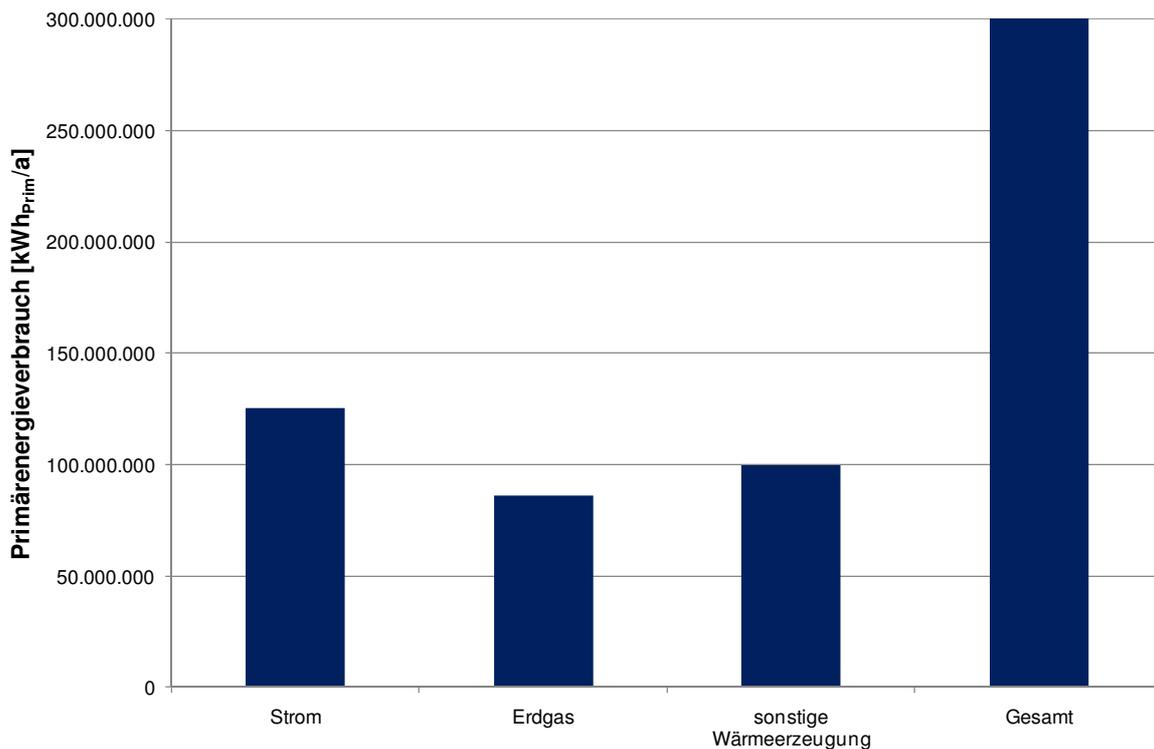


Abbildung 14: Der Primärenergieverbrauch der Verbrauchergruppe „private Haushalte“

Aus den einzelnen Primärenergieverbräuchen kann der gesamte Verbrauch an Primärenergie der Verbrauchergruppe „private Haushalte“ ermittelt werden. Dieser betrug 311.156.000 kWh_{Prim} pro Jahr, was rund 27.810.000 Liter HEL-Äquivalent entspricht.

2.7.2 Gewerbe, Industrie und Sonderkunden

Der Primärenergieverbrauch der Verbrauchergruppe „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“ bildet sich wie in der Verbrauchergruppe „private Haushalte“ aus den Primärenergieverbräuchen aus Strom, Erdgas und sonstiger Wärmeerzeugung.

Der Bedarf an elektrischer Primärenergie, der ebenfalls von der E.ON Bayern AG gedeckt wird, betrug im Abrechnungsjahr 145.348.000 kWh_{Prim}.

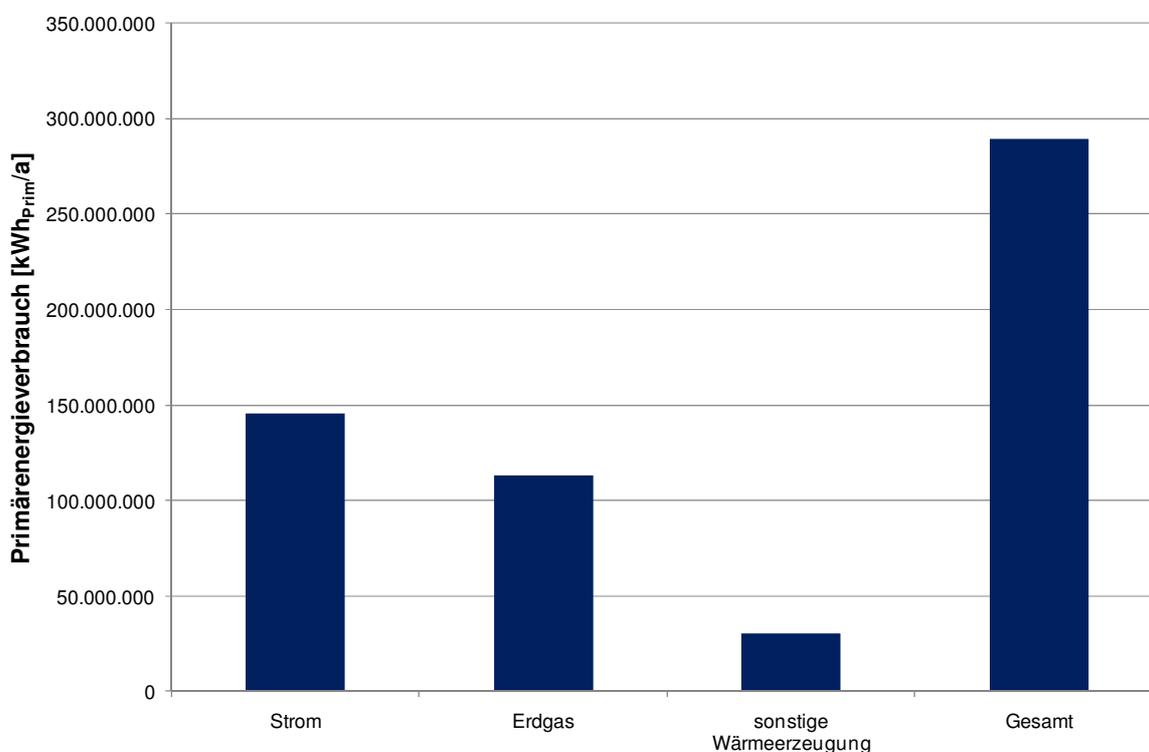
Der primärenergetische Bedarf an Erdgas, deren Deckung die Erdgas Südbayern GmbH übernahm, betrug 113.385.000 kWh_{Prim} im Jahr 2008.

Die Bildung des Primärenergieverbrauchs im Bereich der sonstigen Wärmeerzeugung erfolgte wie in Kapitel 2.7.1 erläutert. Dieser betrug im Abrechnungszeitraum 30.605.000 kWh_{Prim}.

**Tabelle 16: Der Primärenergieverbrauch der Verbrauchergruppe
„Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“**

Energieträger	Primärenergieverbrauch [kWh_{Prim}/a]
Strom	145.348.000
Erdgas	113.385.000
sonstige Wärmeerzeugung	30.605.000
Gesamt	289.338.000

In vorheriger Tabelle 16 und nachfolgender Abbildung 15 ist die Aufteilung des Primärenergieverbrauchs in der Verbrauchergruppe „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“ dargestellt.



**Abbildung 15: Der Primärenergieverbrauch der Verbrauchergruppe
„Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“**

Der gesamte primärenergetische Verbrauch in der Verbrauchergruppe „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“ betrug im Abrechnungsjahr 289.338.000 kWh_{Prim}, was rund 25.860.000 Liter HEL-Äquivalent (Heizöl Extra Leicht) entspricht.

2.7.3 Kommunale Liegenschaften

Die kommunalen Liegenschaften in der Stadt Geretsried bezogen elektrische Energie von der E.ON Bayern AG. Im Abrechnungsjahr 2008 waren dies 6.836.000 kWh_{Prim}.

Die Liegenschaften der Stadt verwenden ausschließlich Erdgas, um den Wärmebedarf abzudecken. Die Primärenergie für Wärmenutzung wird von der Erdgas Südbayern GmbH bezogen und belief sich im Jahr 2008 auf rund 6.626.000 kWh_{Prim}.

In nachfolgender Tabelle 17 sind die einzelnen Primärenergieverbräuche, sowie der gesamte Primärenergieverbrauch dargestellt.

Tabelle 17: Der Primärenergieverbrauch der Verbrauchergruppe „kommunale Liegenschaften“

Energieträger	Primärenergieverbrauch [kWh _{Prim} /a]
Strom	6.836.000
Erdgas	6.626.000
Gesamt	13.462.000

Der gesamte Primärenergieverbrauch in der Verbrauchergruppe der „kommunalen Liegenschaften“ belief sich im betrachteten Abrechnungsjahr auf 13.462.000 kWh_{Prim}, was rund 1.203.000 Liter HEL-Äquivalent entspricht.

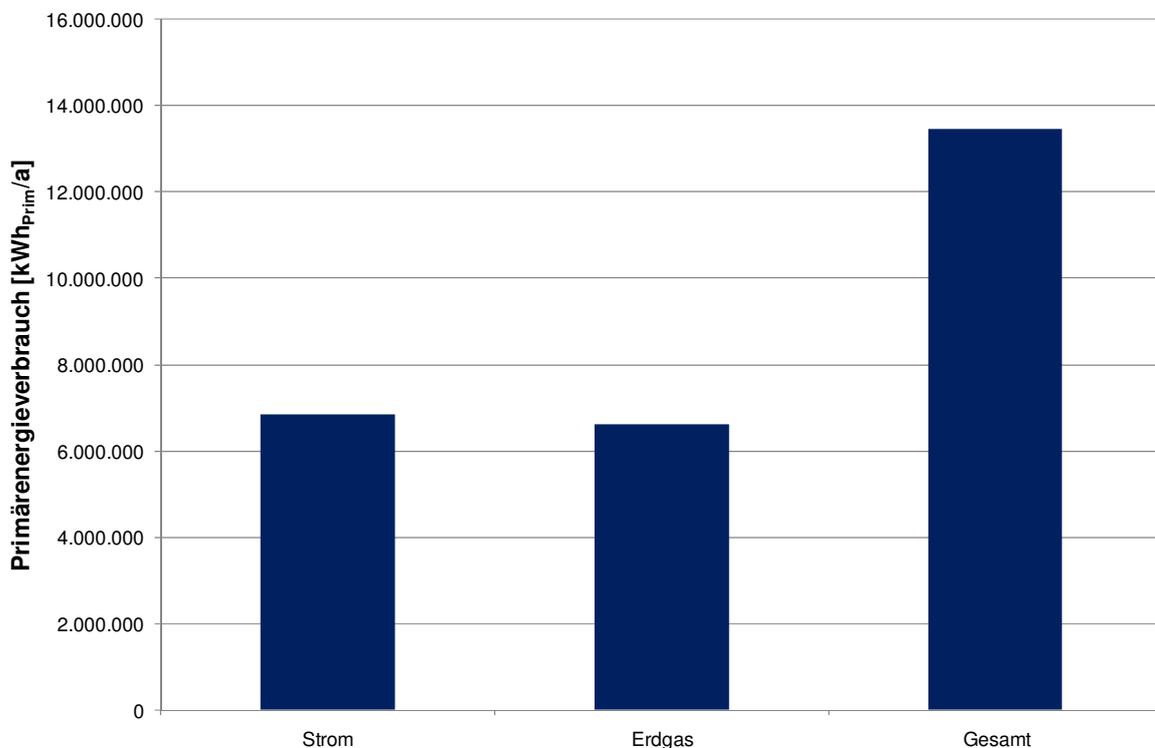


Abbildung 16: Der Primärenergieverbrauch der Verbrauchergruppe „kommunale Liegenschaften“

2.7.4 Verkehr

Der Primärenergieverbrauch im Sektor „Verkehr“ bildet sich nicht wie in den anderen Verbrauchergruppen aus elektrischem (Strom- und Lichtzwecke) und thermischen (Heizzwecke) Energiebedarf. Die hier betrachtete Verbrauchergruppe benötigt Energie ausschließlich zur Fortbewegung in Form von verschiedenen Treibstoffen. Die Beleuchtung der Verkehrswege wird in dieser Verbrauchergruppe nicht berücksichtigt, sondern wurde, wie im vorherigen Kapitel erwähnt, in der Verbrauchergruppe der „kommunalen Liegenschaften“ betrachtet. In der Stadt Geretsried werden verschiedene Kraftfahrzeugarten eingesetzt. Eine detaillierte Auflistung wurde von der Stadtverwaltung Geretsried zur Verfügung gestellt. In der Stadt Geretsried sind zum Zeitpunkt der Datenerhebung knapp 15.000 Kraftfahrzeuge angemeldet. Diese Angaben wurden zur besseren Betrachtung in sechs Gruppen, die in nachfolgender Tabelle 18 aufgelistet sind, zusammengefasst. Ebenfalls dargestellt ist die durchschnittliche Fahrleistung dieser Fahrzeugarten. Die angesetzten Durchschnittswerte wurden vom Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung im Oktober 2009 veröffentlicht.

Tabelle 18: Die durchschnittliche Fahrleistung nach den verschiedenen Fahrzeugarten [11]

Kraftfahrzeug	durchschnittliche Fahrleistung [km/a]
Krafträder	3.000
Personkraftwagen	14.100
Kraftomnibusse	44.100
Lastkraftwagen	25.700
Sattelzugmaschinen	102.000
sonstige Kraftfahrzeuge	6.100

In nachfolgender Tabelle 18 sind die verschiedenen jährlichen Durchschnittsverbräuche nach Kraftfahrzeugart und ihres jeweiligen Antriebs aufgelistet.

Tabelle 19: Der durchschnittliche Verbrauch aufgeteilt nach Fahrzeug und Antriebsart [11]

Kraftfahrzeugart	Treibstoff	durchschnittlicher Verbrauch [l/100 km]
Krafträder	benzinbetrieben	5,5
	gasbetrieben	6,5
Personkraftwagen	benzinbetrieben	8,1
	dieselbetrieben	6,8
	gasbetrieben	8,4
	hybridbetrieben	3,9
Kraftomnibusse	dieselbetrieben	50,0
Lastkraftwagen	benzinbetrieben	33,0
	dieselbetrieben	32,0
	gasbetrieben	36,0
Sattelzugmaschinen	benzinbetrieben	38,0
	dieselbetrieben	35,0
sonstige Kraftfahrzeuge	benzinbetrieben	27,0
	dieselbetrieben	25,0
	gasbetrieben	30,0

Mit den in Tabelle 18 dargestellten durchschnittlichen jährlichen Fahrleistungen und den in Tabelle 19 dargestellten Durchschnittsverbräuchen nach Kraftfahrzeugart kann die gesamte Laufleistung der verschiedenen Kraftfahrzeugarten bestimmt werden. Diese wird mit den Heizwerten der jeweiligen Kraftstoffart, sowie mit deren Primärenergiefaktoren verrechnet, womit sich der Primärenergiebedarf dieser Verbrauchergruppe bestimmen lässt. Die Primärenergiefaktoren für die einzelnen Kraftstoffe sind in Tabelle 14 dargestellt.

Tabelle 20: Die Heizwerte für verschiedene Kraftstoffarten

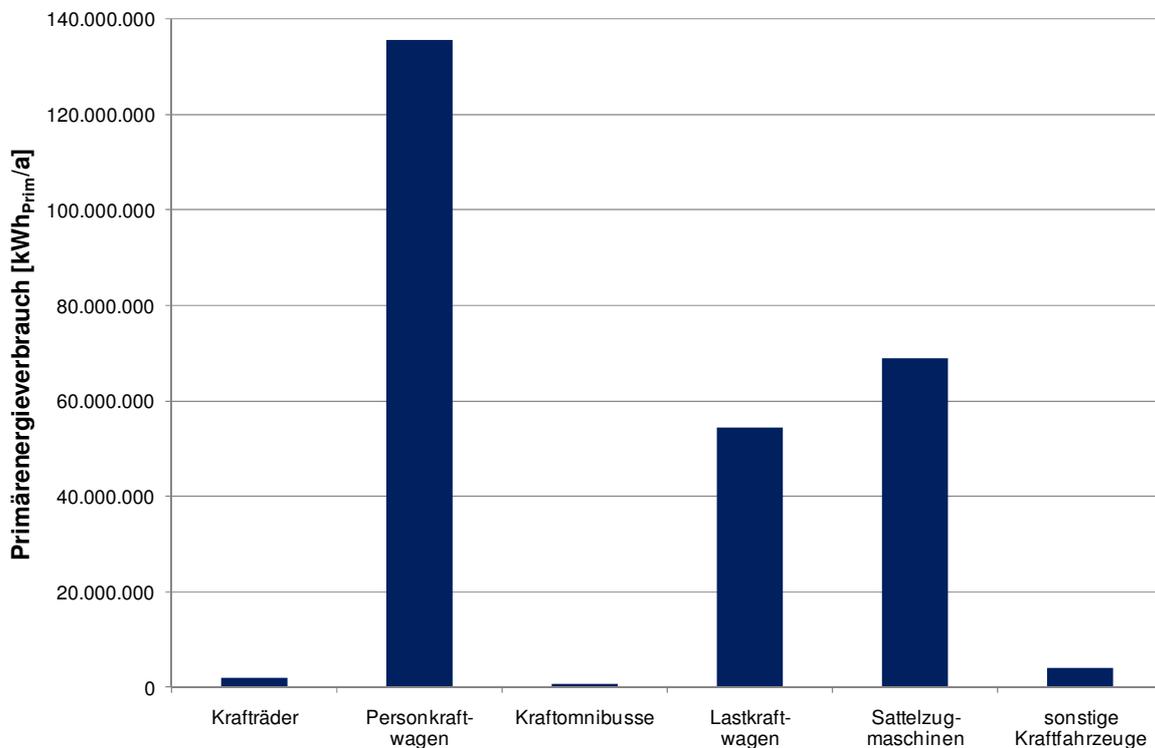
Kraftstoff	Heizwert [kWh/l]
Benzin	8,9
Diesel	9,8
Autogas	7

Ebenfalls zu berücksichtigen ist in dieser Verbrauchergruppe der Anteil an elektrobetriebenen Kraftfahrzeugen. Dieser lässt sich mithilfe der jährlichen Laufleistung des Kraftfahrzeuges und des Verbrauchs an elektrischer Energie pro gefahrenem Kilometer ermitteln. Der Bedarf an elektrischer Energie beträgt bei Personenkraftwagen erfahrungsgemäß durchschnittlich 15 kWh_{el} pro gefahrene 100 Kilometer. Bei Lastkraftwagen wird dieser Erfahrungswert auf 30 kWh_{el} pro absolvierte 100 Kilometer veranschlagt. In nachfolgender Tabelle 21 ist der Primärenergiebedarf der Verbrauchergruppe „Verkehr“ nach den verschiedenen Kraftfahrzeugarten aufgelistet. Diese Tabelle beinhaltet ebenfalls alle elektrisch betriebenen Kraftfahrzeuge.

Tabelle 21: Der Primärenergieverbrauch der Verbrauchergruppe „Verkehr“

Kraftfahrzeugart	Primärenergieverbrauch [kWh _{Prim} /a]
Krafträder	2.025.000
Personkraftwagen	135.547.000
Kraftomnibusse	720.000
Lastkraftwagen	54.318.000
Sattelzugmaschinen	69.049.000
sonstige Kraftfahrzeuge	3.889.000
Gesamt	265.548.000

Der gesamte Primärenergiebedarf im Sektor „Verkehr“ betrug im betrachteten Jahr 265.548.000 kWh_{Prim}, was rund 23.733.000 Liter HEL-Äquivalent entspricht. Wie in Abbildung 17 zu erkennen ist, hat die Gruppe Personenkraftwagen den mit Abstand höchsten Anteil am gesamten Primärenergieverbrauch des Sektors. Die Gruppen Krafträder, Kraftomnibusse und sonstige Kraftfahrzeuge können in der weiteren Betrachtung vernachlässigt werden.

**Abbildung 17: Der Primärenergieverbrauch der Verbrauchergruppe „Verkehr“**

2.7.5 Zusammenfassung

Der gesamte Primärenergieverbrauch in der Stadt Geretsried bildet sich aus den Verbräuchen an Primärenergie in den Verbrauchergruppen „private Haushalte“, „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“, „kommunale Liegenschaften“ und „Verkehr“.

In Tabelle 22 ist die Aufteilung des Primärenergieverbrauchs nach den einzelnen Verbrauchergruppen dargestellt. In der Verbrauchergruppe „private Haushalte“ wurden im betrachteten Zeitraum 311.156.000 kWh_{Prim} verbraucht. Die Verbrauchergruppe „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“ benötigte 289.338.000 kWh_{Prim} an Primärenergie. Die Verbrauchergruppe der „kommunalen Liegenschaften“ hatte einen Bedarf von 13.462.000 kWh_{Prim}. Die Verbrauchergruppe „Verkehr“ benötigte im Abrechnungszeitraum 265.548.000 kWh_{Prim}.

Tabelle 22: Der Primärenergieverbrauch aufgeteilt nach den einzelnen Verbrauchergruppen

Verbrauchergruppe	Primärenergieverbrauch [kWh_{Prim}/a]
private Haushalte	311.156.000
Gewerbe, Industrie und Sonderkunden	289.338.000
kommunale Liegenschaften	13.462.000
Verkehr	265.548.000
Gesamt	879.504.000

Somit ergibt sich ein gesamter Verbrauch an Primärenergie im Abrechnungszeitraum von 879.504.000 kWh_{Prim}, was rund 78.606.000 Liter HEL-Äquivalent entspricht.

In nachfolgender Abbildung 18 sind die einzelnen Primärenergieverbräuche in der Stadt Geretsried dargestellt. In dieser Abbildung ist zu erkennen, dass ähnlich hohe Primärenergieverbräuche in den Verbrauchergruppen „private Haushalte“, „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“ und „Verkehr“ vorliegen. In der Verbrauchergruppe „kommunale Liegenschaften“ wurde nur ein geringer Anteil am gesamten Primärenergieverbrauch umgesetzt.

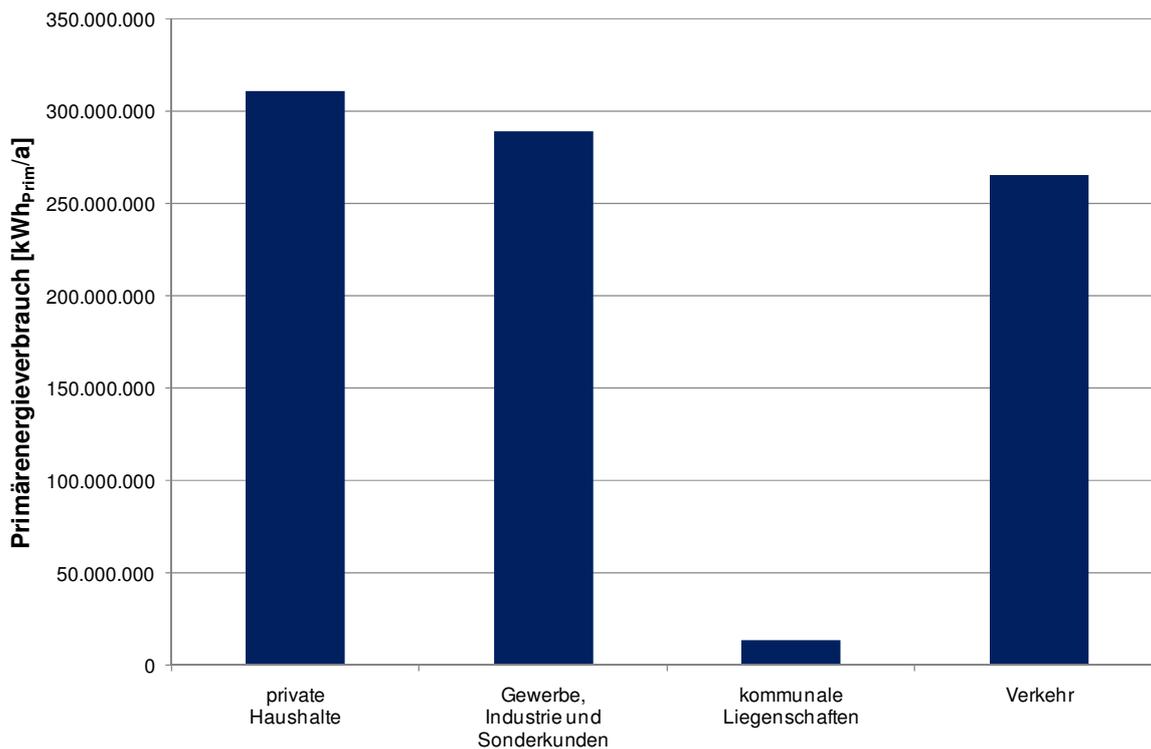


Abbildung 18: Der Primärenergieverbrauch aufgeteilt nach den einzelnen Verbrauchergruppen

2.8 Der CO₂-Ausstoß in den einzelnen Verbrauchergruppen

Der jährlich gesamte CO₂-Ausstoß der Stadt Geretsried bildet sich aus den CO₂-Emissionen der einzelnen Verbrauchergruppen. Diese Emissionen bilden sich aus dem Verbrauch von leitungsgebundenen und nicht-leitungsgebundenen Endenergien im Zeitraum eines Jahres. In Tabelle 23 sind für die verschiedenen Energieträger die CO₂-Äquivalente dargestellt, die vom Deutschen Institut für Wohnen und Umwelt ermittelt wurden. Der CO₂-Äquivalent-Emissionsfaktor rechnet die Klimawirksamkeit der klimawirksamen Gase auf äquivalente Mengen CO₂ um. Dieser Faktor wird auf der Basis der Endenergiebedarfswerte der jeweiligen Energieträger in g/kWh_{End} berechnet. Mit Hilfe dieser Werte und den einzelnen Verbräuchen der jeweiligen Energieart kann der CO₂-Ausstoß berechnet werden.

Tabelle 23: Die CO₂-Äquivalente für die verschiedenen Energieträger [10]

Energieart	CO ₂ - Äquivalent [g/kWh _{End}]
Heizöl	302
Erdgas	244 *
Steinkohle	438
Braunkohle	451
Holz hackschnitzel	35
Brennholz	6
Holz pellets	41
Strom (Mix)	633

* bezogen auf den Heizwert

2.8.1 Private Haushalte

Die Verbrauchergruppe „private Haushalte“ verursacht durch den Verbrauch von Strom, Erdgas und sonstiger Wärmeerzeugung CO₂-Emissionen. In nachfolgender Tabelle 24 sind die durch die einzelnen Energieträger verursachten CO₂-Emissionen, sowie der gesamte CO₂-Ausstoß in der Verbrauchergruppe „private Haushalte“ aufgeführt.

Tabelle 24: Der CO₂-Ausstoß der Verbrauchergruppe „private Haushalte“

Energieträger	CO ₂ - Ausstoß [t/a]
Strom	30.400
Erdgas	18.800
sonstige Wärmeerzeugung	26.700
Gesamt	75.900

Im Auswertungszeitraum wurde vom Energieträger Strom 30.400 Tonnen CO₂, vom Energieträger Erdgas 18.800 Tonnen CO₂ und durch Energieträger, die durch sonstige Wärmeerzeugung verbraucht wurden, 26.700 Tonnen CO₂ verursacht.

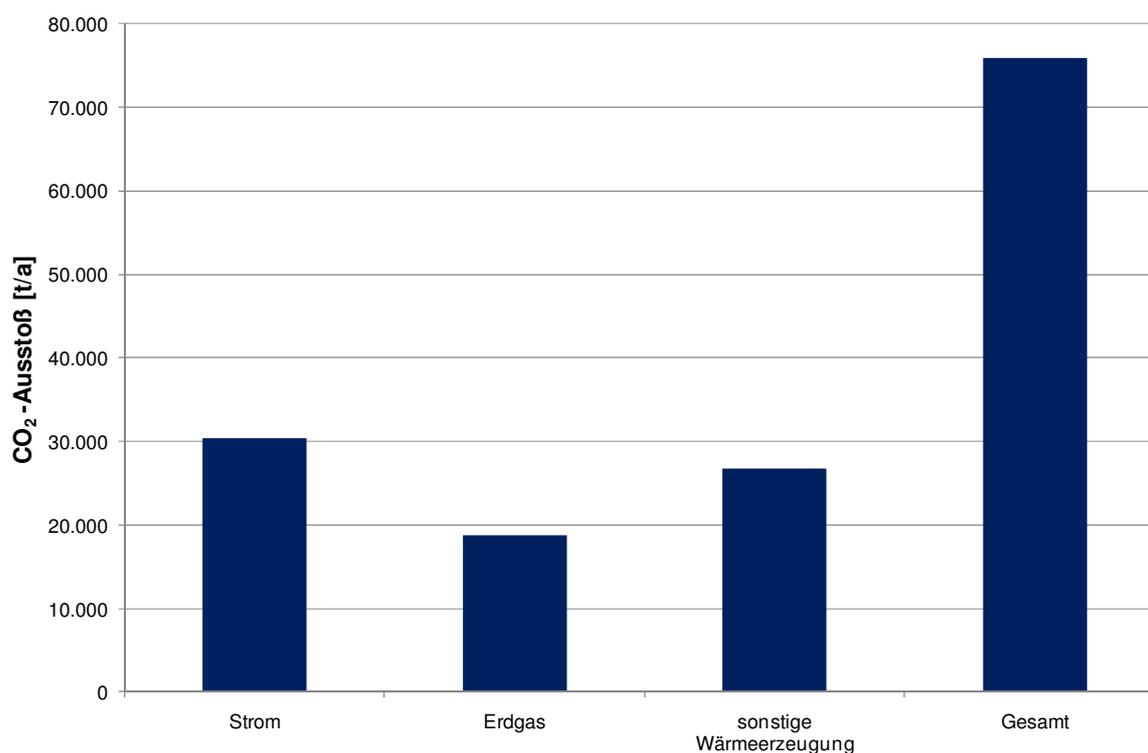


Abbildung 19: Der CO₂-Ausstoß der Verbrauchergruppe „private Haushalte“

Die Verbrauchergruppe der „privaten Haushalte“ verursachte im betrachteten Zeitraum einen gesamten CO₂-Ausstoß von 75.900 Tonnen.

2.8.2 Gewerbe, Industrie und Sonderkunden

In der Verbrauchergruppe „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“ wurden CO₂-Emissionen durch den Verbrauch von Strom, Erdgas und Energieträger für sonstige Wärmeerzeugung verursacht.

Tabelle 25: Der CO₂-Ausstoß der Verbrauchergruppe „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“

Energieträger	CO ₂ - Ausstoß [t/a]
Strom	35.300
Erdgas	24.700
sonstige Wärmeerzeugung	8.300
Gesamt	68.300

In obiger Tabelle 25 sind die einzelnen CO₂-Ausstöße in der betrachteten Verbrauchergruppe aufgeführt.

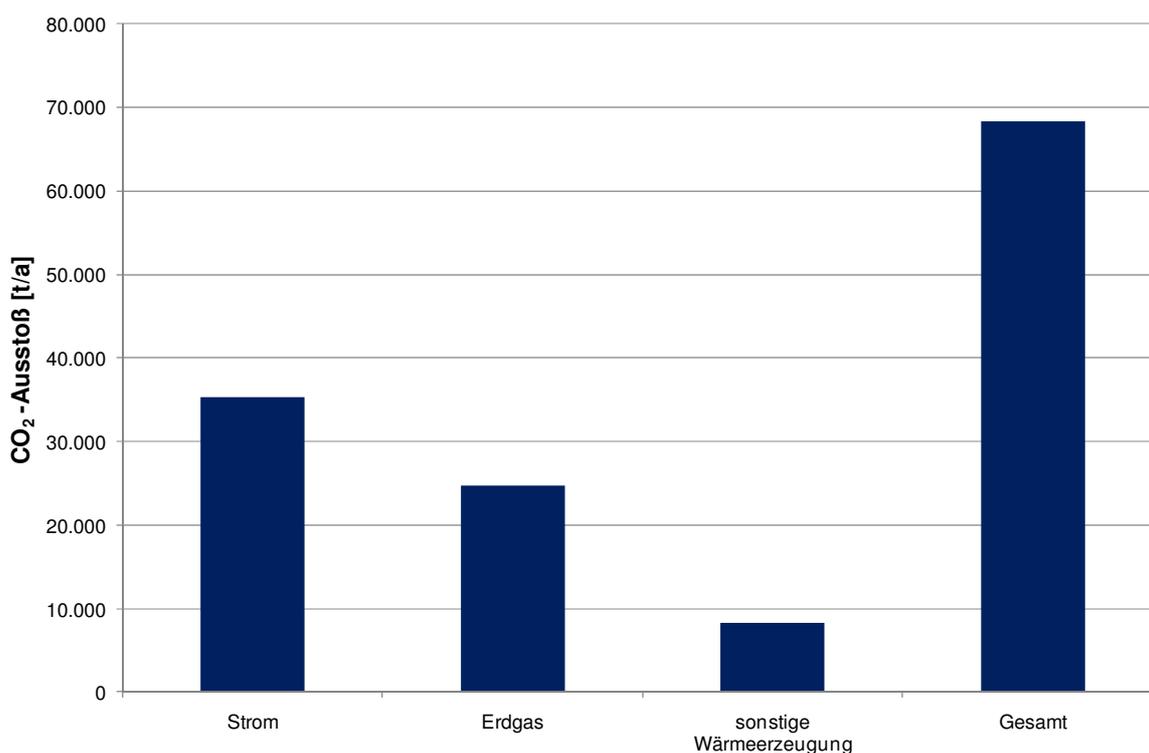


Abbildung 20: Der CO₂-Ausstoß der Verbrauchergruppe „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“

In der Verbrauchergruppe „Gewerbe, Industrie und Sonderkunde“ wurde im betrachteten Zeitraum ein CO₂-Ausstoß von 68.300 Tonnen verursacht.

2.8.3 Kommunale Liegenschaften

Die betrachteten kommunalen Liegenschaften in der Stadt Geretsried verursachen CO₂ durch die Nutzung von Strom und Erdgas.

Tabelle 26: Der CO₂-Ausstoß der Verbrauchergruppe „kommunale Liegenschaften“

Energieträger	CO ₂ - Ausstoß [t/a]
Strom	1.700
Erdgas	1.400
Gesamt	3.100

In den Liegenschaften der Stadt Geretsried wurden im betrachteten Zeitraum 1.700 Tonnen CO₂ durch Strom und 1.400 Tonnen CO₂ durch den Verbrauch von Erdgas verursacht. Die kommunalen Liegenschaften der Stadt Geretsried hatten einen gesamten CO₂-Ausstoß von 3.100 Tonnen im betrachteten Zeitraum.

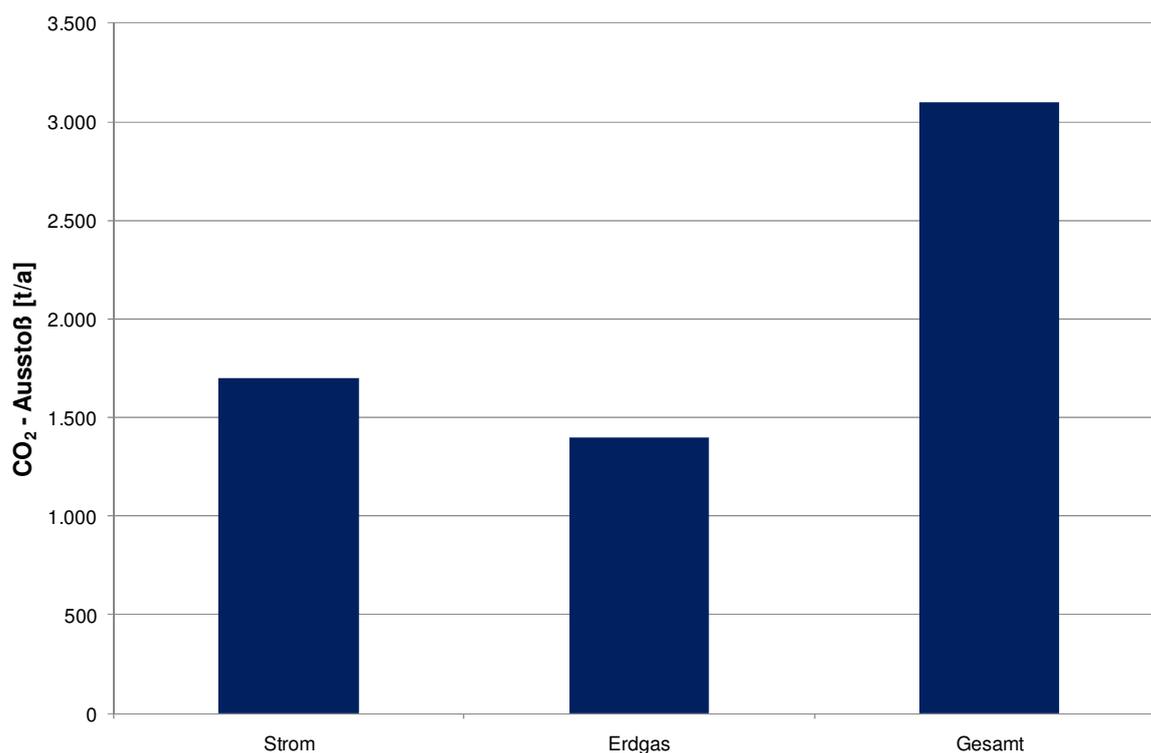


Abbildung 21: Der CO₂-Ausstoß der Verbrauchergruppe „kommunale Liegenschaften“

2.8.4 Verkehr

Um den CO₂-Ausstoß in der Verbrauchergruppe „Verkehr“ bestimmen zu können, müssen zusätzlich zu den vorher erwähnten Veröffentlichungen des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung CO₂-Äquivalente für die verschiedenen Kraftstoffarten herangezogen werden. Diese sind in nachfolgender Tabelle 27, die vom Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung im Rahmen der Publikation „Verkehr in Zahlen 2009/2010“, veröffentlicht wurden, dargestellt.

Tabelle 27: Die CO₂-Äquivalente für die verschiedenen Kraftstoffe [11]

Kraftstoff	CO₂ - Äquivalent [g/kWh_{End}]
Benzin	292
Diesel	313
Gas	244
Elektro	633

Nach der Verrechnung des Endenergieverbrauchs mit den CO₂-Äquivalenten kann der CO₂-Ausstoß für die einzelnen Kraftfahrzeugarten bestimmt werden, welcher in Tabelle 28 dargestellt ist.

Tabelle 28: Der CO₂-Ausstoß der Verbrauchergruppe „Verkehr“

Kraftfahrzeugart	CO₂ - Ausstoß [t/a]
Krafträder	530
Personenkraftwagen	36.120
Kraftomnibusse	200
Lastkraftwagen	15.220
Sattelzugmaschinen	19.370
sonstige Kraftfahrzeuge	1.090
Gesamt	72.530

In folgender Abbildung 22 wurde der CO₂-Ausstoß nach den einzelnen Kraftfahrzeugarten abgebildet. Es ist zu erkennen, dass die Gruppe der Personenkraftwagen den größten Ausstoß verursacht. Lastkraftwagen und Sattelzugmaschinen haben ebenso einen großen Anteil am Gesamtausstoß in dieser Verbrauchergruppe, während Krafträder, Kraftomnibusse und die sonstigen Kraftfahrzeuge nur geringe CO₂-Emissionen verursachen. Die Verbrauchergruppe „Verkehr“ hatte 2009 einen gesamten CO₂-Ausstoß von 72.530 Tonnen.

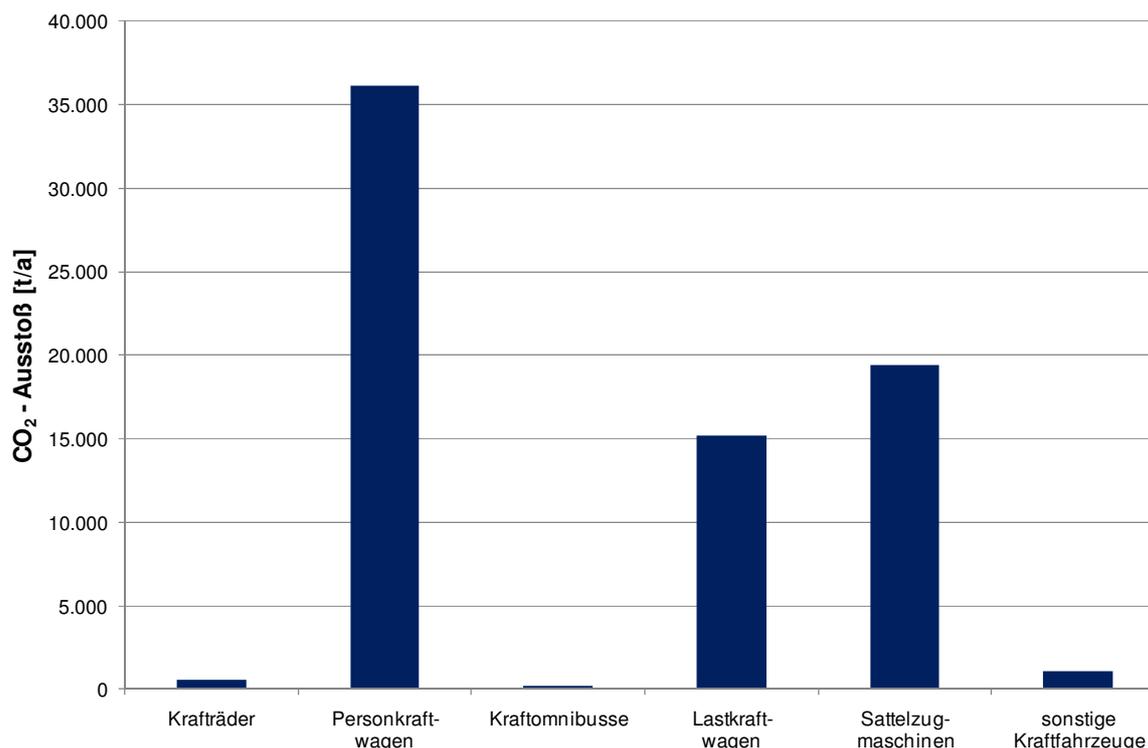


Abbildung 22: Der CO₂-Ausstoß der Verbrauchergruppe „Verkehr“

2.8.5 Zusammenfassung

Die gesamten CO₂-Emissionen in der Stadt Geretsried bilden sich aus den CO₂-Ausstößen in den einzelnen Verbrauchergruppen. In den Verbrauchergruppen „private Haushalte“ und „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“ werden diese Emissionen durch Strom Erdgas und Energieträger, die für sonstige Wärmeerzeugung eingesetzt werden, verursacht. Die Verbrauchergruppe der „kommunalen Liegenschaften“ verursacht Emissionen durch Strom und Erdgas. In der Verbrauchergruppe „Verkehr“ hingegen werden CO₂-Emissionen durch Strom, Flüssiggas, Benzin und Diesel verursacht.

Tabelle 29: Der CO₂-Ausstoß aufgeteilt nach den einzelnen Verbrauchergruppen

Verbrauchergruppe	CO ₂ - Ausstoß [t/a]
private Haushalte	75.900
Gewerbe, Industrie und Sonderkunden	68.300
kommunale Liegenschaften	3.100
Verkehr	72.530
Gesamt	219.830

In obiger Tabelle 29 sind die gesamten CO₂-Ausstöße in den einzelnen Verbrauchergruppen dargestellt.

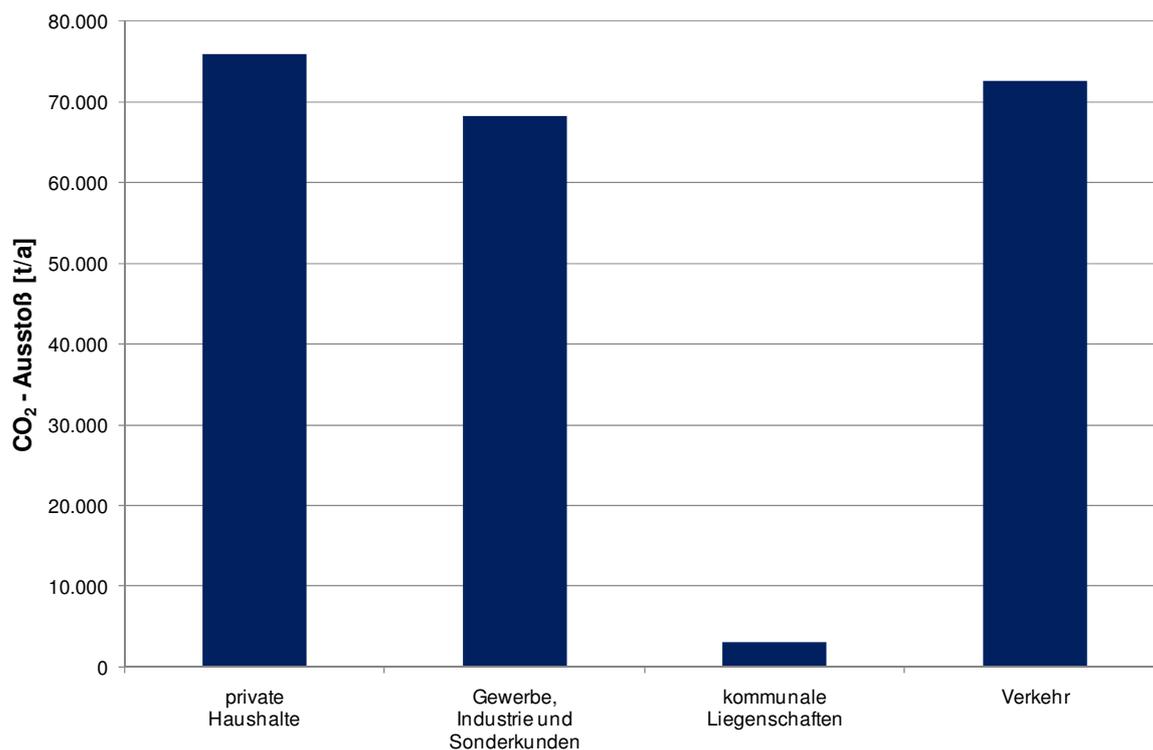


Abbildung 23: Der CO₂-Ausstoß aufgeteilt nach den einzelnen Verbrauchergruppen

In Abbildung 23 ist die Aufteilung der CO₂-Emissionen nach den einzelnen Verbrauchergruppen dargestellt. Die Verbrauchergruppen „private Haushalte“, „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“ und „Verkehr“ haben den größten Anteil am gesamten CO₂-Ausstoß der Stadt Geretsried, der rund 219.830 Tonnen im Betrachtungszeitraum beträgt.

3 Potentialbetrachtung zur Minderung der CO₂-Emissionen

3.1 Analyse der demographischen und regionalplanerischen Aspekte

Eine wichtige Vorabanalyse ist die Betrachtung der demographischen und regionalplanerischen Entwicklung, da diese die Veränderung der zukünftigen Endenergienutzung beeinflusst. 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 sozialen Faktoren, die für Veränderungen verantwortlich sind. Bei der regionalplanerischen Betrachtung werden Ziele und Grundsätze der Raumordnung und der Landesplanung betrachtet.

Die Stadt Geretsried liegt im Regierungsbezirk Oberbayern des Freistaates Bayern. Vorab wird der demographische Istzustand und die zukünftige Entwicklung des Bundeslandes Bayern betrachtet. In nachfolgender Abbildung 24 sind die zurückliegende Entwicklung der Einwohnerzahlen sowie die prognostizierte Entwicklung dieser für den Freistaat Bayern dargestellt.

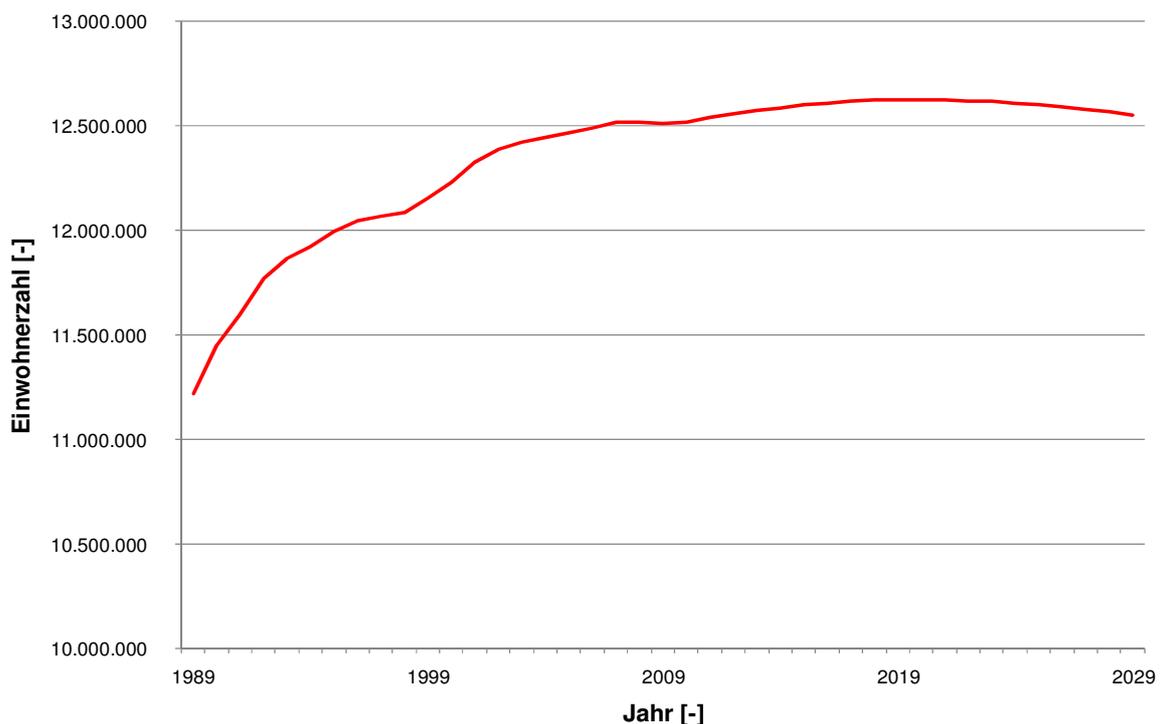


Abbildung 24: Die zurückliegende sowie die prognostizierte Entwicklung der Einwohnerzahlen im Freistaat Bayern [23]

Neben der Betrachtung der Entwicklung der Bevölkerungszahlen ist die Veränderung der Altersgruppenverteilung ein entscheidender Faktor bei der demographischen Betrachtung des Gebietes. In Abbildung 25 ist die Veränderung der Altersgruppenstruktur für den Freistaat Bayern dargestellt.

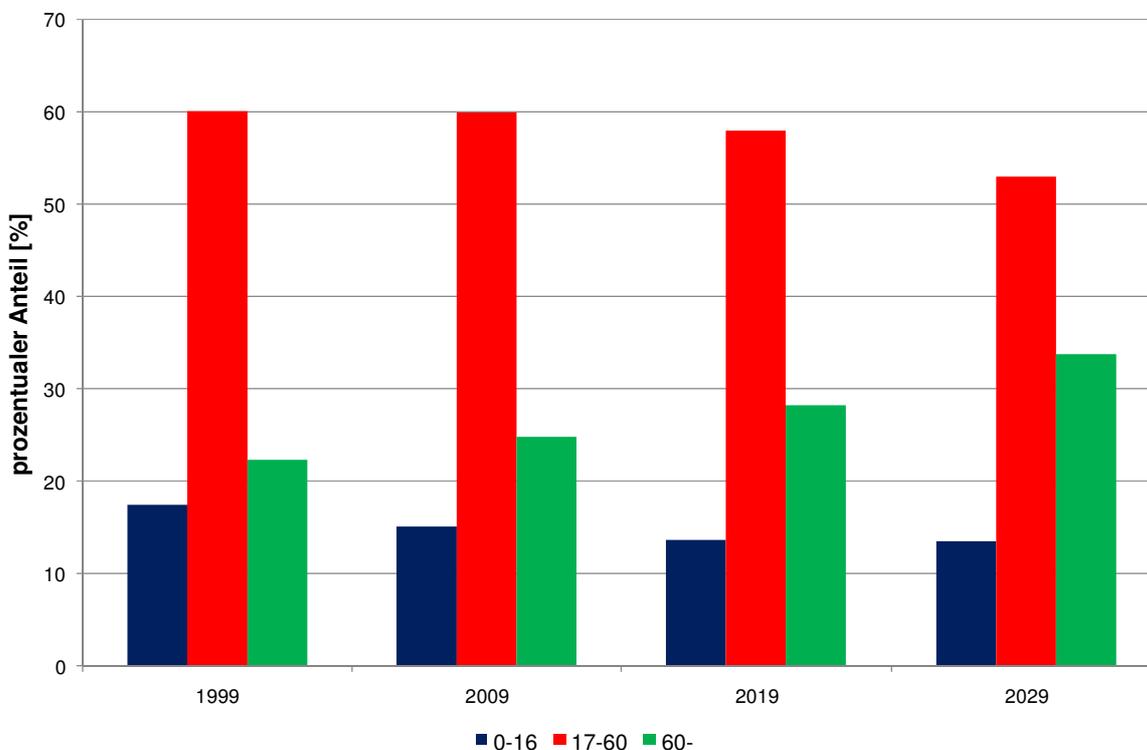


Abbildung 25: Die Veränderung der Altersgruppenstruktur des Freistaates Bayern [23]

Wie in Abbildung 25 zu erkennen ist, wird für die kommenden Jahre eine Veränderung der Altersgruppenstruktur in Bayern prognostiziert. Diese Prognose zeigt eine Zunahme der Bevölkerungsgruppen über 60 Jahre. Parallel dazu wird für die Altersgruppe zwischen 0 und 16 Jahre und für die Altersgruppe zwischen 17 und 60 Jahre eine Abnahme vorausgesagt.

Die Zahlen aus dieser Vorausberechnung zeigen, dass im Freistaat Bayern ein demographischer Wandel ein bedeutsames Thema ist. Neben der langfristigen Abnahme der Bevölkerung stellt die Alterung der Bevölkerung das zweite Merkmal des demographischen Wandels im Freistaat Bayern dar.

Um die demographische Entwicklung des betrachteten Gebietes besser deuten zu können wird nachfolgend die demographische Entwicklung für den Regierungsbezirk Oberbayern näher betrachtet.

In Abbildung 26 ist die Entwicklung der Einwohnerzahlen für den Regierungsbezirk Oberbayern dargestellt. In dieser Abbildung ist zu erkennen, dass in den vergangenen Jahren eine stetige Zunahme der Einwohnerzahlen registriert werden konnte. Dieser Trend wird für den Regierungsbezirk auch für die nächsten 20 Jahre prognostiziert.

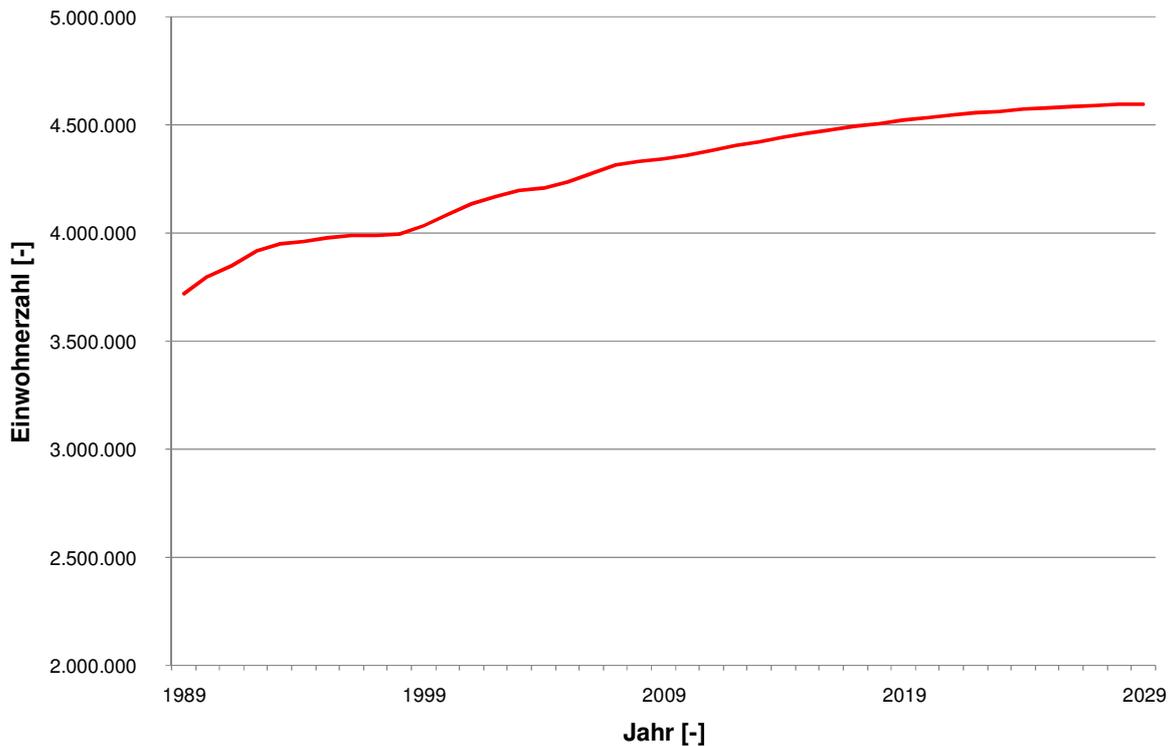


Abbildung 26: Die zurückliegende sowie die prognostizierte Entwicklung der Einwohnerzahlen des Regierungsbezirks Oberbayern [23]

Parallel zur Betrachtung der Entwicklung der Einwohnerzahlen wird die Veränderung der Altersstruktur aufgezeigt. Diese ist in Abbildung 27 dargestellt. Aus dieser Abbildung ist zu erkennen, dass in der Altersgruppe zwischen 0 und 16 Jahren eine stetige Abnahme stattfand. Diese Abnahme wird auch für die kommenden Jahre prognostiziert. In der Gruppe zwischen 17 und 60 Jahre wurde in den vergangenen Jahren ebenfalls eine Abnahme wahrgenommen. Lediglich in der Gruppe der über 60 Jährigen konnte eine Zunahme verzeichnet werden.

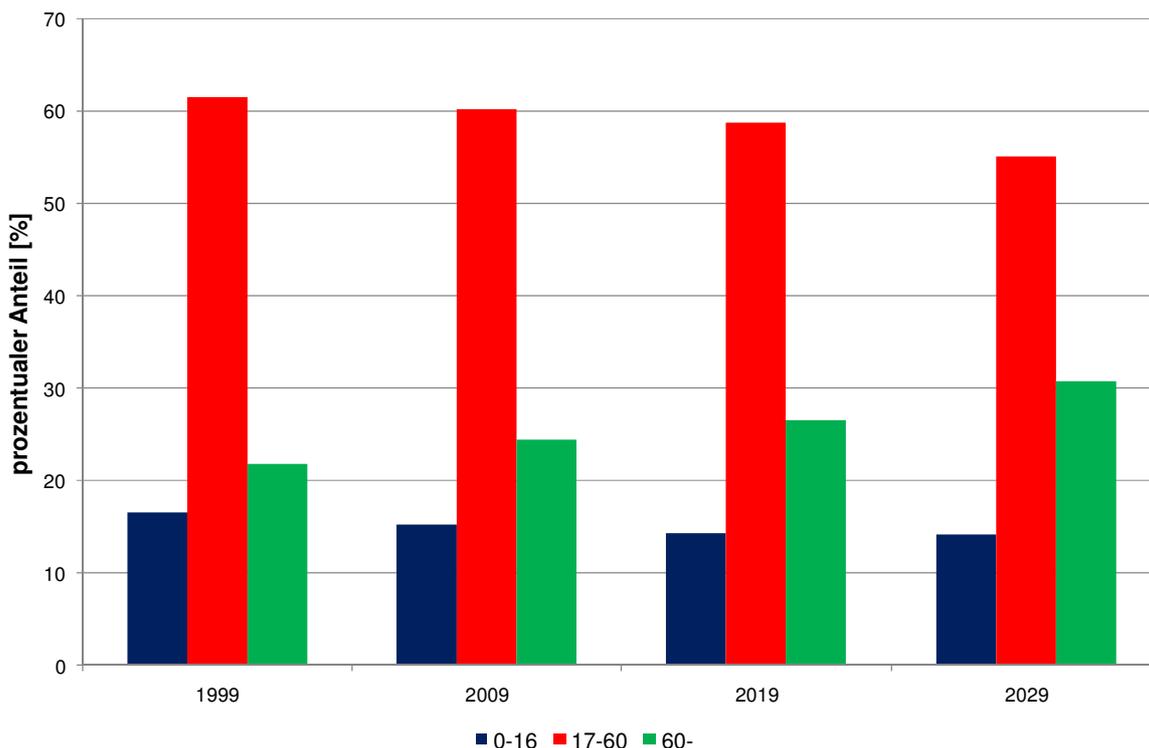


Abbildung 27: Die Veränderung der Altersgruppenstruktur des Regierungsbezirks Oberbayern [23]

Nach der demographischen Entwicklung des Freistaates Bayern sowie des Regierungsbezirkes Oberbayern wird die demographische Entwicklung der Stadt Geretsried betrachtet. In nachfolgender Abbildung 28 ist die bisherige sowie die zukünftige Entwicklung der Einwohnerzahlen der Stadt Geretsried dargestellt.

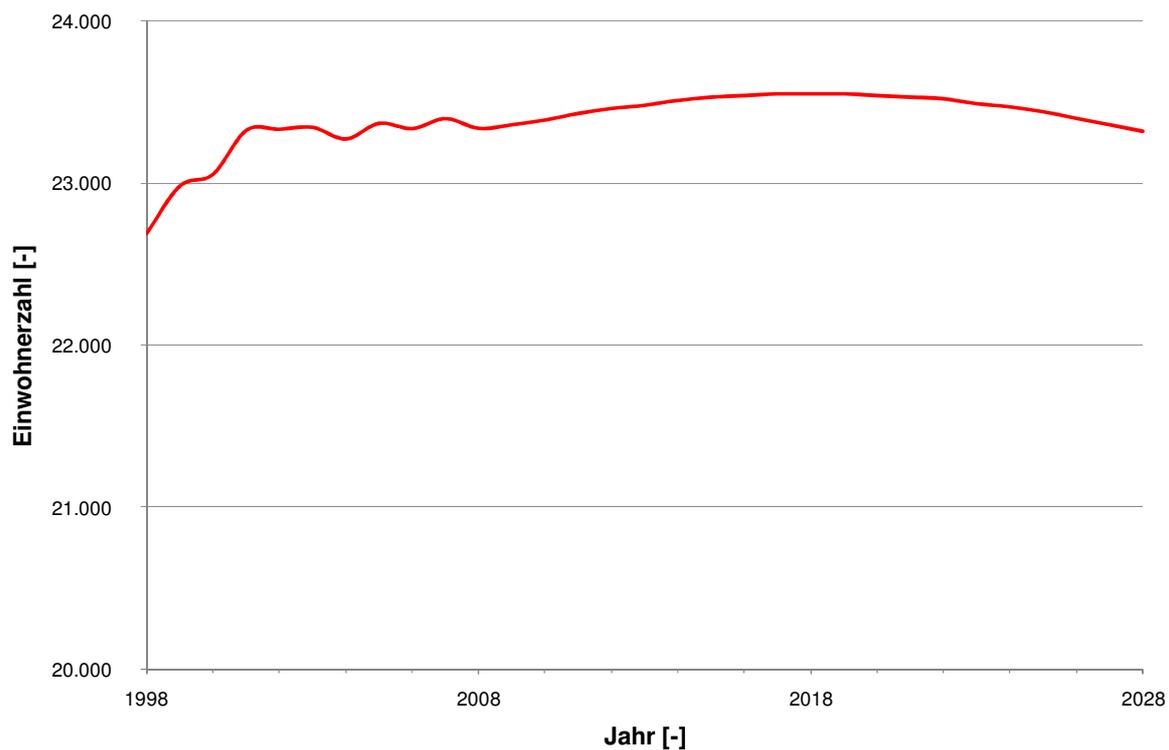


Abbildung 28: Die zurückliegende sowie die prognostizierte Entwicklung der Einwohnerzahlen der Stadt Geretsried [23]

Wie in Abbildung 28 zu erkennen ist, nahm die Einwohnerzahl der Stadt Geretsried in den letzten Jahren stetig zu. Für die Stadt Geretsried wird für die kommenden Jahre ein stetiger Zuwachs der Einwohnerzahlen prognostiziert.

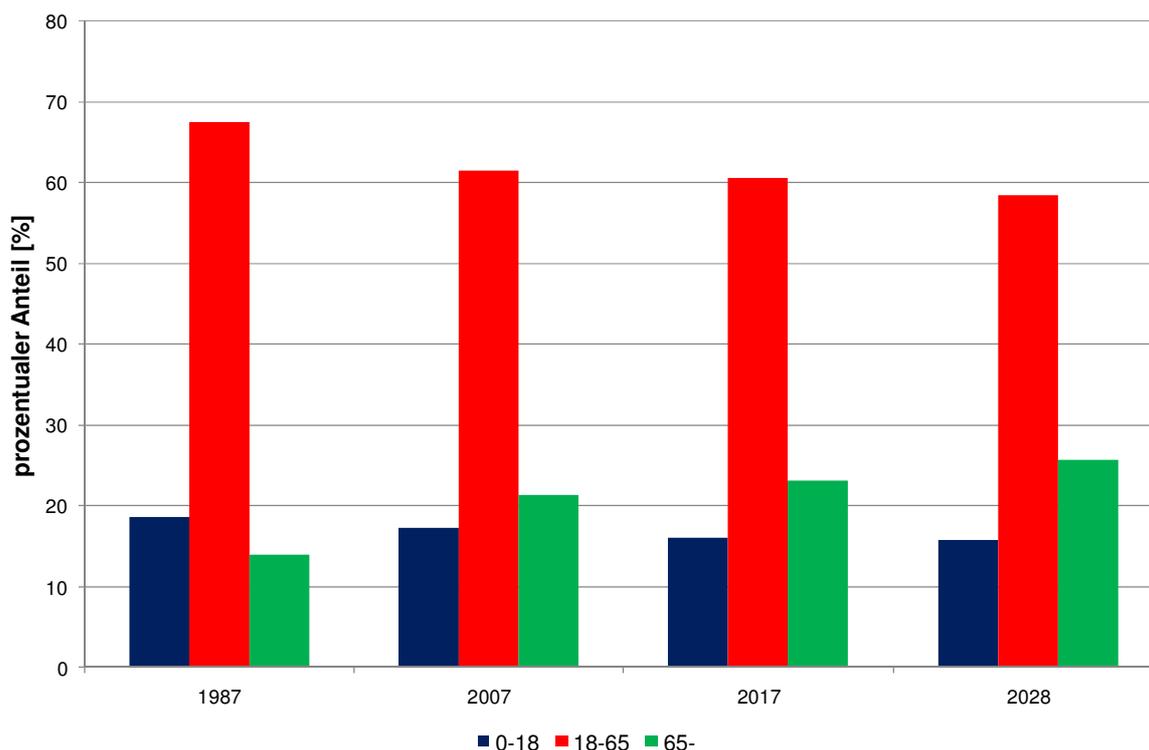


Abbildung 29: Die Veränderung der Altersgruppenstruktur der Stadt Geretsried [23]

In Abbildung 29 ist zu erkennen, dass sich wie im Bundesland Bayern und im Regierungsbezirk Oberbayern die Altersstruktur in der Stadt Geretsried veränderte bzw. verändern wird. Die Gruppe zwischen 0 und 18 Jahre wird wie die Gruppe der 18 bis 65 jährigen stetig abnehmen, wohingegen die Gruppe der über 65 jährigen stetig zunehmen wird.

Ein weiteres Kriterium, das im Rahmen dieses Klimaschutzkonzeptes berücksichtigt wird, ist die Entwicklung des Wohngebäudebestandes in der Stadt Geretsried. In Abbildung 30 ist die Entwicklung des Bestandes der Wohngebäude in Geretsried der letzten 20 Jahre dargestellt.

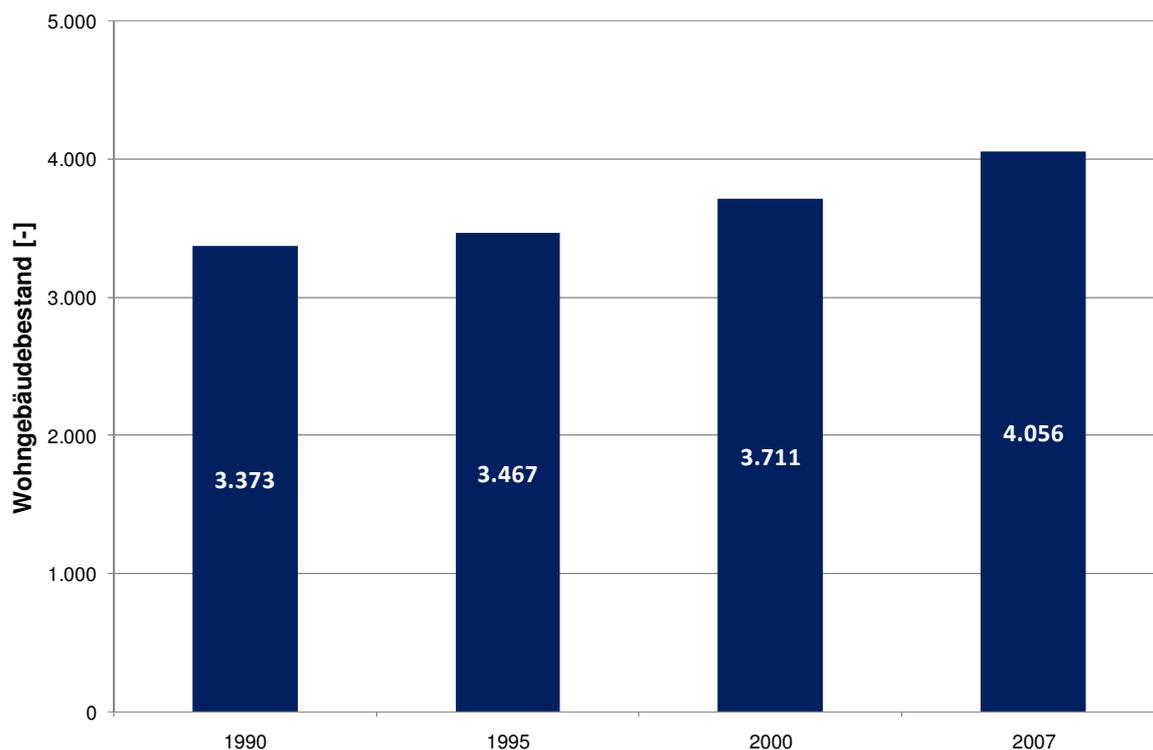


Abbildung 30: Die Entwicklung des Wohngebäudebestandes in der Stadt Geretsried [2]

Ebenfalls aussagekräftig für zukünftige Betrachtungen ist die Veränderung der Haushaltsgrößen pro Person in der Bundesrepublik Deutschland. In Abbildung 31 ist die Veränderung der Haushaltsgrößen in Deutschland des letzten Jahrhunderts dargestellt. Diese lässt einen klaren Trend vom Mehrfamilienhaus zum Einpersonenhaushalt schließen.

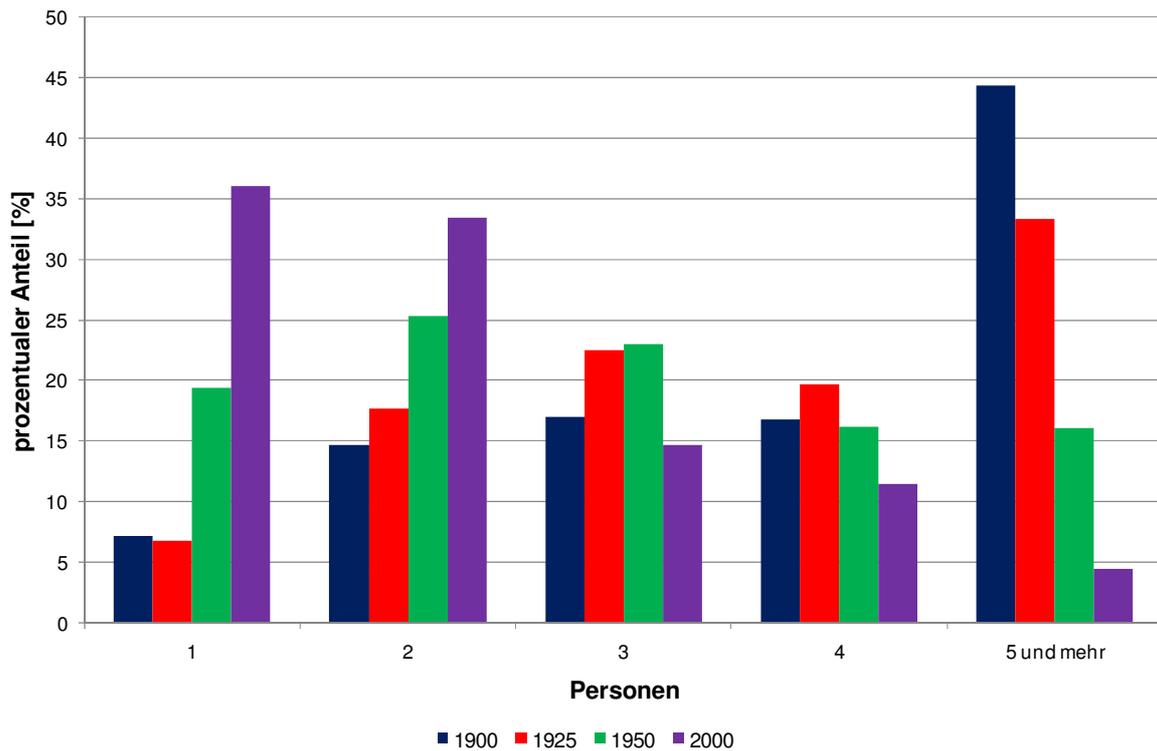


Abbildung 31: Die Veränderung der Haushaltsgrößen in der Bundesrepublik Deutschland des letzten Jahrhunderts [14]

Der letzte Gesichtspunkt, der im Rahmen der demographischen Aspekte betrachtet wird, ist die Entwicklung der Wohnfläche. In Abbildung 32 ist diese Entwicklung für das Bundesland Bayern, in welchem die Stadt Geretsried liegt, für die letzten 20 Jahre dargestellt.

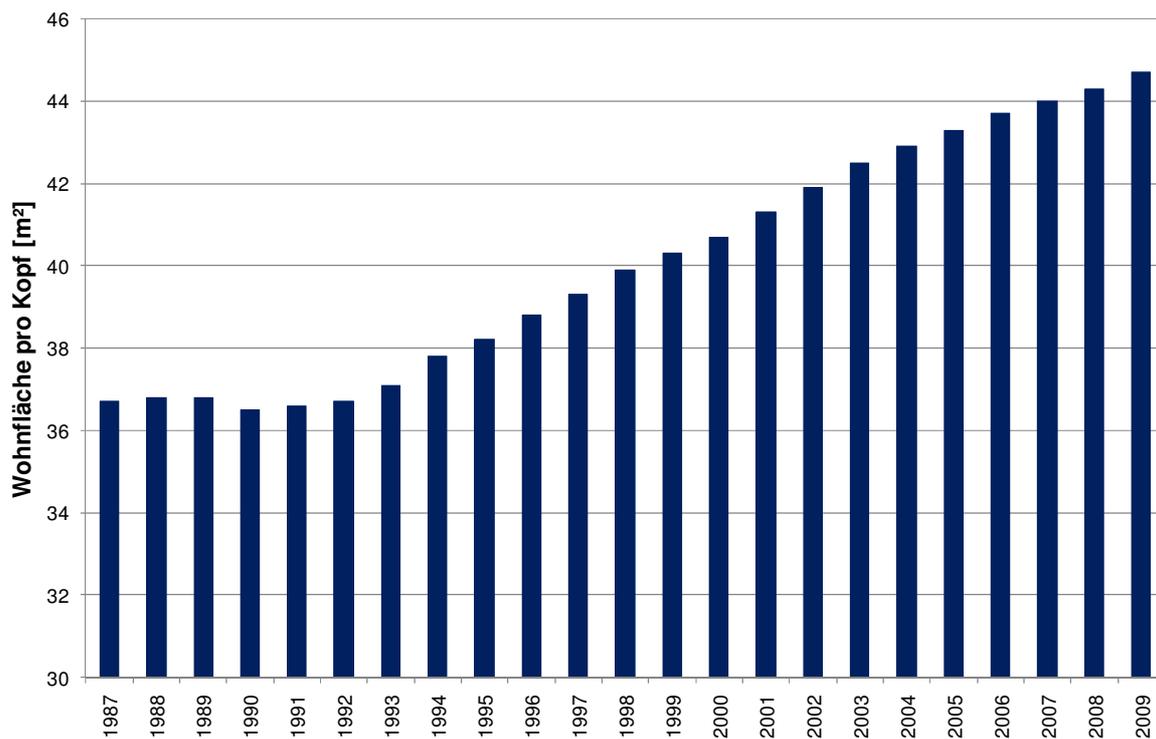


Abbildung 32: Die Wohnflächenentwicklung pro Kopf im Bundesland Bayern der letzten 20 Jahre [15]

Wie aus Abbildung 32 ersichtlich ist, konnte bzgl. der Wohnflächenentwicklung pro Kopf für das Bundesland Bayern eine stetige Zunahme festgestellt werden.

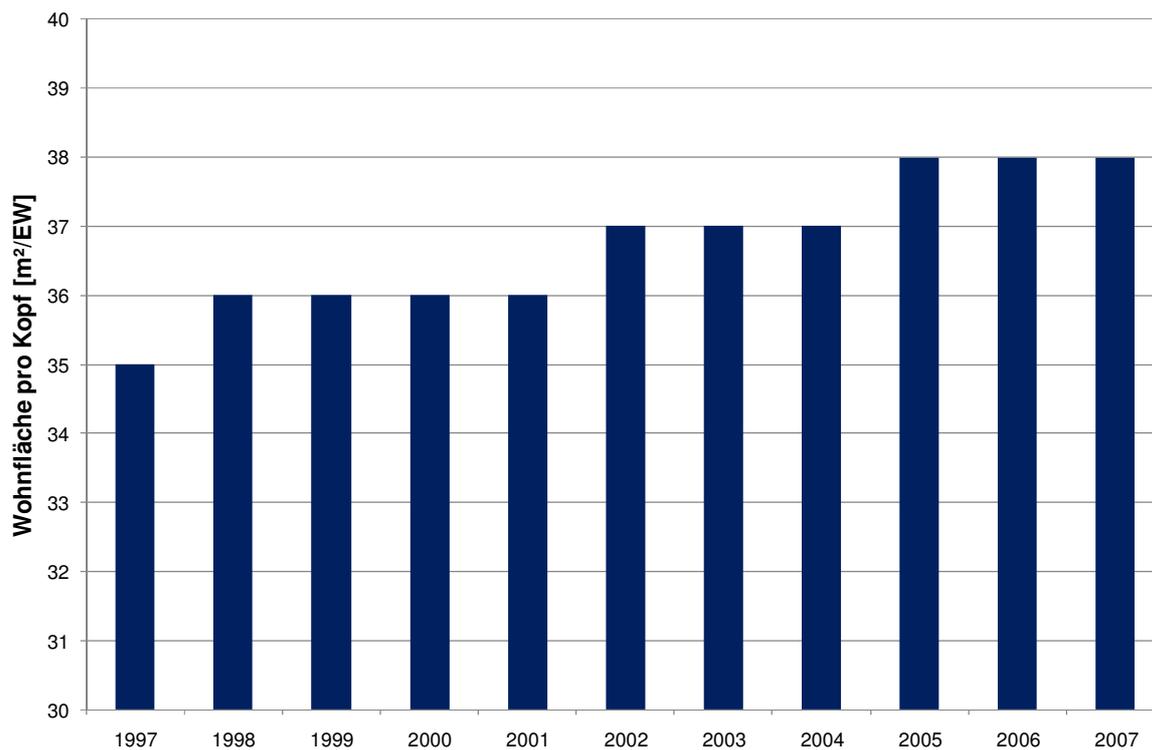


Abbildung 33: Die Entwicklung der Wohnfläche pro Kopf [41]

Wie aus Abbildung 33 ersichtlich wird, konnte in der Stadt Geretsried ebenfalls ein Anstieg der Wohnfläche pro Kopf verzeichnet werden.

Nach Betrachtung der demographischen Aspekte bezüglich der zukünftigen Entwicklung bzw. Veränderung werden nachfolgend die regionalplanerischen Gesichtspunkte betrachtet. Hierzu wird der Regionalplan Oberland, der 1988 herausgegeben wurde, herangezogen.

Dieser Regionalplan dient als Leitfaden, um die Region als selbstständigen Lebensraum zu stärken und die Funktion der Teilräume weiterzuentwickeln. Insbesondere die Wirtschaftsstruktur der Region soll auch im Interesse einer eigenständigen Entwicklung gegenüber dem großen Verdichtungsraum München durch ein breiter aufgefächertes und qualitativ verbessertes Arbeitsplatzangebot gestärkt werden. In diesem Regionalplan ist die Stadt Geretsried als Mittelzentrum definiert worden, welches eine Entwicklungsachse mit Wolfratshausen bildet, und somit von überregionaler Bedeutung ist. In nachfolgender Abbildung 34 ist ein Auszug des Regionalplanes Oberland dargestellt.

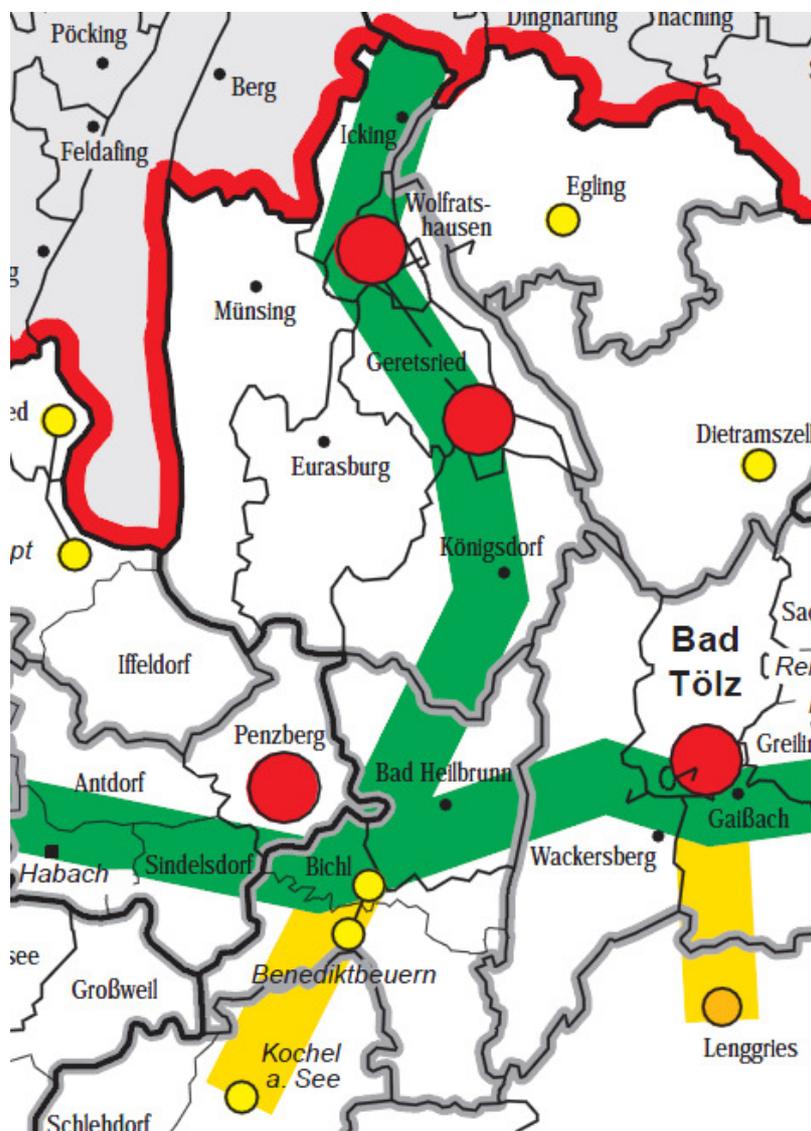


Abbildung 34: Auszug aus dem Regionalplan Oberland [23]

Aus diesem Auszug ist erkennbar, wie die überregionale Entwicklungsachse (grüner Verlauf) definiert ist. Ebenfalls erkennbar sind die beiden relevanten Mittelzentren (rote Punkte) Wolfratshausen und Geretsried, die auf der Entwicklungsachse liegen.

Diese Mittelzentren sollen durch den bedarfsgerechten Ausbau der zentralörtlichen Ausstattung und durch Verbesserung des Arbeitsplatz- und Wohnangebots gestärkt werden. Insbesondere sollen in diesen Mittelzentren die Angebote im Dienstleistungsbereich stärker aufgefächert und eine größere Branchenvielfalt angestrebt werden. Ebenso sollen vorhandene Fremdenverkehrsfunktionen auch durch einen Ausbau der Angebote in den Bereichen Kongress- und Fortbildungsveranstaltungen, Kur, Kultur und Sport gesichert werden. Darüber hinaus sollen die Innenstädte der Mittelzentren durch verkehrliche Maßnahmen (z.B. Umgehungsstraßen) sowie durch Verlagerung des Individualverkehrs auf ein verbessertes ÖPNV-System entlastet werden.

Für das gemeinsame Mittelzentrum Wolfratshausen/Geretsried sollen darüber hinaus noch zusätzliche Arbeitsplätze im produzierenden Gewerbe angestrebt werden. Ferner sieht der Regionalplan großflächige Gewerbegebiete und Erweiterungen des Branchenspektrums für den überörtlichen Bedarf vor. Diese sollen vorrangig auf regionale gewerbliche Schwerpunkte wie z.B. Wolfratshausen/Geretsried gelenkt werden. Abgesehen davon sollen die Mittelzentren, die an den Entwicklungsachsen liegen, als Wachstumspole dienen und durch den Ausbau der vorhandenen Infrastruktur sollen die Voraussetzungen für die Ansiedelung von Unternehmen verbessert werden.

Zudem soll im Mittelbereich Wolfratshausen/Geretsried der starken Sogwirkung des Arbeitsmarktes München durch eine differenziertere Arbeitsplatzstruktur entgegengewirkt werden. Außerdem sollen die bestehenden Arbeitsmarktverflechtungen mit dem Mittelbereich Bad Tölz weiter ausgebaut werden.

Zusammenfassung

Im betrachteten Kapitel „Analyse der demographischen und regionalplanerischen Aspekte“ wurden beginnend die demographischen Aspekte bzgl. der Stadt Geretsried analysiert. Es wurden vorab die Entwicklung der Einwohnerzahlen und deren Altersverteilung für das Bundesland Bayern, den Regierungsbezirk Oberbayern und für die Stadt Geretsried betrachtet.

Für das Bundesland Bayern konnte eine stetige Zunahme der Einwohnerzahlen festgestellt werden. Diese Zunahme der Einwohnerzahlen kann auch für die künftigen Jahre prognostiziert werden, wobei der Höchstwert im Jahre 2020 erreicht wird. Bei der Verteilung der Altersstruktur konnte festgestellt werden, dass hier eine Verschiebung stattfindet. In den Altersgruppen der 0-16 jährigen und der 17-60 jährigen konnte eine Abnahme verzeichnet werden, wohingegen bei der Altersgruppe der über 60 jährigen eine stetige Zunahme verzeichnet werden konnte. Dieser Trend der Altersgruppenverteilung wird auch für die zukünftigen Jahre für das Bundesland Bayern prognostiziert.

Bei der Betrachtung der Entwicklung der Einwohnerzahlen für den Regierungsbezirk Oberbayern konnte ebenfalls eine positive Entwicklung registriert werden. Bei der Entwicklung der Altersstruktur für den Regierungsbezirk Oberbayern konnte ebenfalls eine Verschiebung festgestellt werden. Diese ähnelt sehr der Verschiebung, die für das Bundesland Bayern aufgezeichnet wurde. Diese Veränderung der Altersstruktur kann auch für die Zukunft vorausgesagt werden.

Anschließend wurden diese Entwicklungen für die Stadt Geretsried begutachtet. Bei der Entwicklung der Einwohnerzahlen konnte eine stetige Zunahme für die Stadt Geretsried festgestellt werden. Diese Zunahme wird für die folgenden Jahre für die Stadt Geretsried bis zum Jahre 2018 auch weiterhin erwartet. Bei der Entwicklung der Altersverteilung konnte die gleiche Entwicklung, die für das Bundesland Bayern und für den Regierungsbezirk Oberbayern gilt, festgestellt werden. Der Trend zur „Veralterung“ der Bevölkerung kann auch für die Stadt Geretsried vorausgesagt werden.

Folgend wurde die Entwicklung des Wohngebäudebestandes analysiert. Für diese Entwicklung konnte für die Stadt Geretsried eine Zunahme in den letzten Jahren verzeichnet werden. Anschließend wurde die Entwicklung der Haushaltsgrößen betrachtet. Hier konnte festgestellt werden, dass eine stetige Verkleinerung der Haushaltsgrößen vorliegt.

Abschließend wurde die Entwicklung der Wohnfläche pro Kopf für das Bundesland Bayern und für die Stadt Geretsried betrachtet. Hier konnte eine stetige Zunahme der Wohnfläche pro Kopf verzeichnet werden.

Bei der Betrachtung der regionalplanerischen Aspekte wurden die Entwicklungsaspekte des Regionalplanes Oberland für die Stadt Geretsried herangezogen. Dieser sieht vor, dass das gemeinsame Mittelzentrum Wolfratshausen/Geretsried auf einer Entwicklungsachse, welche überregionaler Bedeutung ist, liegt. Desweiteren soll die Stadt Geretsried künftig ein Schwerpunkt gewerblicher Ansiedelung werden.

Aus den oben zusammengefassten Aspekten lässt sich eine allgemeine Veränderung der zukünftigen Randbedingungen erkennen. Durch die Veränderung der Bevölkerungszahl und deren Altersstruktur lassen sich zukünftige regionalplanerische Entscheidungen ableiten, die im Hinblick auf angestrebte Klimaschutzziele frühzeitig mit eingeplant werden müssen.

- Andere Anforderungen z.B. in der Wohnsituation, Bedarf an Altenheimen (betreutes Wohnen) wird größer.
- Der Bestand an Wohngebäuden hat von 1990 bis 2007 jährlich kontinuierlich zugenommen, d.h. das Verhältnis EW/Haus wird kleiner (andere Lebensweise, keine landwirtschaftlich geprägten Großfamilien mehr, kleine Familien, Single-Haushalte, gestiegenes spezifisches Wohnflächenbedürfnis).
- junge Familien / Paare bauen neu, bei Überalterung der Bevölkerung bzw. keinem Zuwachs bleiben zunehmend leer stehende Gebäude zurück.

Für die entsprechend aufgezeigten Aspekte der demografischen und regionalplanerischen Veränderungen müssen hinsichtlich geplanter Klimaschutzziele frühzeitig Maßnahmen seitens der Stadt in der Leitplanung ergriffen werden. Für die Betrachtung im Rahmen dieses Klimaschutzkonzeptes lässt sich allerdings der Schluss ziehen, dass mit keinen außerordentlichen Veränderungen sowohl hinsichtlich Einwohnerzahl als auch Wohnflächenbedarf und Gebäudebestand zu rechnen ist. Aufgrund der dargelegten Trends die auch von den regionalplanerischen Vorgaben gestützt werden, ist in allen Bereichen von konstanten Entwicklungen, ggfs. moderaten Steigerungen auszugehen. Besondere Impulse und Dynamik können jedoch die Verlängerung der S-Bahnlinie 7 von Wolfratshausen nach Geretsried und eine in diesem Zusammenhang stattfindende Entwicklung der rund 11 ha großen Böhmerwiese als erweitertes Stadtzentrum entfalten.

3.2 Potentialbetrachtung im Bereich der privaten Haushalte

Die Verbrauchergruppe der privaten Haushalte bietet viele Möglichkeiten, elektrische und thermische Energie einzusparen und folglich den CO₂-Ausstoß in dieser Verbrauchergruppe zu minimieren.

In nachfolgender Abbildung 35 ist die Aufteilung des Endenergieverbrauchs in dieser Gruppe der Verbraucher dargestellt. Aus der folgenden Abbildung wird ersichtlich, dass die Sparte „Heizung“ mit 75 Prozent den größten Anteil einnimmt. Der Bereich „Warmwasser“ nimmt 12 Prozent des jährlichen Endenergieverbrauchs ein. Der Bereich der „Haushaltsgeräte“ mit 11 Prozent und der Bereich „Licht“ mit 2 Prozent vervollständigen den gesamten Verbrauch in der Verbrauchergruppe „private Haushalte“.

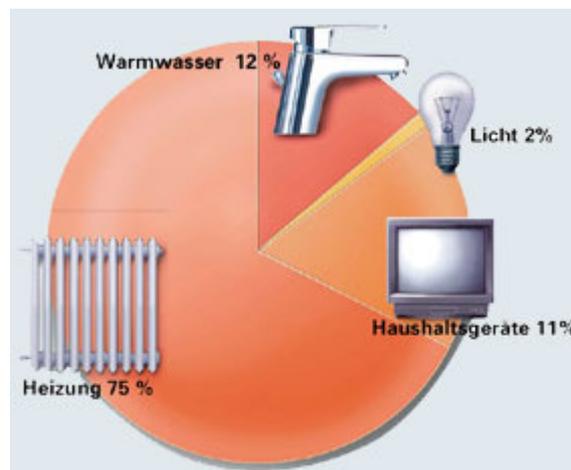


Abbildung 35: Die Aufteilung des Endenergieverbrauch der private Haushalte in der Bundesrepublik Deutschland [18]

Die nachfolgend erläuterten Punkte zeigen die einzelnen Potentiale zur Energiereduzierung, und somit der Reduzierung der CO₂-Emissionen in den privaten Haushalten auf.

Sanierung der Gebäudehülle

Eine Erneuerung der Gebäudehülle bzw. Erneuerung der Dämmung eines Gebäudes hat das Ziel, den Heizwärmebedarf eines Gebäudes zu senken. Dies geschieht durch gezielte Dämmung der einzelnen Gebäudeabschnitte, was eine Verringerung des Wärmedurchgangskoeffizienten zur Folge hat.

In nachfolgender Abbildung 36 ist das thermographische Bild eines ungedämmten Gebäudes dargestellt. Je mehr der jeweilige Bereich in Rot übergeht bzw. je rötlicher ein Bereich eingefärbt ist, desto mehr Wärme geht in diesem Bereich verloren.

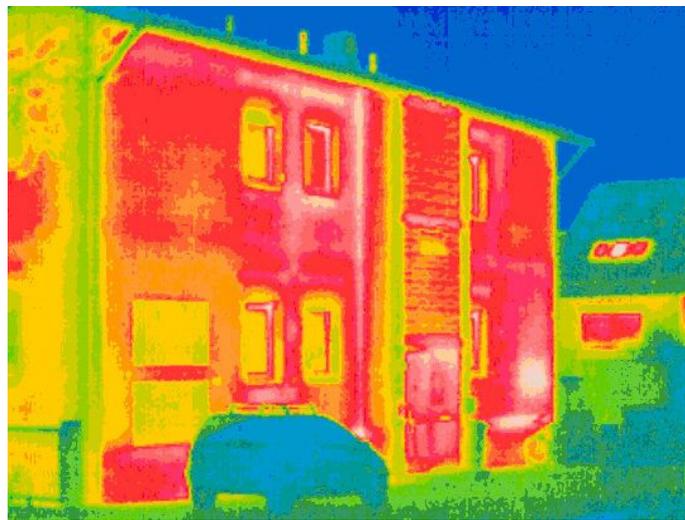


Abbildung 36: Das thermographische Bild eines Gebäudes vor der Sanierung der Gebäudehülle [19]

In Abbildung 37 ist der Ausgangszustand des Primärenergiebedarfs eines Musterhauses, das in den Jahren 1984 bis 1994 errichtet wurde, dargestellt. Dieser Primärenergiebedarf wurde mit den typischen U-Werten erstellt, die die Bausubstanz wiedergeben, die in dieser Zeit verwendet wurde. Ebenfalls Einfluss auf den Primärenergiebedarf des Gebäudes hat das installierte Heizungssystem.

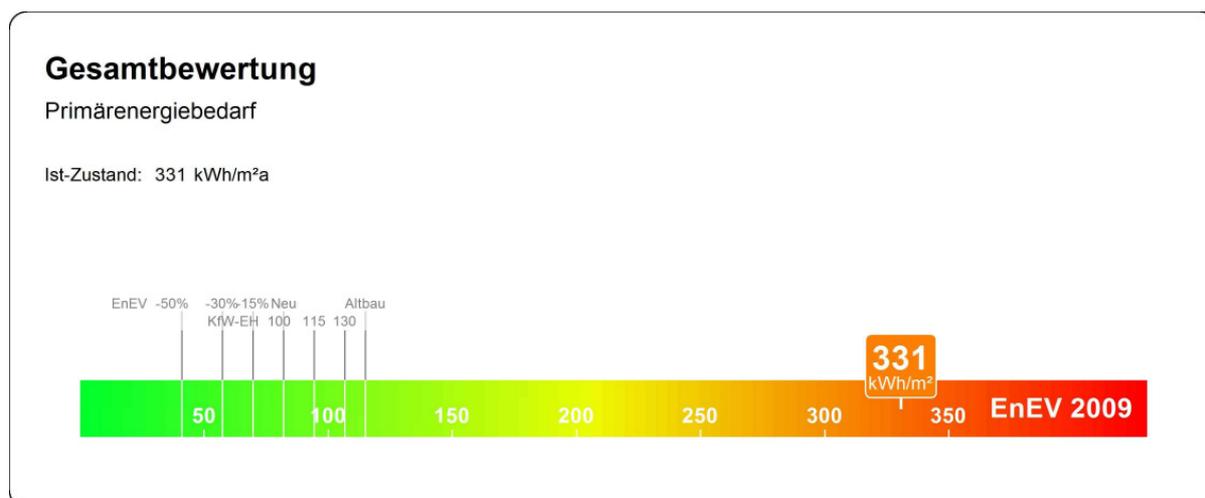


Abbildung 37: Der Primärenergiebedarf des Musterhauses im Ist-Zustand [20]

In der nachfolgenden Betrachtung wurde auf eine Sanierung folgender Gebäudebereiche eingegangen:

- oberste Geschossdecke
- Außenwände
- Kellerdecke bzw. Bodenplatte
- Fenster

Die exakten Veränderungen an den jeweiligen Gebäudeteilen sind im Anhang detailliert dargestellt.

In nachfolgender Abbildung 38 ist das thermographische Bild des sanierten Gebäudes dargestellt. Hier ist zu erkennen, dass sich die rötlichen Bereiche in bläuliche Bereiche verändert haben. Diese dunklen Bereiche stellen grundsätzlich eine gute Dämmung der Gebäudehülle dar.

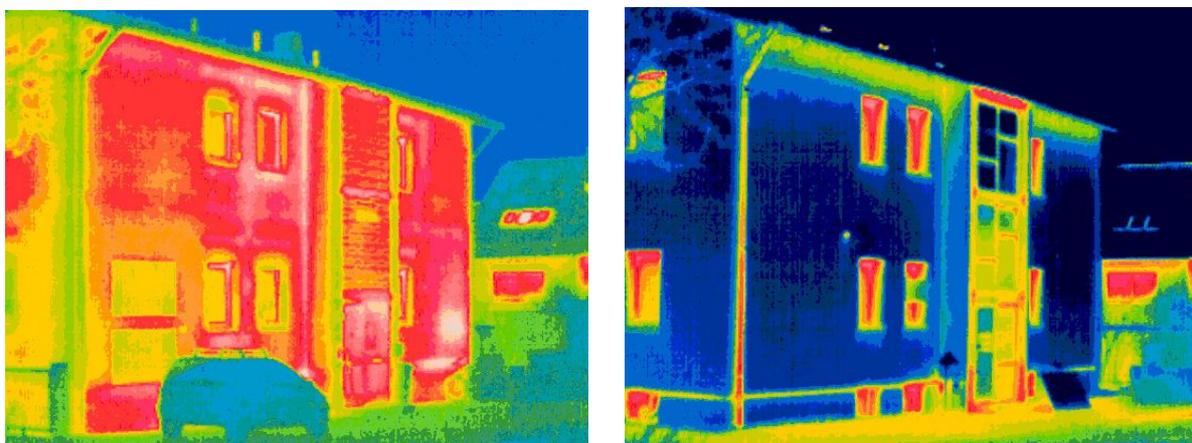


Abbildung 38: Das thermographische Bild eines Gebäudes vor und nach der Sanierung der Gebäudehülle [19]

In Abbildung 39 ist die Veränderung des Primärenergiebedarfs dargestellt. Wie zu erkennen ist, verringerte sich dieser Wert um rund 30 Prozent.

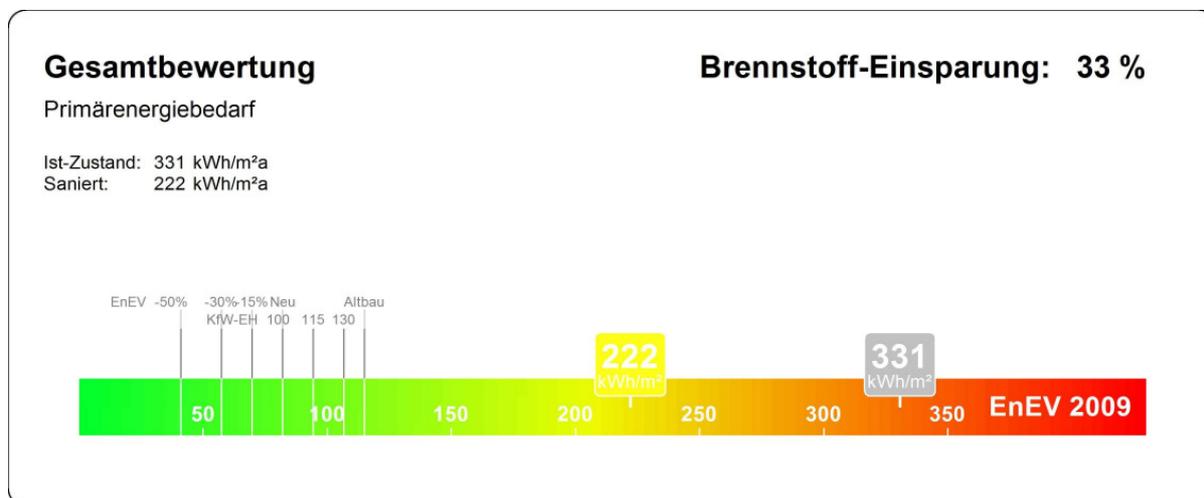


Abbildung 39: Der Primärenergiebedarf des Musterhauses nach der Sanierung der Gebäudehülle [20]

Durch eine Erneuerung der Dämmung bzw. Sanierung der Gebäudehülle des betrachteten Gebäudes der Baualterklasse 1984-1994 mit unverändertem Heizungssystem lässt sich eine Einsparung der Heizkosten von rund 30 Prozent realisieren. Dies würde in der Verbrauchergruppe „private Haushalte“ einer Einsparung von rund 52.000.000 kWh_{End} jährlich entsprechen. Diese Einsparung an Endenergie entspricht einen CO₂-Ausstoß von circa 13.000 Tonnen pro Jahr.

Erneuerung der Anlagentechnik

Ebenfalls großes Potential beinhaltet eine Erneuerung der Heiztechnikanlage. Hier wird nicht nach den einzelnen Gebäudetypen unterschieden, sondern die Gesamtheit der Gebäude betrachtet.



Abbildung 40: Der Vergleich einer veralteten mit einer erneuerten Heiztechnik [21]

Der Primärenergiebedarf im Ausgangszustand mit 331 kWh/m²*a ist in Abbildung 39 dargestellt. Durch Erneuerung der Heiztechnik, in diesem Falle der Installation eines modernen Brennwertkessels anstatt des bisherigen veralteten Heizungssystem, verringert sich dieser um rund 35 Prozent auf 214 kWh/m²*a.

Brennwertkessel nutzen die im Abgas enthaltene so genannte latente Wärme durch Kondensation der Abgasfeuchte. Dadurch lassen sich bezogen auf den Heizwert theoretische Wirkungsgrade von 106 Prozent bei Heizöl und 111 Prozent bei Erdgas erzielen. Voraussetzung für die maximale latente Wärmenutzung ist eine maximale Heizkreisrücklauftemperatur von 57°C bei Erdgaskesseln bzw. 47°C bei Heizölkesseln. Diese niedrigen Rücklauftemperaturen setzen eine geeignete Anlagentechnik mit Wärmeübergabe durch Flächenheizungen z.B. Fußbodenheizung 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 nicht genutzt werden kann.

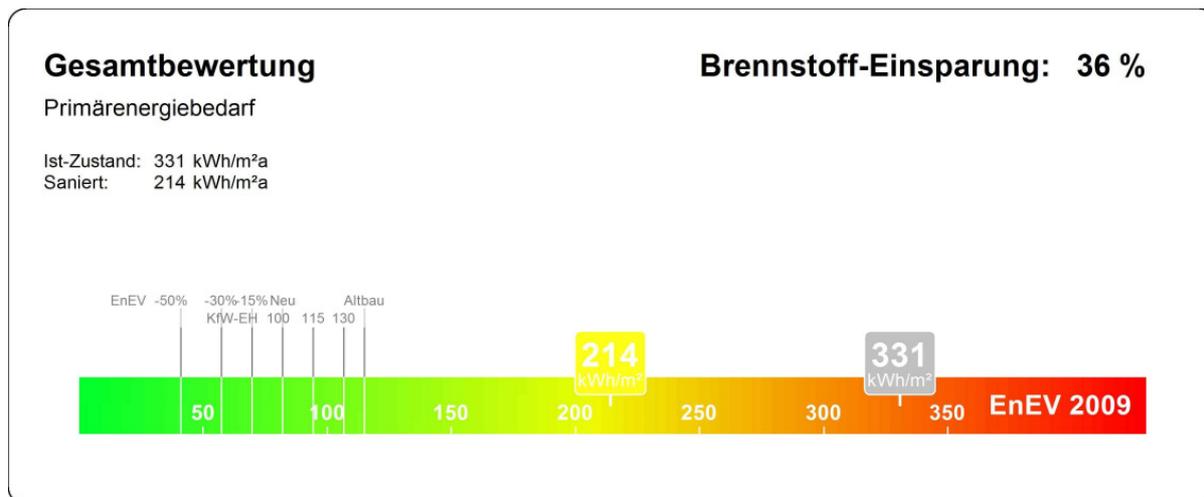


Abbildung 41: Der Primärenergiebedarf des Musterhauses nach Erneuerung der Heiztechnik der Gebäudehülle [20]

Durch eine Erneuerung der Heiztechnik ergeben sich durchschnittliche Einsparpotentiale von bis zu 35 Prozent. Dies würde einer Einsparung von rund 61.000.000 kWh_{End} und einem CO₂-Ausstoß von rund 15.000 Tonnen pro Jahr entsprechen.

Eine Beispielerneuerung einer Heizungsanlage kann dem angefügten Energieberatungsbericht entnommen werden.

Reduzierung des Stromverbrauchs

Der dritte große Bereich der Energieeinsparpotentiale in der Verbrauchergruppe „private Haushalte“ ist die Reduzierung des Stromverbrauchs. In Abbildung 42 ist die Zusammensetzung des Stromverbrauchs in einem durchschnittlichen 4-Personen-Haushalt dargestellt.



Abbildung 42: Die Zusammensetzung des Stromverbrauchs in einem durchschnittlichen 4-Personen-Haushalt [22]

Allgemein lassen sich Einsparpotentiale im Bereich der Haushaltsgeräte ausmachen. Eine Vielzahl der Geräte ist mit der sogenannten „Stand-by-Funktion“ ausgestattet. Durch eine komplette Trennung vom Stromnetz könnten 10 Prozent des jährlichen Strombedarfs eingespart werden. Ein Ersetzen „normaler“ Glühbirnen durch Energiesparlampen erzielt eine Einsparung im Bereich der Beleuchtung um rund 75 Prozent. Der größte Verbraucherbereich bei privaten Haushalten bezüglich des Stromverbrauchs ist die Gruppe „Kühlen & Gefrieren“. Diese hat rund einen zwanzig prozentigen Anteil am gesamten Stromverbrauch. Es wird angenommen, dass circa jeder dritte Haushalt ein Gerät verwendet, das dem derzeitigen Stand der Technik nicht entspricht. Durch Erneuerung dieser Geräte resultiert eine Einsparung des Stromverbrauchs von rund fünf Prozent.

Im Bereich der Reduzierung des elektrischen Energiebedarfs ist eine Einsparung von rund 15 Prozent des jährlichen Stromverbrauchs möglich. Dies entspricht für Geretsried einer Einsparung von rund 7.000.000 kWh_{End} pro Jahr.

Zusammenfassung

Die größten Einsparpotentiale im Bereich der privaten Haushalte in der Stadt Geretsried ergeben sich durch die Sanierung der Gebäudehülle sowie durch eine Erneuerung der Heiztechnik. In beiden Fällen ergeben sich Einsparpotentiale von gut 30 Prozent. Durch Realisierung beider Maßnahmen ergibt sich eine Einsparung von rund 50 Prozent. Die verschiedenen Einsparpotentiale sind in Abbildung 43 dargestellt.

Für die Verbrauchergruppe „private Haushalte“ in der Stadt Geretsried entspricht dies einer Einsparung von 110.000.000 kWh_{End} jährlich. Dies würde einer Einsparung von rund 28.000 Tonnen CO₂ pro Jahr entsprechen.

Bereits sanierte Gebäude in der Stadt Geretsried sind von dieser Betrachtung ausgeschlossen. Jährlich werden im bundesweiten Durchschnitt rund 0,75 % der sanierungsbedürftigen Gebäude saniert. Somit ergeben sich noch rund 3.000 sanierungsbedürftige Gebäude in der Stadt Geretsried.

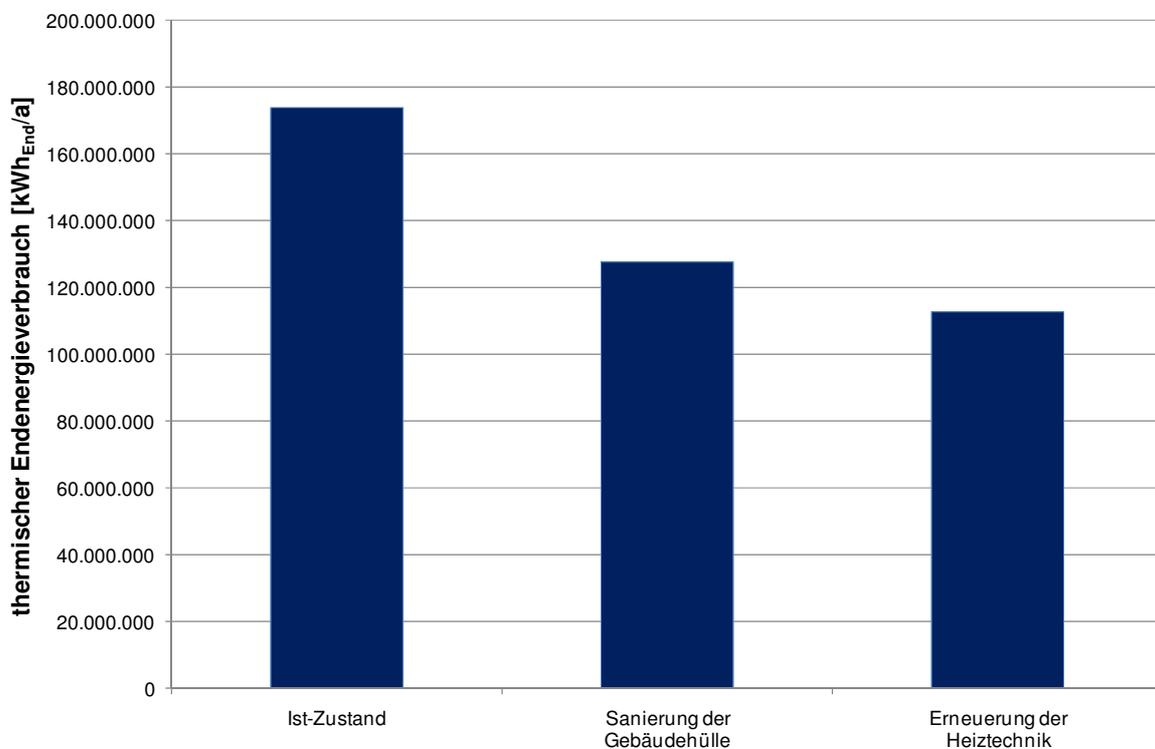


Abbildung 43: Die Einsparung an thermischer Endenergie durch Sanierung der Gebäudehülle und Erneuerung der Heiztechnik im Bereich der privaten Haushalte

In Abbildung 44 sind die verschiedenen CO₂-Einsparungen durch die einzelnen potentiellen Maßnahmen dargestellt. Durch Sanierung der Gebäudehülle würde sich der CO₂-Ausstoß um rund 13.000 Tonnen jährlich verringern. Durch Erneuerung der Heiztechnik bei veralteten Anlagen würde sich eine Reduktion der CO₂-Emissionen von rund 15.000 Tonnen pro Jahr ergeben. Durch Reduzierung des Stromverbrauchs durch die vorher erwähnten Maßnahmen wäre eine Einsparung von rund 4.000 Tonnen CO₂ jährlich möglich.

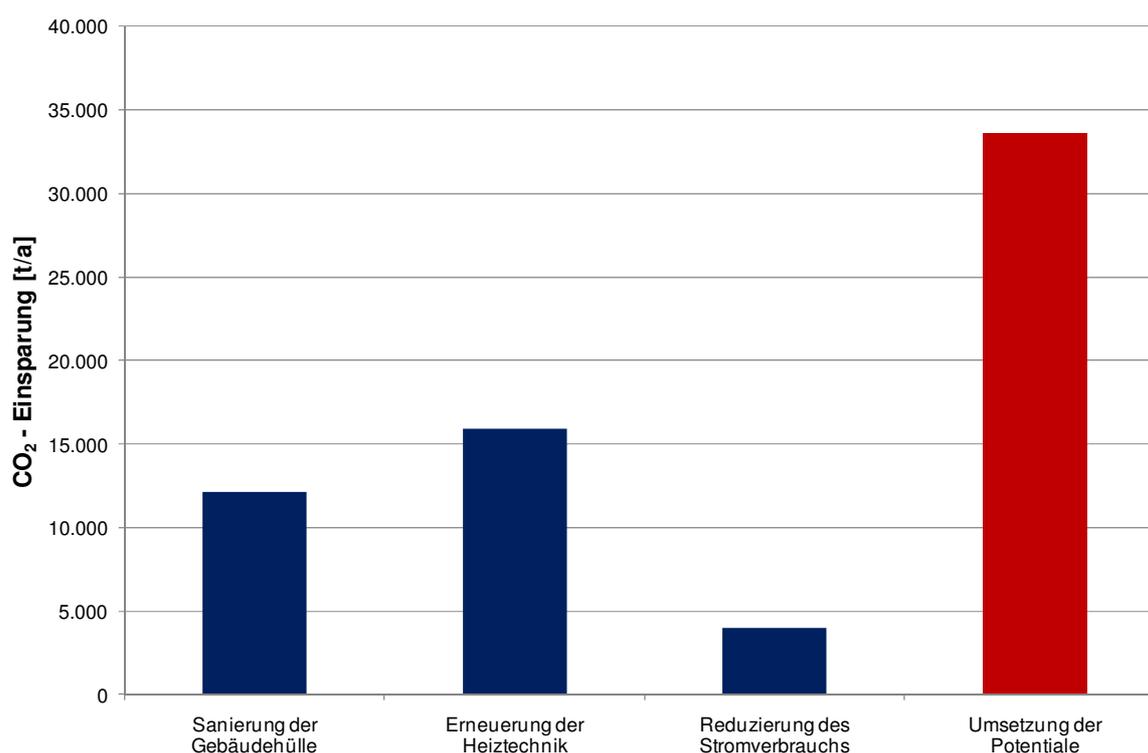


Abbildung 44: Die CO₂-Einsparung durch Umsetzung verschiedener Potentiale im Bereich der privaten Haushalte

In der Verbraucherguppe „private Haushalte“ in der Stadt Geretsried ergibt sich durch die in diesem Kapitel ausgeführten Einsparpotentiale eine Einsparung von rund 34.000 Tonnen CO₂ pro Jahr.

3.3 Potentialbetrachtung im Bereich Gewerbe, Industrie und Sonderkunden

In der Verbrauchergruppe „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“ ist der Bedarf an Endenergie sehr hoch, der aber bei genauerer Betrachtung in vielen Fällen nicht mehr viel Optimierungspotential aufweist. Diese Einsparpotentiale müssten deshalb im Einzelfall untersucht werden und separate Energiekonzepte ausgearbeitet werden.

Generell ergeben sich Einsparpotentiale durch eine Vermeidung von unnötigem Energieverbrauch bzw. durch eine Senkung des spezifischen Energieverbrauchs. Eine Verbesserung der Wirkungs- und Nutzungsgrade lässt sich oftmals ebenfalls sehr unproblematisch realisieren, z.B. wie eine Wärmerückgewinnung aus den verschiedensten Prozessschritten. Auch durch eine Nutzung von den verschiedenen Formen der regenerativen Energiequellen ergeben sich Einsparpotentiale.

Im allgemein gehaltenen „Leitfaden für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe“, der im Jahre 2009 vom Bayerischen Landesamt für Umwelt veröffentlicht wurde, wird auf verschiedene dieser Einsparpotentiale hingewiesen und ausführlicher erläutert.

Wie oben bereits erwähnt, müssen diese Potentiale durch Einzelbegehungen vorab bewertet werden, um anschließend konkrete Maßnahmen für den einzelnen Betrieb erstellen zu können. Dies ist deshalb zwingend erforderlich, da z.B. ein Lackierbetrieb andere Anforderungen an die Energiebereitstellung hat wie ein fleischverarbeitender Betrieb.

Aus Erfahrungen lassen sich dennoch Aussagen darüber treffen, in welchen Bereichen in dieser Verbrauchergruppe Einsparpotentiale vorhanden sind.

Maschinen-, Anlagen- und Antriebstechnik

Rund 70 Prozent 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.

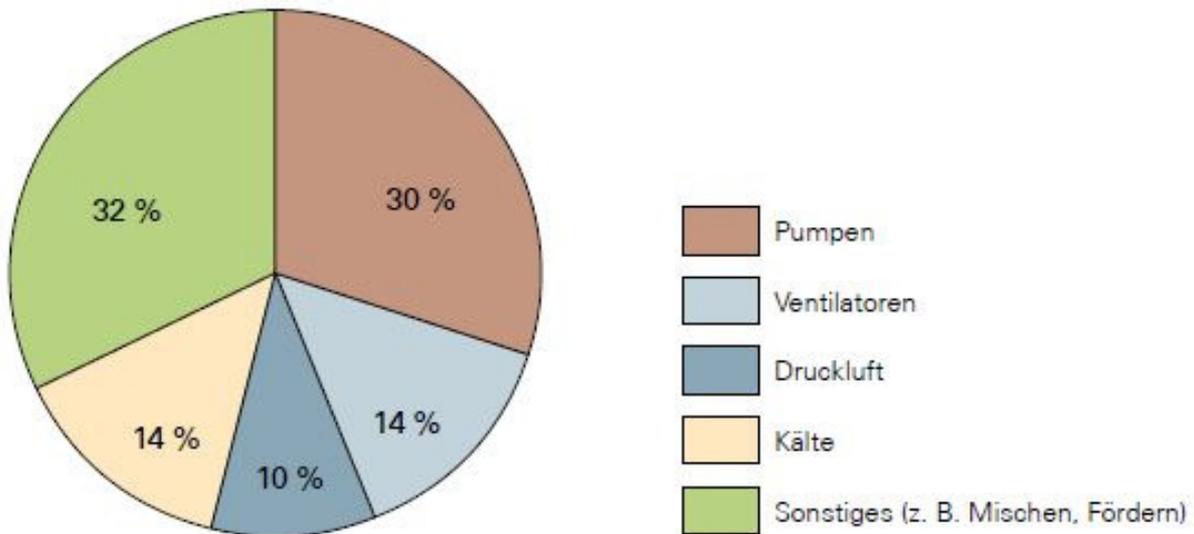


Abbildung 45: Aufteilung des Stromverbrauchs im Bereich der elektrischen Antriebe [16]

Elektromotoren lassen sich allgemein in drei Effizienzklassen unterteilen. Diese Aufteilung geschieht anhand des Aspekts des Wirkungsgrades des Elektromotors und gliedert sich in folgende 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 Prozent der gesamten Lebenszykluskosten eines Elektromotors bedingen, amortisieren sich die Investitionskosten in einen Hocheffizienzmotor normalerweise in zwei Jahren, abhängig von der jeweiligen Motorlaufzeit.

Über die Effizienz einer Antriebseinheit entscheidet nicht nur das Antriebsaggregat allein. 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 46 wird ein elektrischer Antrieb in herkömmlicher und in optimierter Ausführung miteinander verglichen.

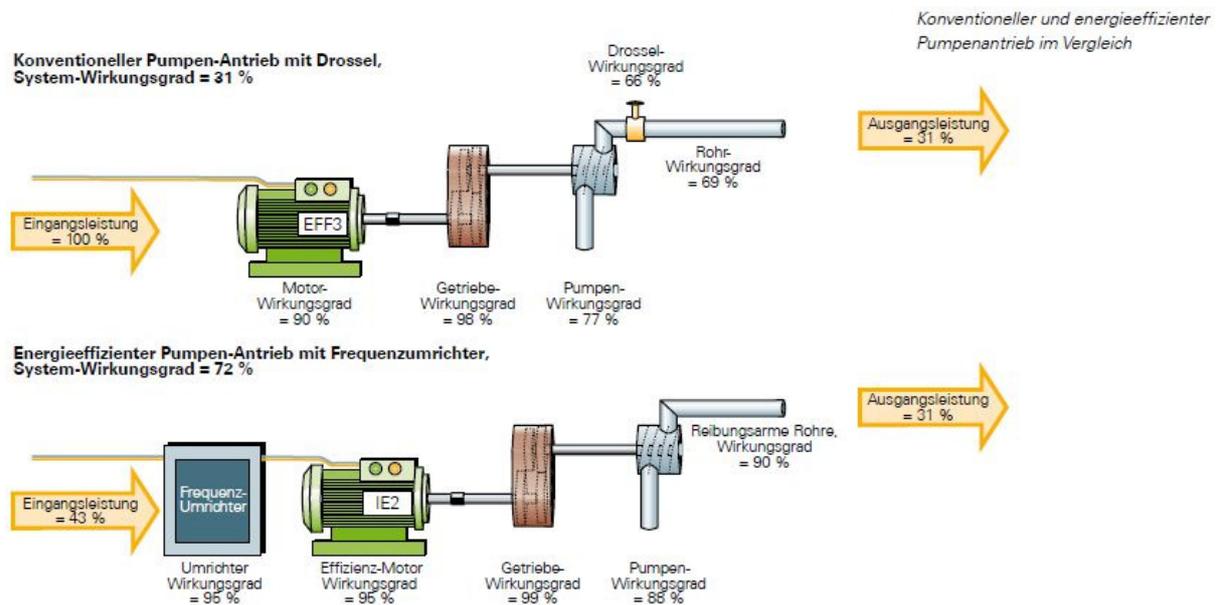


Abbildung 46: Vergleich eines herkömmlichen Antriebes mit einem optimierten Antrieb [16]

Dieser einfache Vergleich zeigt, dass eine Optimierung des Gesamtsystems (Motor, Leistungsregelung, Kraftübertragung) einschließlich Prozessoptimierung bis zu 60 Prozent elektrische Energie einsparen kann. In nachfolgender Tabelle 30 sind die verschiedenen Potentiale im Bereich der Antriebstechnik aufgeführt. Diese Tabelle verdeutlicht, dass hier Einsparpotentiale von bis zu 30 Prozent realisierbar sind.

Tabelle 30: Überblick über Maßnahmen und Einsparpotentiale im Bereich der Maschinen –, Anlagen- und Antriebstechnik [16]

Maßnahme	wirtschaftliches Einsparpotential
Verbesserung des Antriebs	
Einsatz hocheffizienter Motoren	3%
Einsatz drehzahlvariabler Antriebe	11%
Systemverbesserungen	
bei Druckluftsystemen	33%
bei Pumpensystemen	30%
bei Kältesystemen	18%
bei raumluftechnischen Anlagen und Ventilatoren	25%
Motorsysteme gesamt	25 - 30%

Druckluftsysteme

In Industrie- und Gewerbebetrieben liegt der jährliche Energiebedarf für Druckluft bei durchschnittlich 10 Prozent des Strombedarfs. In Abbildung 47 ist ein grober schematischer Aufbau eines Druckluftsystems dargestellt.

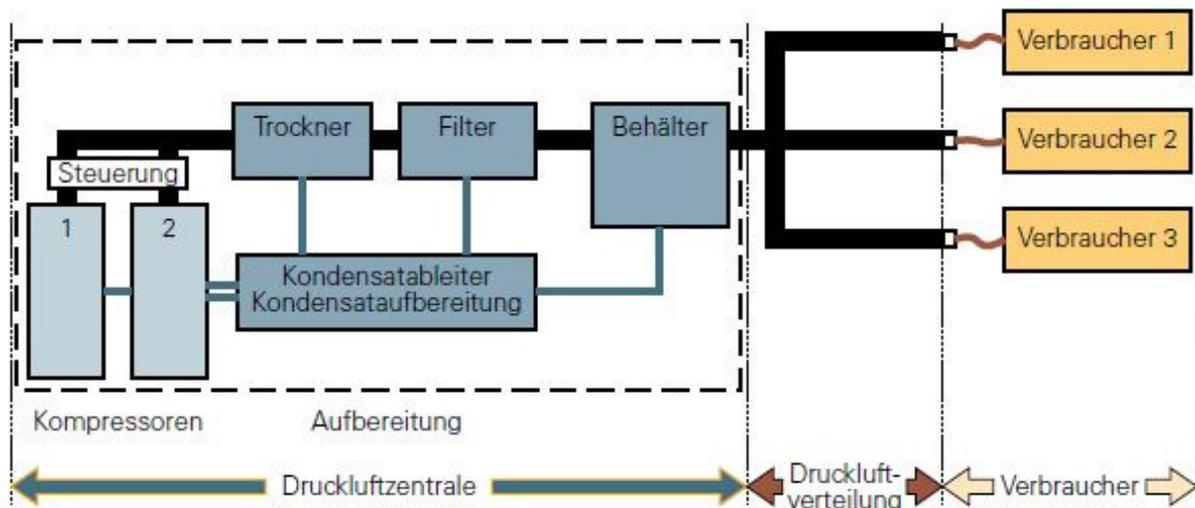


Abbildung 47: Der Aufbau eines typischen Druckluftsystems [17]

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 wirtschaftliches Einsparpotential von rund 30 Prozent 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 Prozent des jährlichen Bedarfs an elektrischer Energie.

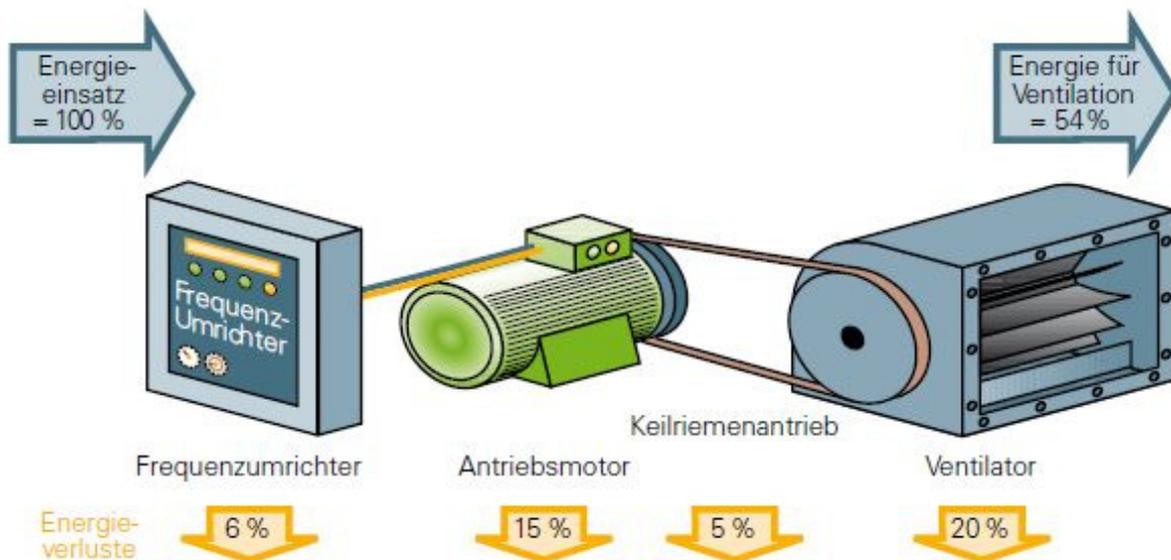


Abbildung 48: Der schematische Aufbau einer typischen Kälteanlage [16]

In obiger Abbildung 48 ist ein schematischer Aufbau einer Kälteanlage dargestellt. Durch die einzelnen Anlagenkomponenten eines solchen Systems zum Kühlen entstehen Verluste von rund 45 Prozent. Die häufigsten Maßnahmen zur Energieeinsparung in diesem Bereich wären:

- bedarfsgerechte Steuerung und Regelung
- effizienter Betrieb durch Erneuerung einzelner Anlagenkomponenten

Durch die Verwirklichung der einzelnen Potentiale kann eine Energieeinsparung im Bereich der Lüftungs-, Klima- und Kälteanlagen von rund 18 Prozent erreicht werden.

Raumheizung, Prozesswärme und Warmwasser

Ein Großteil des betrieblichen Energieverbrauchs entfällt auf die Bereitstellung von Wärmeenergie. Jeder Betrieb benötigt Wärme für die Raumheizung in kälteren Monaten. In betrieblichen Prozessen wird oftmals ebenfalls Wärme in verschiedenen Temperaturniveaus benötigt. Die am häufigsten ausgemachten Einsparpotentiale in Industrie und Gewerbe sind folgende:

- Einsatz von Strahlungsheizungen anstatt Konvektionsheizkörpern zur Hallenbeheizung
- richtige Dimensionierung des Heizkessels
- 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

Durch eine Umsetzung der oben aufgeführten Potentiale kann eine jährliche Einsparung von rund 30 Prozent des jährlichen Energieverbrauchs erzielt werden.

Beleuchtung

Die Beleuchtung in Gewerbe und Industrie hat jährlich einen Anteil zwischen 15 und 25 Prozent des gesamten elektrischen Energieverbrauch.

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

- moderne Spiegelrasterleuchten
- elektronischen Vorschaltgeräten
- Dimmern

kann dieser Anteil bis zu 80 Prozent gesenkt werden.

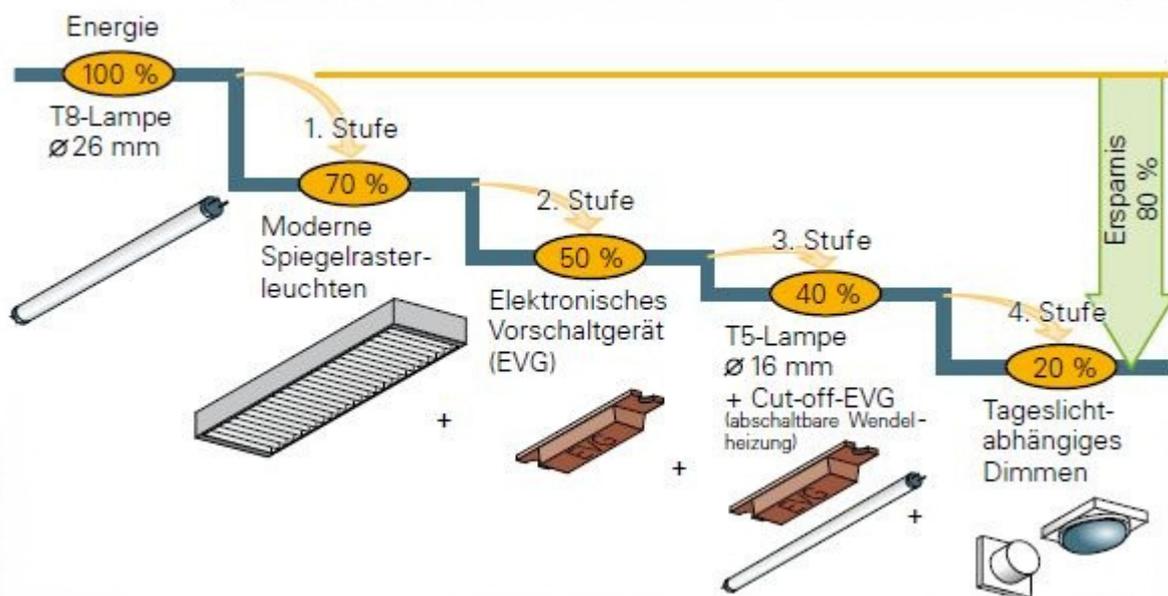


Abbildung 49: Die Einsparpotentiale im Bereich der Beleuchtungstechnik [16]

Zusammenfassung

Durch die zuvor beschriebenen Maßnahmen kann der Verbrauch an elektrischer Energie in der Verbrauchergruppe „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“ um rund 35 Prozent in der Stadt Geretsried gesenkt werden, was einer Einsparung von rund 19.000.000 kWh_{End} pro Jahr entspricht. Dies würde einer Einsparung von 12.000 Tonnen CO₂ pro Jahr entsprechen.

Im Bereich des thermischen Energieverbrauchs ergeben sich Einsparpotentiale von rund 30 Prozent. Dies entspricht einer Einsparung von rund 39.000.000 kWh_{End} jährlich, was einem CO₂-Ausstoß von circa 10.000 Tonnen CO₂ pro Jahr entspricht.

Durch die oben ausgeführten Potentiale in der Verbrauchergruppe „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“ lassen sich jährlich rund 22.000 Tonnen CO₂ vermeiden.

Eine spezifischere Aussage in dieser Verbrauchergruppe ist nicht möglich, da sich die einzelnen Betriebe und Gewerbetreibende in Ihren Tätigkeiten sehr unterscheiden. Eine detailliertere Analyse dieser Verbrauchergruppe ist, wie anfangs bereits erwähnt, nur durch Einzelbegehungen der verschiedenen Unternehmen möglich.

3.4 Potentialbetrachtung im Bereich der kommunalen Liegenschaften

Die Potentialbetrachtung im Bereich der kommunalen Liegenschaften konzentriert sich auf die Einsparung von thermischer und elektrischer Endenergie. Einsparungen dieser Energieformen haben direkte Auswirkungen auf die Vermeidung von CO₂-Emissionen.

Die kommunalen Liegenschaften in Geretsried hatten im Auswertzeitraum einen elektrischen Energieverbrauch von rund 2.619.000 kWh_{End}/a und einen thermischen Endenergieverbrauch von circa 5.916.000 kWh_{End}/a. Nachfolgend werden verschiedene Potentiale aufgezeigt, die durch Umsetzung den CO₂-Ausstoß in der Verbrauchergruppe „kommunale Liegenschaften“ minimieren.

Sanierung der Gebäudehülle

Wie bereits unter Kapitel 3.3 ausführlich erläutert wurde, lässt sich durch eine Sanierung bzw. Erneuerung der Gebäudehülle in der Verbrauchergruppe „kommunale Liegenschaften“ in der Stadt Geretsried eine Einsparung von rund 30 Prozent an thermischer Endenergie realisieren. Näheres kann dem detaillierten Energieberatungsbericht in der Anlage entnommen werden.

Dies würde bei einem jährlichen Verbrauch von rund 5.916.000 kWh_{End} einer Einsparung von rund 1.775.000 kWh_{End} entsprechen. Bei Betrachtung der CO₂-Bilanz resultiert daraus eine Einsparung von rund 500 Tonnen CO₂ pro Jahr.

Erneuerung der Anlagentechnik

Durch Erneuerung der Heizungsanlage bzw. der Heizungssystemtechnik ist eine Einsparung von rund 35 Prozent an thermischer Endenergie möglich. Dies wurde ebenfalls unter Kapitel 3.3 detailliert ausgeführt und kann dem Energieberatungsbericht im Anhang entnommen werden.

Durch Umsetzung der Maßnahme könnten rund 2.071.000 kWh_{End} an thermischer Endenergie und 500 Tonnen CO₂ jährlich eingespart werden.

Wärmeverbundnetze

Eine Installation verschiedener Wärmeverbundnetze bietet viel Potential zur thermischen Einsparung von Primärenergie.

Die genauen Potentiale werden später in diesem Konzept detailliert ausgeführt.

Straßenbeleuchtung

Der elektrische Endenergiebedarf in der Stadt Geretsried liegt derzeit bei rund 40 Prozent des kommunalen Strombedarfs.

In der Stadt Geretsried beträgt der Anteil an Natriumdampf-Hochdrucklampen rund zwei Drittel der installierten Straßenbeleuchtung. Die restliche Straßenbeleuchtung wird noch von Quecksilber-Hochdrucklampen abgedeckt.

Aus technologischer Betrachtungsweise sind die Quecksilberdampf-Hochdrucklampen bereits mehr als überholt, womit sich durch einen Austausch der dementsprechenden Beleuchtungseinheiten erhebliche Einsparpotentiale ergeben. Ebenfalls sehr viel Optimierungspotential ergibt sich durch Optimierung der Einschaltzeiten.

Enormes Einsparpotential wird durch den Einsatz der sogenannten LED-Technologie erwartet. Diese Technologie zeigt bereits in ihrer Anfangszeit enorme Effizienz auf. Es sind bereits Lichtausbeuten von über 100 Lumen pro Watt erreicht worden. Theoretisch ist aber eine Lichtausbeute von über 200 Lumen pro Watt realistisch. Lumen ist die Einheit des Lichtstroms, der die pro Sekunde abgestrahlte Leistung im Wellenbereich des sichtbaren Lichts misst.

In nachfolgender Abbildung 50 ist die Effizienz verschiedener Leuchtmittel dargestellt. Aus dieser Abbildung wird ersichtlich, dass die LED-Technologie sehr viel Potential hinsichtlich der Effizienz aufweist.

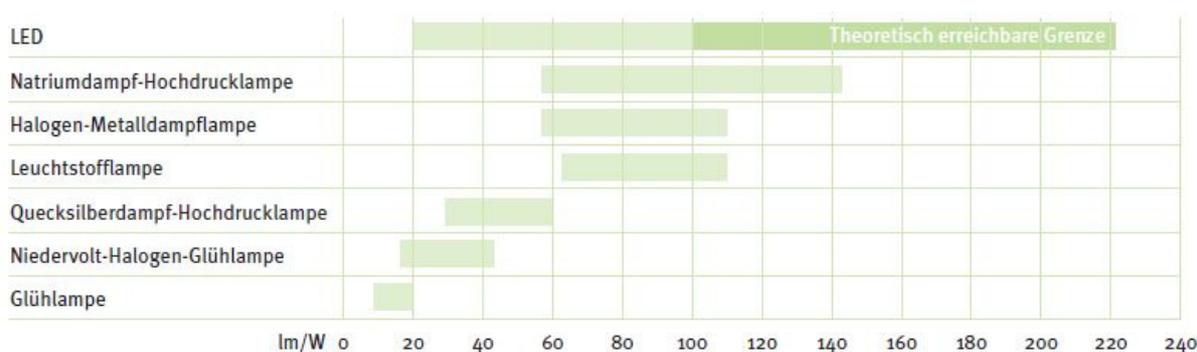


Abbildung 50: Die Energieeffizienz verschiedener Leuchtmittel [23]

Bei einem derzeitigen jährlichen Bedarf von 8.535.000 kWh_{End} an Endenergie in der Verbrauchergruppe „kommunale Liegenschaften“ ergibt sich durch eine Modernisierung der Straßenbeleuchtung in der Stadt Geretsried eine jährliche Einsparung von rund 200.000 kWh_{End}, was einem CO₂-Ausstoß von rund 100 Tonnen entspricht.

Zusammenfassung

Wie schon in der Verbrauchergruppe „private Haushalte“ ergeben sich die größten Einsparpotentiale in der Verbrauchergruppe „kommunale Liegenschaften“ in der Stadt Geretsried durch die Sanierung der Gebäudehülle, und der Erneuerung der Heizungstechnik in den kommunalen Bauten. Die Verbrauchergruppe „kommunale Liegenschaften“ bietet darüber hinaus noch enorme Potentiale zur Reduktion des CO₂-Ausstoßes durch Erneuerung der Straßenbeleuchtungstechnik.

In nachfolgender Abbildung 51 ist der Ist-Zustand des thermischen Endenergieverbrauchs der kommunalen Liegenschaften sowie die Veränderung dieses Verbrauchs durch Umsetzung der aufgezeigten Potentiale dargestellt.

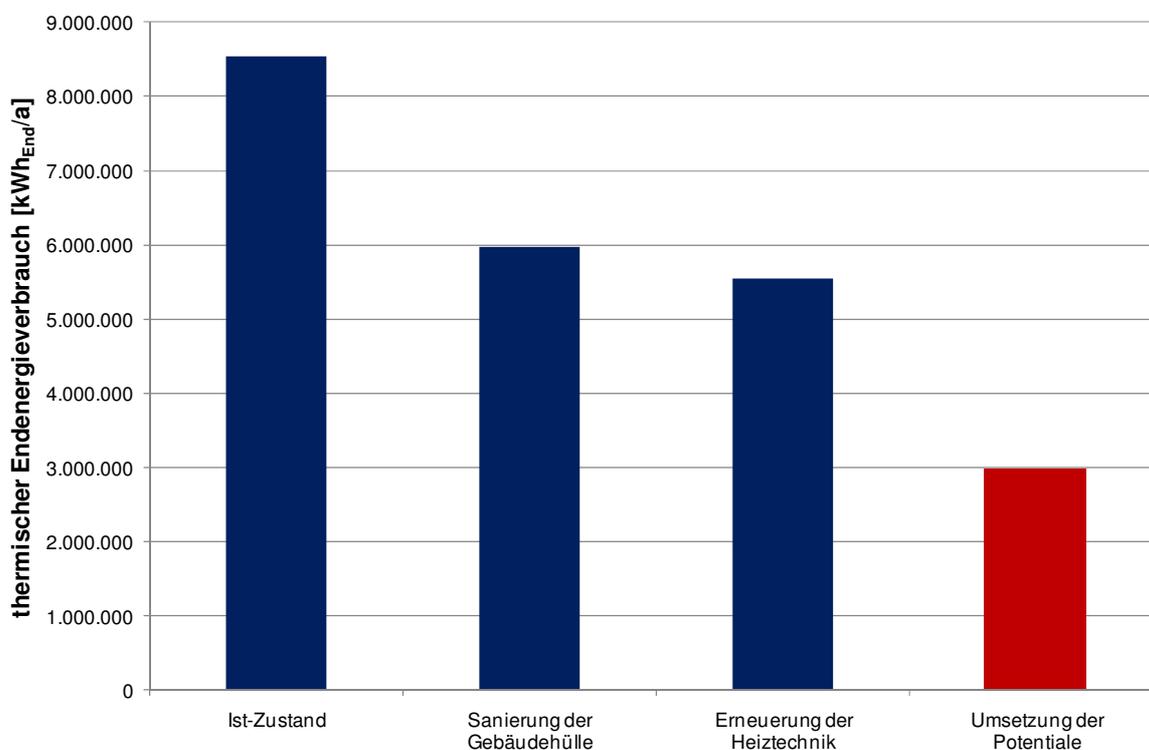


Abbildung 51: Die Einsparung an thermischer Endenergie durch Sanierung der Gebäudehülle und Erneuerung der Heiztechnik im Bereich der kommunalen Liegenschaften

Durch Erneuerung bzw. Modernisierung der Straßenbeleuchtung in der Stadt Geretsried ergeben sich ebenso große Reduktionspotentiale. In Abbildung 52 sind die CO₂-Einsparungen durch die Umsetzung der vorher ausgearbeiteten Potentiale sowie die gesamte potentielle CO₂-Einsparung in der Verbrauchergruppe „kommunale Liegenschaften“ dargestellt.

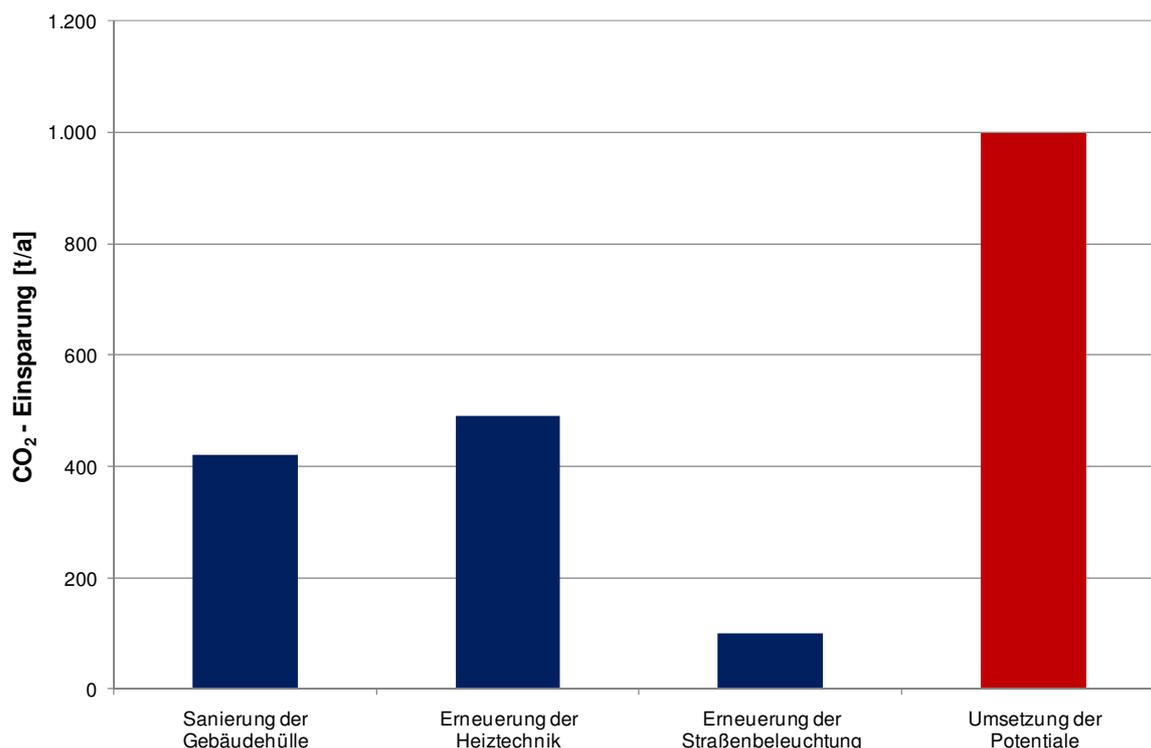


Abbildung 52: Die CO₂-Einsparung durch Umsetzung verschiedener Potentiale im Bereich der kommunalen Liegenschaften

Durch Umsetzung der dargestellten Potentiale ist eine Reduktion des CO₂-Ausstoßes von rund 1.000 Tonnen jährlich möglich.

3.5 Potentialbetrachtung im Bereich Verkehr

In Deutschland wird rund ein Viertel des jährlichen Energieverbrauchs durch die Sparte Verkehr eingenommen.

Wie in Kapitel 2.6.5 dargestellt wurde, fallen auf den Bereich Verkehr in der Stadt Geretsried knapp 40 Prozent des jährlichen Endenergiebedarfs.

Die Sparte der Personenkraftwagen hat in der Verbrauchergruppe „Verkehr“ den größten Anteil mit rund 50 Prozent des gesamten CO₂-Ausstoßes. Sattelzugmaschinen mit circa 26 Prozent und Lastkraftwagen mit rund 20 Prozent haben neben den Personenkraftwagen die größten Anteile am gesamten CO₂-Ausstoß in der Verbrauchergruppe „Verkehr“.

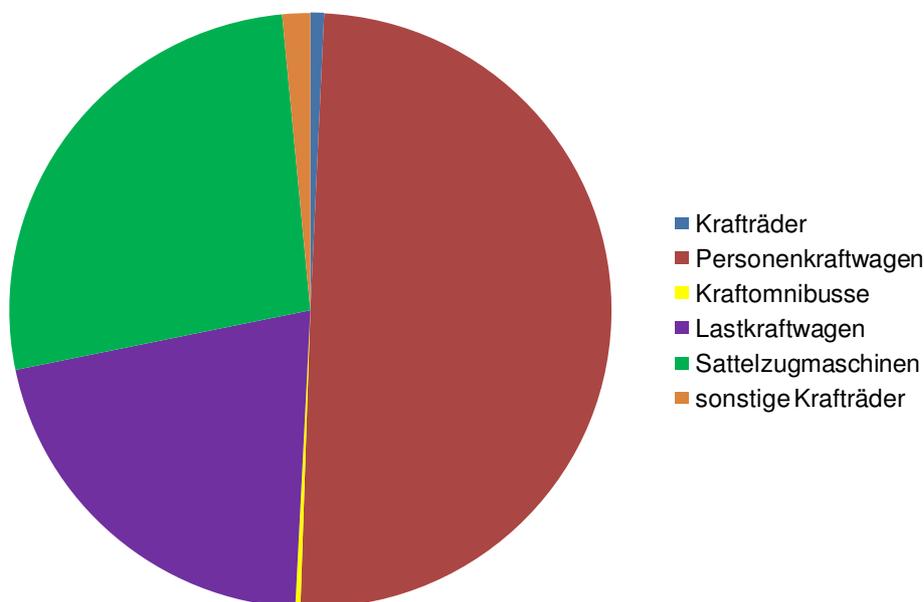


Abbildung 53: Die Aufteilung der CO₂-Emissionen in der Verbrauchergruppe Verkehr aufgelistet nach den verschiedenen Fahrzeugarten

Nachfolgend werden verschiedene Möglichkeiten betrachtet, die CO₂-Emissionen zu verringern. Grob gegliedert teilen sich diese Maßnahmen in

- Erweiterung des öffentlichen Nahverkehrsnetzes
- Umstieg auf alternative Treibstoffe
- effizientere Treibstoffnutzung.

Erweiterung des öffentlichen Nahverkehrsnetzes

Aktuell wird im Gemeindegebiet Geretsried ein sogenannter Stadtbus eingesetzt. Neben dieser Stadtbuslinie verfügt die Stadt Geretsried über eine Busanbindung mit mehreren Regionalbuslinien. In nachfolgender Abbildung 54 ist der Linienplan des Stadtbusses der Stadt Geretsried dargestellt.



Abbildung 54: Der Verkehrslinienplan des Stadtgebietes Geretsried [24]

Durch Ausbau des Linienplanes (Erweiterung der Haltestellen, Erhöhung der Taktzeiten, etc.) könnte die Attraktivität des ÖPNV-Angebotes und damit die Akzeptanz noch wesentlich erhöht werden und CO₂-Emissionen durch vermiedene Fahrten im Stadtgebiet reduziert werden. Bezüglich der CO₂-Einsparung durch diese Maßnahme kann im Augenblick keine konkrete Aussage getroffen werden, da die Nutzung dieses erweiterten Angebotes innerhalb der Bevölkerung nicht vorausgesagt werden kann.

Desweiteren ist eine Verlängerung der S-Bahnlinie 7 von Wolfratshausen nach Geretsried vorgesehen. Durch diese Maßnahme könnten knapp 3.000 Tonnen CO₂ jährlich durch vermiedene Fahrten mit privaten Kraftfahrzeugen eingespart werden.

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.

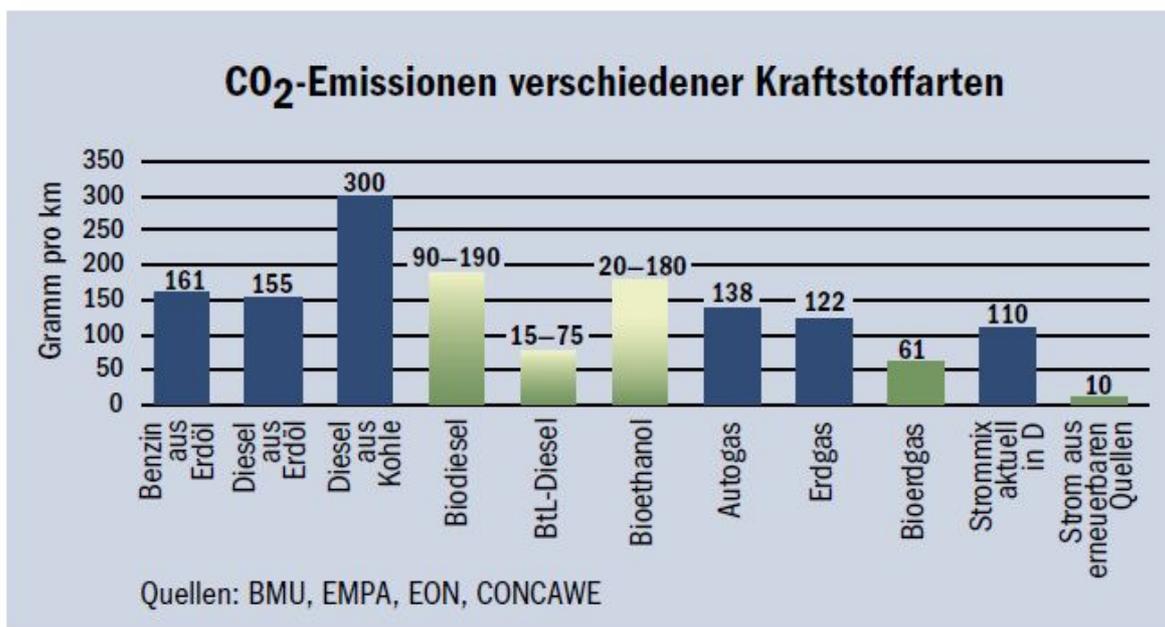


Abbildung 55: Die CO₂-Emissionen verschiedener Kraftstoffarten [25]

In obiger Abbildung 55 sind die CO₂-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.

Eine weitere Möglichkeit der Substitution fossiler Kraftstoffe ist die sogenannte Wasserstofftechnologie. Wasserstoff kommt in der Natur in gebundener Form vor - d.h. er muss erst unter Energieeinsatz gewonnen werden. Deshalb muss dieser Energieeinsatz durch regenerative Energien gedeckt werden, um einen Beitrag zur CO₂-Reduzierung leisten zu können.

Effizientere Treibstoffnutzung

Eine effiziente Treibstoffnutzung durch verschiedene neuartige Technologien bzw. neue Erkenntnisse bei der Motormodifizierung bieten enorme Einsparpotentiale. Den größten Beitrag zur Reduzierung der CO₂-Emissionen hat in den vergangenen Jahren die Dieselmotortechnologie 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 daraus resultierend des CO₂-Ausstoßes. Hier gibt es bereits eine Vielzahl an Technologien, wie der Benzin-Direkteinspritzung, die Kraftstoffersparnis von bis zu 15 Prozent 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 CO₂-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 CO₂-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 nachfolgender Abbildung 56 sind die Einsparpotentiale der verschiedenen Möglichkeiten dargestellt.

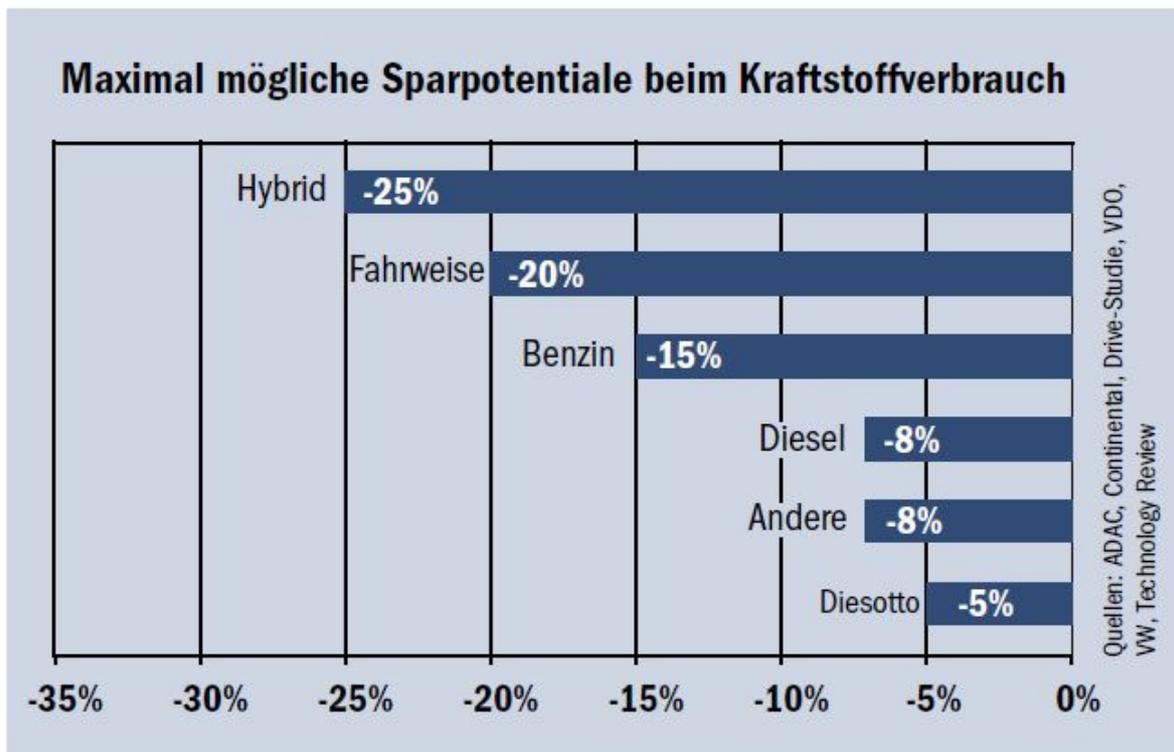


Abbildung 56: Die maximal möglichen Einsparpotentiale beim Kraftstoffverbrauch [25]

Wasserstoff

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 CO₂-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 gerade mal 150 Kilometern. Flüssig besitzt Wasserstoff zwar die höchste Energiedichte (ca. 33 kWh/kg, zum Vergleich Benzin 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 wiederzuverwerten.

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.

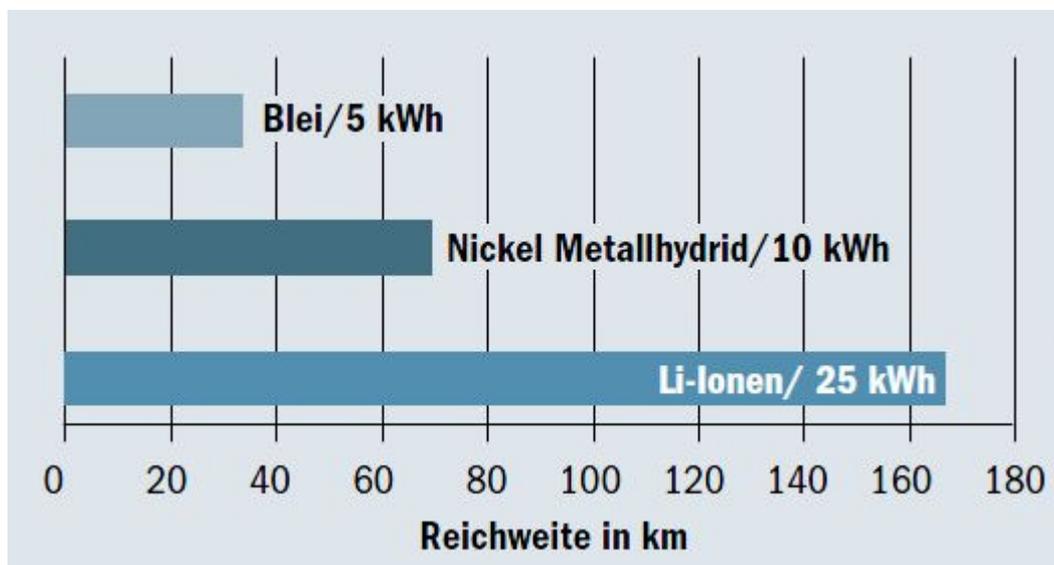


Abbildung 57: Die unterschiedlichen Reichweiten mit verschiedenen Batterietypen [25]

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 Benzin.

Desweiteren 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 55 zeigt, dass der derzeitige Strom-Mix in Deutschland einen CO₂- 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 im Bezug auf das Mehrgewicht oder den Batterieverbrauch positiv gelöst werden.

Zusammenfassung

In Kapitel 3.6 wurden die Potentiale in der Verbrauchergruppe „Verkehr“ betrachtet. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Klimaschutzkonzeptes waren rund 15.000 Fahrzeuge in der Stadt Geretsried angemeldet. Die Potentialanalyse für diese Verbrauchergruppe konzentriert sich auf drei Schwerpunkte, zur Reduktion von Kohlenstoffdioxidemissionen. Diese wären:

- Erweiterung des öffentlichen Nahverkehrsnetzes
- Umstieg auf alternative Treibstoffe
- effizientere Treibstoffnutzung
- Einführung neuer Technologien.

Durch die Umsetzung der oben erläuterten Vorhaben lassen sich rund 25 Prozent des Endenergieverbrauchs in der Verbrauchergruppe Verkehr in der Stadt Geretsried einsparen. Dies würde einer Einsparung von rund 60.000.000 kWh_{End} pro Jahr bedeuten, was wiederum einer Einsparung von rund 18.000 Tonnen CO₂ jährlich entspricht. Ein realistisches und durch die Stadt Geretsried unmittelbar zu beeinflussendes Potential bietet primär der Bereich der Erweiterung des öffentlichen Nahverkehrs. Die Verlängerung der S-Bahn-Linie 7 von Wolfratshausen nach Geretsried kann hier einen wesentlichen Beitrag leisten. Eine nochmalige Erweiterung des örtlichen ÖPNV-Angebotes müsste einer gesonderten Nutzen-Kosten-Untersuchung in wirtschaftlicher und ökologischer Sicht unterzogen werden. Darüber hinaus könnte der Einsatz alternativer Treibstoffe im Hinblick auf Mobilität durch die Unterstützung beim Ausbau eines geeigneten Tankstellennetzes (z.B. Elektrozapfsäulen) erfolgen.

3.6 Potentialbetrachtung im Bereich der erneuerbaren Energien

In diesem Kapitel wird das theoretische Ausbaupotential der erneuerbaren Energien in der Stadt Geretsried betrachtet. Es werden Möglichkeiten untersucht, um den Ausbau der erneuerbaren Energien möglichst effizient voranzutreiben. Dies ist sinnvoll, da verschiedene Möglichkeiten der Förderung zur Verfügung stehen, mit der das derzeitige Energieangebot erhalten bleibt, trotzdem aber CO₂-Emissionen vermieden werden.

In Abbildung 58 wird ein Überblick über die verschiedenen Möglichkeiten zur Nutzung der erneuerbaren Energien gegeben.

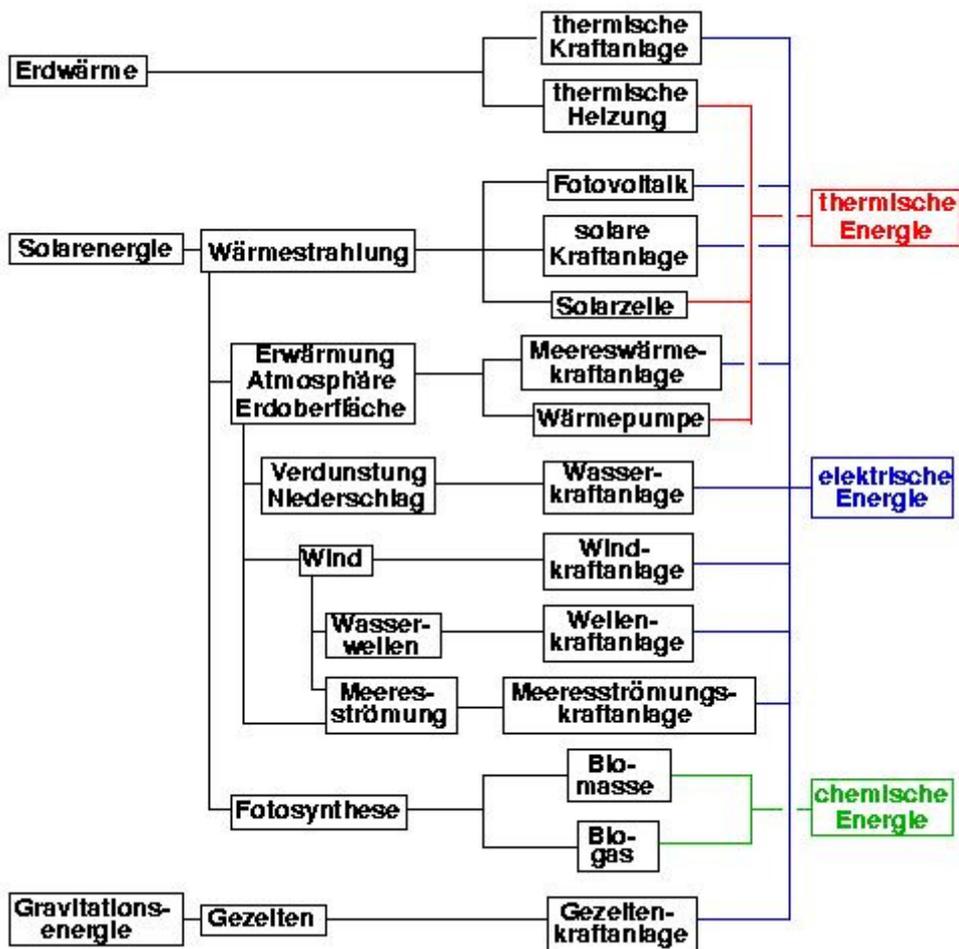


Abbildung 58: Eine Übersicht über die Nutzungsmöglichkeiten der erneuerbaren Energien [26]

Wie in der zuvor dargestellten Graphik deutlich wird, existieren sehr viele Nutzungsarten der erneuerbaren Energien. In der nachfolgenden Betrachtung werden die Potentiale dieser Möglichkeiten, die im Raum Geretsried realisiert werden können, bewertet. Es werden aber dennoch nur die „klassischen“ Formen analysiert, zu denen bereits Erfahrungswerte gesammelt werden konnten, und die sich als alltagstauglich bewährt haben.

In den kommenden Ausführungen werden vorab die einzelnen Ertragspotentiale der erneuerbaren Energieformen in Abhängigkeit ihrer Fläche kurz dargestellt und verglichen, um einen Überblick über die Effizienz und der jährlichen Energieerträge dieser Energien aufzuzeigen.

In der nachfolgenden Abbildung 59 ist das flächenbedarfsspezifische Ertragspotential verschiedener erneuerbarer Energieträger vergleichend dargestellt. Bei der Berechnung wurden verschiedene Annahmen getroffen, die nachfolgend kurz erläutert werden.

Im Bereich der Biomasse, die eine nachhaltige Forstwirtschaft voraussetzt, wird ein jährlicher Zuwachs von rund 10 Fm/ha*a (jährlicher Ertrag Stadtwald: 3,5-5 Fm/ha; jährlicher Ertrag Waldfläche Gelting: rund 16 Fm/ha) angenommen. 30 % dieses Ertrages werden durchschnittlich energetisch genutzt, während die restlichen 70 % in die stoffliche Verwertung einfließen. Aus den beiden verschiedenen Nutzungen des jährlichen Zuwachses fallen circa 35 % Sägenebenprodukte an, wobei davon 50 % energetisch, in Form von Holzpellets, verwertet werden. Das heißt, dass 38 % des jährlichen Gesamtzuwachses der Biomasse energetisch genutzt werden. Bei einem durchschnittlichen Energieertrag von 2,6 MWh/Fm ergibt sich eine Energieausbeute von rund 10 MWh_{th}/ha*a.

Im Bereich der Bioenergie, in Form einer Biogasanlage, wird durch Substratmix ein durchschnittlicher Biogasertrag von 6.600 m³/ha erzielt. Bei einem Heizwert von 5,4 kWh/m³ für Biogas wird ein jährlicher Biogasertrag von 36 MWh/ha*a erreicht. Dieser wird mithilfe eines Blockheizkraftwerkes (BHKW) verstromt, wobei als „Nebenprodukt“ Abwärme entsteht. Bei einem angenommenen elektrischen Wirkungsgrad von 35 % und einem thermischen Wirkungsgrad von 45 % werden ein elektrischer Energieertrag von 12 MWh_{el}/ha*a und ein thermischer Energieertrag von 16 MWh_{th}/ha*a erreicht.

Bei der direkten Nutzung der Sonnenstrahlung in Form der Photovoltaik werden bei Betrachtung einer Freiflächenanlage circa 2,5 ha für ein MW_{peak} Leistung benötigt. Bei einem durchschnittlichen Ertrag von circa 1.000 kWh/kW_{peak} in unseren Breiten ergibt sich eine jährliche Energieausbeute von rund 400 MWh_{el}/ha*a.

Im Bereich der Windenergie wird eine Windenergieanlage der 2-MW-Klasse (Leistung der Windenergieanlage: 2.000 kW) betrachtet. Hier wird eine Enercon E-82 Windenergieanlage mit einer Nabenhöhe von 138 Meter und einem Wirkungsgrad von 65 % betrachtet. Das ergibt eine jährliche Energieausbeute von 4.300 MWh_{el}/ha*a.

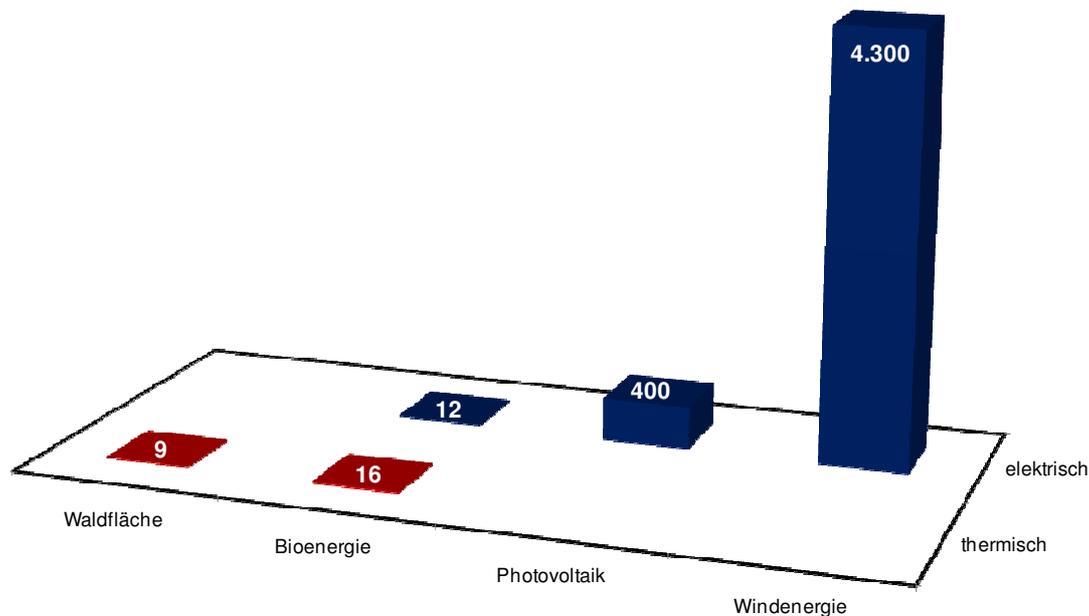


Abbildung 59: Ein Vergleich der erneuerbaren Energien bezüglich ihrer Energieausbeute [MWh/ha*a]

Aus den oben erläuterten Annahmen wird klar ersichtlich, dass im Bereich der Windenergie flächenspezifisch die größte Energieausbeute möglich ist. Die alleinige Installation von Windenergieanlagen ist jedoch nicht realisierbar, da die Verfügbarkeit des Windes unbeständig ist. Ebenfalls ein Problem der einzelnen erneuerbaren Energien ist, dass sie einzeln keine ausreichende Deckung der Grundlastversorgung realisieren können. Deshalb ist es notwendig, einen ausgewogenen Energiemix aus den verschiedenen erneuerbaren Energien zu installieren. In Abbildung 60 ist der Energiemix der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahre 2007 dargestellt.

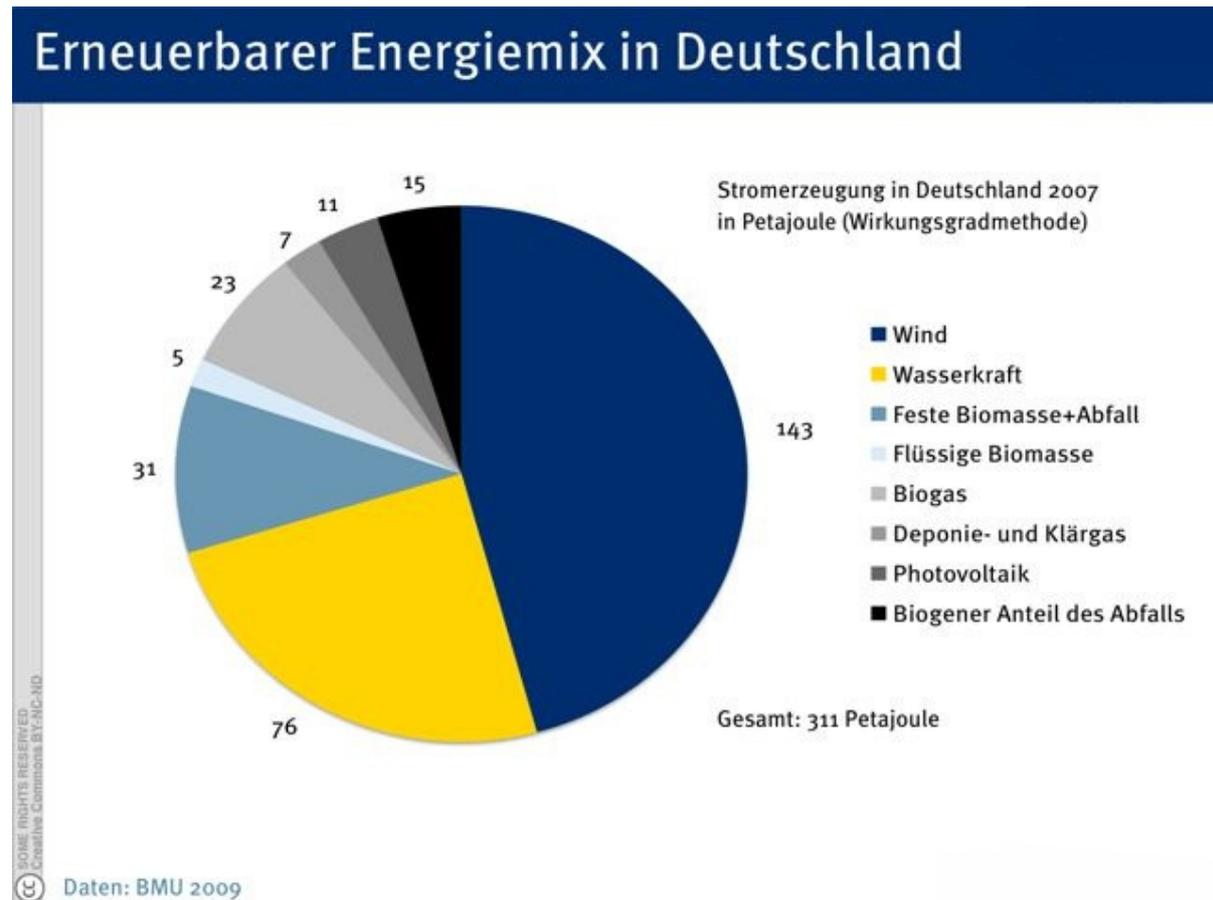


Abbildung 60: Der erneuerbare Energiemix in der Bundesrepublik Deutschland 2007 [27]

Weitere Probleme ergeben sich bei der unterschiedlichen Akzeptanz der einzelnen Erscheinungsformen der erneuerbaren Energien. Installationen von Photovoltaikanlagen treten nicht so stark in Erscheinung, wie z.B. das Errichten einer Windenergieanlage, wo immer wieder Gegenargumentationen in der Bevölkerung auftreten. Deshalb sollte bei der Bewertung der erneuerbaren Energien dieser Standortfaktor, wie die geeignete Wahl der Fläche, nicht vernachlässigt werden.

In den folgenden Kapiteln werden die einzelnen Potentiale der erneuerbaren Energien in der Stadt Geretsried untersucht und bewertet.

3.6.1 Windkraft

Windkraftanlagen wandeln die kinetische Energie des Windes in elektrische Energie um und speisen diese in das örtliche Stromnetz ein. Dies geschieht, indem die Bewegungsenergie des Windes auf die Rotorblätter wirkt und sie somit den Rotor in eine Drehbewegung versetzt. Der Rotor wiederum gibt die Rotationsenergie an einen Generator weiter, die dort in elektrische Energie umgewandelt wird.

Zum Zeitpunkt der Anfertigung des Klimaschutzkonzeptes waren keine Windenergieanlagen im Gemeindegebiet Geretsried installiert.

Wie aber bereits unter 3.6 erläutert wurde, hat die Windenergie im Bereich der erneuerbaren Energien die größte flächenbezogene elektrische Energieausbeute. Windenergieanlagen können aber nicht an willkürlich ausgewählten Standorten errichtet werden. Diese Form der Energieerzeugung kann nur an Standorten errichtet werden, die spezielle Voraussetzungen bieten. Bei dieser Wahl des Standortes für Windenergieanlagen müssen verschiedene landschaftliche Begebenheiten berücksichtigt werden, ebenso aber auch verschiedene Gesetze und Regelungen.

Um geeignete Standorte für Windenergieanlagen lokalisieren zu können, wird eine sogenannte Weißflächenkartierung für das zu betrachtende Gebiet durchgeführt. Eine Weißflächenkartierung ist eine Kartierungsmethode zum Auffinden eines für ein bestimmtes Vorhaben geeigneten Standorts. Dazu werden auf einer Landkarte des Suchraums alle Flächen, die ungeeignet für das jeweilige Vorhaben sind, eingefärbt. Die verbleibenden, nicht eingefärbten Flächen sind geeignet für das Vorhaben. Ungeeignet sind Flächen, die ein oder mehrere Ausschlusskriterien erfüllen.

Bei der Weißflächenkartierung für Windenergieanlagen wird nach unabhängigen bzw. abhängigen Kriterien, bezogen auf den Anlagentyp, unterschieden. Bei der Kartierung für Windenergie werden zu Beginn der Weißflächenkartierung die unabhängigen Kriterien bewertet. Folgende unabhängige Ausschlusskriterien müssen betrachtet werden:

Immissionsschutz (Lärm, Schattenwurf)

Bei der Beurteilung des Kriteriums Immissionsschutz müssen die Vorschriften der Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) und § 3 Abs. 3 des dritten Bundes – Immissionsschutzgesetz (3. BImSchG) eingehalten werden. Diese beiden Dokumente stellen an die Errichtung einer Windenergieanlage folgende Bedingungen:

- 600 Meter Abstand einer Windenergieanlage zu Dorf- und Mischgebieten
- 600 Meter Abstand einer Windenergieanlage zu Einzelanwesen im Außenbereich
- 800 Meter Abstand einer Windenergieanlage zu Wohngebieten

Die oben aufgelisteten Kriterien sind jene, die von den beiden Gesetzestexten vorgegeben werden. Diese können sich im Ausnahmefall ändern.

Straßenrecht (Anbauverbotszonen)

Um die Kriterien des Straßenrechts in die Beurteilung einfließen lassen zu können, muss § 9 des Fernstraßengesetzes (FernStrG), der die Richtlinien für Autobahnen und Bundesstraßen regelt, betrachtet werden. Ebenso Einfluss auf eine Errichtung von Windenergieanlagen hat Art. 23 des Bayerischen Straßen- und Wegegesetzes (BayStrWG), der für Staatsstraßen und Kreisstraßen relevant ist, und Art. 23 Abs. 4 des Bayerischen Straßen- und Wegegesetzes (BayStrWG), der die Richtlinien für Gemeindestraßen vorgibt. Diese genannten Gesetze stellen folgende Bedingungen an die Errichtung von Windenergieanlagen:

- 40 Meter Abstand einer Windenergieanlage zu Autobahnen
- 20 Meter Abstand einer Windenergieanlage zu Bundes- und Staatsstraßen
- 15 Meter Abstand einer Windenergieanlage zu Kreisstraßen
- 10 Meter Abstand einer Windenergieanlage zu Gemeindestraßen

Luftverkehrsrecht (Bauschutzbereich)

Um die Kriterien des Luftverkehrs beurteilen zu können, werden §§ 12 / 17 des Luftverkehrsgesetz (LuftVG) herangezogen. Dieses Gesetz regelt den Bau von Windenergieanlagen außerhalb eines Radius von 6000 Meter um einen Flughafen.

Naturschutzrecht

Bei der Beurteilung des Kriteriums Naturschutz müssen die Vorschriften der §§ 1, 23, 28-32 des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG) eingehalten werden. Laut diesem Gesetz dürfen Windenergieanlagen an folgenden Standorten nicht errichtet werden:

- Natura 2000 Gebiete
- Naturschutzgebiete
- Naturdenkmäler
- geschützte Landschaftsbestandteile
- amtlich kartierte Biotop
- historische Kulturlandschaften und Landschaftsteile von charakteristischer Eigenart

Spezielles Artenschutzrecht innerhalb des Naturschutzrechts

Um die Kriterien des speziellen Artenschutzrechts beurteilen zu können, wird im § 44 des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG) das Konventionspapier „Länder AG der Vogelschutzwarten“ betrachtet. Dieses Gesetz zeigt folgende Beschränkungen auf:

- Verbot der Errichtung von Windenergieanlagen in Wiesenbrüteregebieten
- Verbot der Errichtung von Windenergieanlagen in Zugkonzentrationskorridoren (Vogelzug)
- Abstände zu Brutplätzen schlaggefährdeter Arten:
 - 3.000 Meter Abstand zu Schwarzstorch-Brutplätzen
 - 1.000 Meter Abstand zu Brutplätzen von folgenden Arten: Weißstorch, Rohrweihe, Schwarz- und Rotmilan, Baum- und Wanderfalke, Wachtelkönig, Sumpfroheule, Uhu

Denkmal- und Naturschutzrecht

Ein weiteres Kriterium ist das des Denkmal- und Naturschutzrechtes. Dieses wird im § 1 des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG) und in den Art. 6 und 7 des Bayerischen Denkmalschutzgesetzes (BayDSchG) geregelt. Diese Gesetze verhindern Errichtungen von Windenergieanlagen an Kultur-, Bau- und Bodendenkmälern.

Nachdem mit den oben beschriebenen unabhängigen Ausschlusskriterien die ersten Gebiete für die Errichtung von Windenergieanlagen grundsätzlich eingegrenzt wurden, sind in der weiteren Betrachtungsweise weitere Prüfkriterien zu beachten. Diese wären im Folgenden:

Naturschutzrecht

Um das erweiterte Prüfkriterium Naturschutzrecht beachten zu können, werden die §§ 1 und 26 des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG) sowie der Regionalplan Oberland herangezogen. Mithilfe dieser Vorschriften werden folgende Gebiete ausgeschlossen:

- Landschaftsschutzgebiete
- landschaftliche Vorbehaltsgebiete des Regionalplans
- Landschaften mit landschaftsbildprägenden Oberflächenformen mit Silhouettenwirkung

Spezielles Artenschutzrecht innerhalb des Naturschutzrechts bezogen auf Vögel

Bei der Berücksichtigung dieses Kriteriums wird § 44 des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG) herangezogen. Dieser schreibt folgende Richtlinien vor:

- 1.200 Meter Abstand zu europäischen Vogelschutzgebieten
- 1.200 Meter Abstand zu Wiesenbrüterlebensräumen
- folgende Abstände zu Nahrungshabitaten schlaggefährdeter Arten:
 - 10.000 Meter für Schwarzstorch
 - 6.000 Meter für Weißstorch, Rohrweihe, Rotmilan, Sumpfohreule, Uhu
 - 4.000 Meter für Schwarzmilan, Baumfalke, Graureiherkolonien
 - 3.000 Meter für Wanderfalke

Eisenbahnrecht

Bei der Berücksichtigung dieses Kriteriums kann auf keinen Gesetzestext zurückgegriffen werden. Auf Nachfrage bei der DB Services Immobilien GmbH wurde auf einen Abstand einer Windenergieanlage zu einer Bahntrasse von mindestens zweimal Rotordurchmesser hingewiesen.

Technische Anlagen (Freileitungen)

Um die Problematik hinsichtlich der Technischen Anlagen lösen zu können, wurde die Freileitungsnorm EN 50341 Teil 3 berücksichtigt. Diese schreibt mindestens einen Abstand von dreimal Rotordurchmesser bei Freileitungen ohne Schwingungsschutzmaßnahmen und einen einfachen Rotordurchmesserabstand bei Freileitungen mit Schwingungsschutzmaßnahmen vor.

Bei einer eventuellen Unterschreitung des dreifachen Rotordurchmessers, bei Freileitungen ohne Schwingungsschutzmaßnahmen, wird eine Ausrüstung der Freileitungen mit Schwingungsdämpfern erforderlich.

Nachdem die oben beschriebenen Ausschluss- und Prüfkriterien mit den Gemeindedaten zusammengeführt wurden, erhält man das Ergebnis der Weißflächenkartierung, das in Abbildung 61 dargestellt ist. Die blau markierten bzw. schraffierten Flächen erfüllen keines der oben genannten Kriterien, und sind aus diesem Grund für die Errichtung einer Windenergieanlage geeignet.

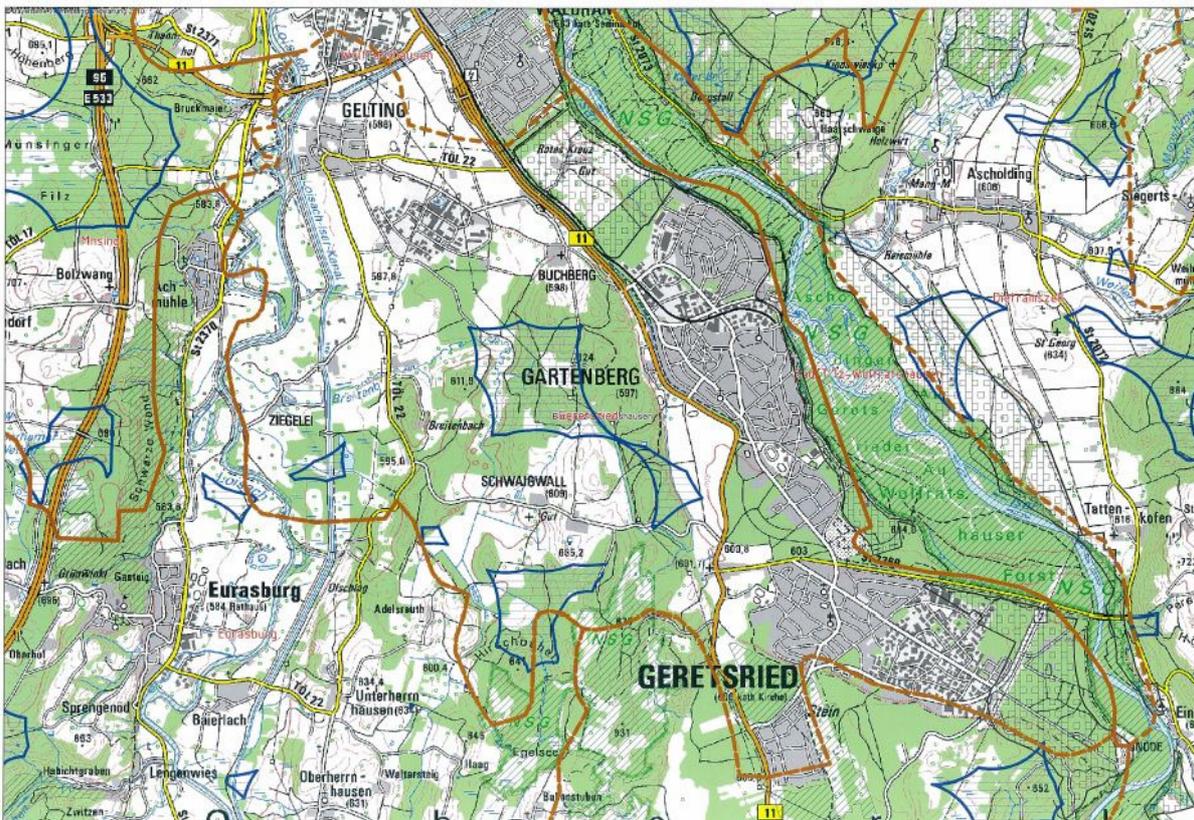


Abbildung 61: Die Weißflächenkartierung der Stadt Geretsried

Mithilfe des Bayerischen Solar- und Windatlas kann eine grobe Vorabbewertung des Gemeindegebietes Geretsried hinsichtlich der mittleren Windgeschwindigkeiten durchgeführt werden. Diese Bewertung ergab, dass die potentiellen Standorte für das Errichten von Windenergieanlagen in Geretsried relativ schwach sind, da relativ geringe Windgeschwindigkeiten vorherrschen.

Aus diesem Grund wird als Referenzanlage eine Enercon E 101 gewählt. Diese Windenergieanlage mit einer Nabenhöhe von 135 Metern und einem Rotordurchmesser von 101 Metern erzielt einen Referenzertrag von 9.500.000 kWh_e/a. Diese Anlage ist aufgrund ihrer Abmessungen eine typische Schwachwindanlage. Solche Anlagen zeichnen sich durch hohe Nabenhöhen und große Rotordurchmesser aus und haben den entscheidenden Vorteil, dass sie bei relativ geringen Windgeschwindigkeiten, wie sie in Geretsried auftreten, ihre maximale Leistungsfähigkeit erreichen. Diese Eigenschaft lässt sich aus folgender Leistungskennlinie der Enercon E 101 sehr gut erkennen.

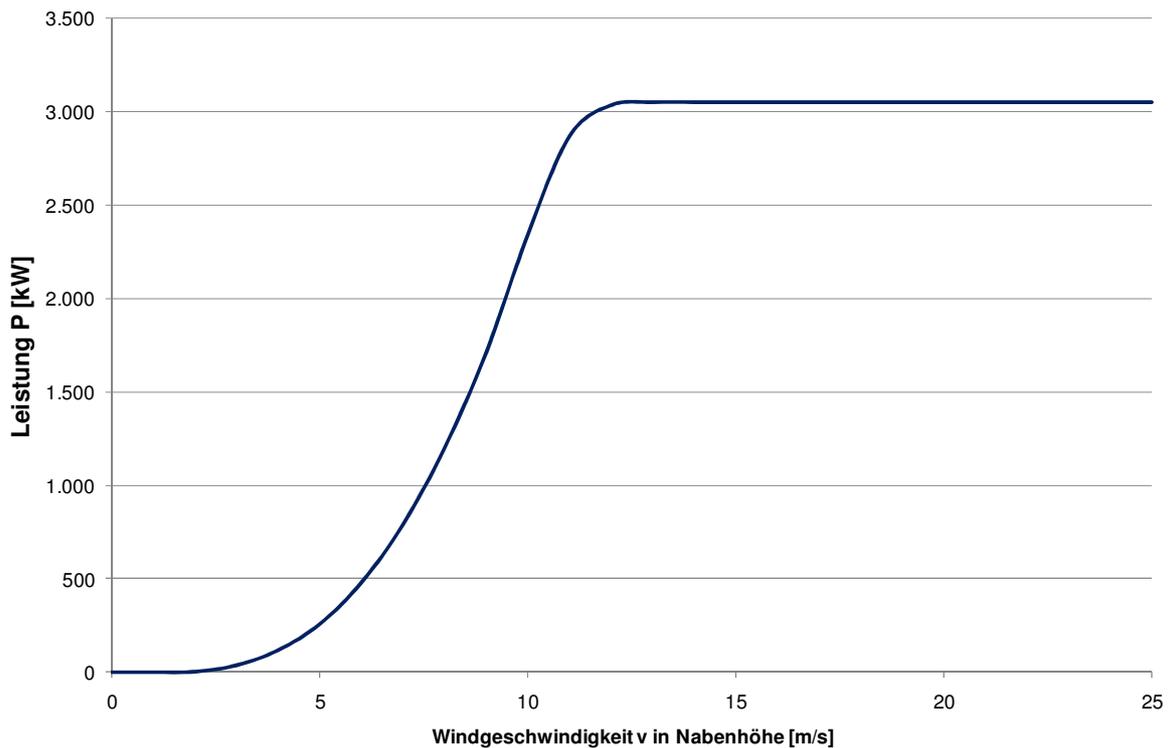


Abbildung 62: Die Leistungskennlinie der Enercon E 101 [28]

Um das Potential der Windenergie bewerten zu können, müssen sogenannte Abschattungseffekte in den Windpotentialgebieten berücksichtigt werden. In der groben Vorabplanung, wie sie hier durchgeführt wird, werden folgende Annahmen getroffen:

- Abstand einer Windenergieanlage zur nächsten in Hauptwindrichtung mindestens fünfmal Rotordurchmesser. Dies entspricht hier einem Abstand in Hauptwindrichtung von 550 Meter.
- Abstand einer Windenergieanlage zur nächsten in Nebenwindrichtung mindestens dreimal Rotordurchmesser. Dies entspricht hier einem Abstand in Nebenwindrichtung von 330 Meter.

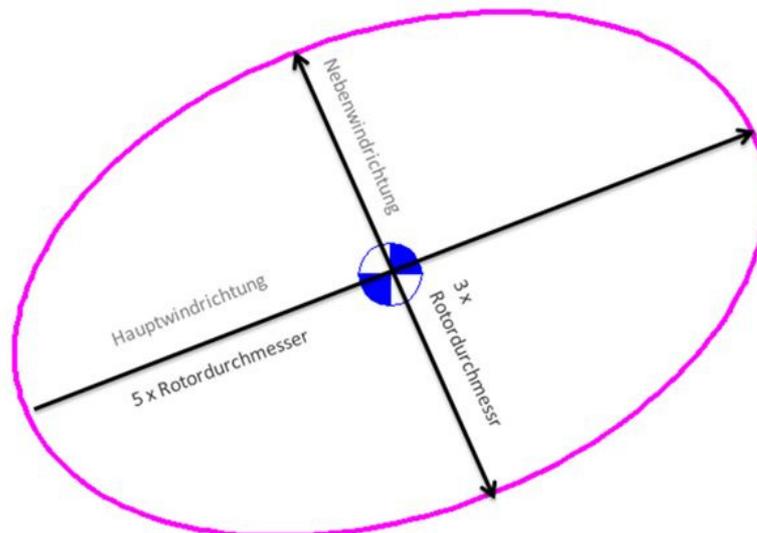


Abbildung 63: Die Abstände einer Windenergieanlage in Abhängigkeit der Windrichtung

Da bei der Errichtung von Windenergieanlagen erhebliche Nebenkosten (Kabellänge zum Einspeisepunkt, Wegbaukosten) auftreten, müssen hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit in Geretsried einige der Windpotentialflächen vernachlässigt werden. Im Fall des Gemeindegebietes Geretsried rechnen sich aus wirtschaftlicher Betrachtungsweise keine Einzelanlagen, weswegen nur die folgenden Windpotentialflächen in Betracht gezogen werden.

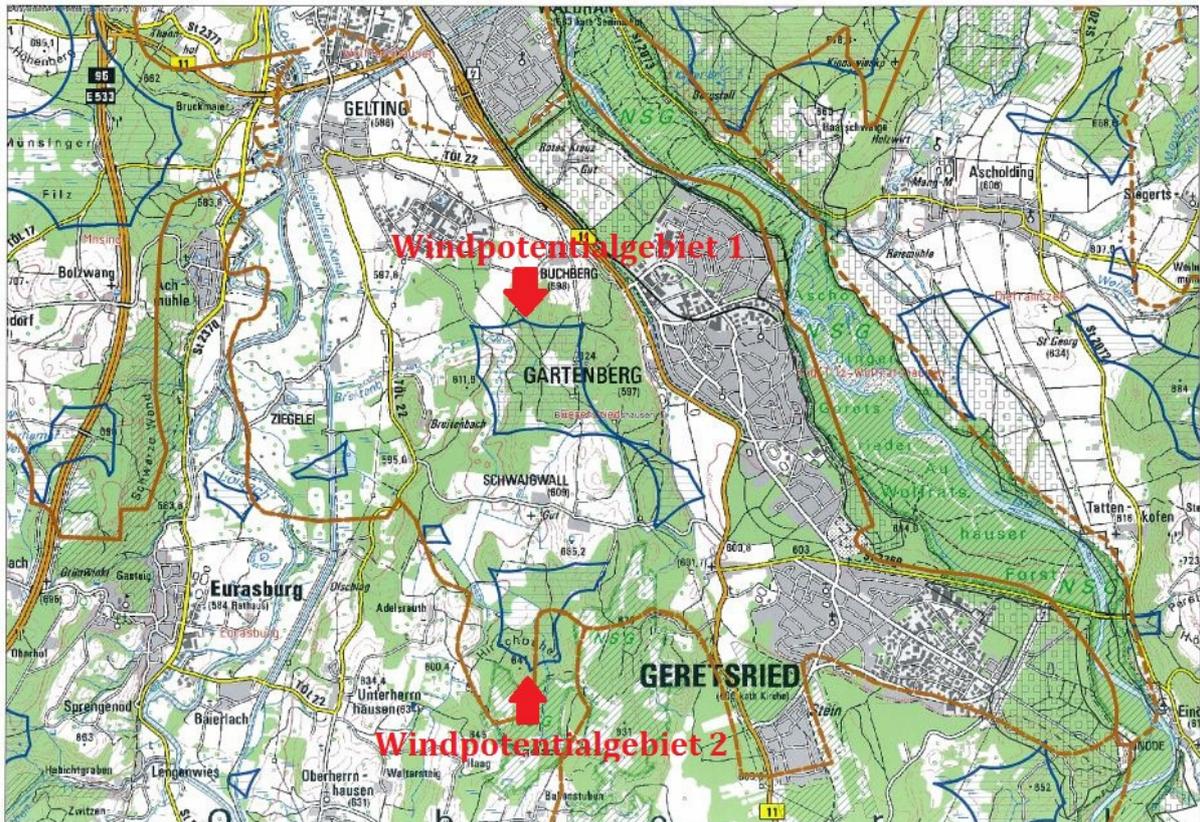


Abbildung 64: Das Windpotentialgebiet in der Stadt Geretsried

Zusammenfassung

Bei der Bewertung der möglichen jährlichen Energieausbeute im Bereich der Windenergie wird als Referenzanlage eine Enercon E101 betrachtet. Diese Anlage hat einen Referenzertrag von 9.500.000 kWh_{el}/a. Da das Gebiet relativ windschwach ist, wird eine jährliche Ausbeute von 60-65 % erwartet. Eine Windenergieanlage vom vorher erwähnten Typ würde somit eine jährliche Energieausbeute zwischen 5.700.000 kWh_{el} und 6.200.000 kWh_{el} erbringen.

Für das Windpotentialgebiet 1 sind theoretisch sechs Windenergieanlagen installierbar. Diese würden eine jährliche Energieausbeute von circa 36.000.000 kWh_{el} erzielen. Im Windpotentialgebiet 2 sind theoretisch maximal drei Windenergieanlagen installierbar. Diese würden eine jährliche Energieausbeute von circa 18.000.000 kWh_{el} erzielen.

Somit wäre durch die Installation der erwähnten Windenergieanlagen eine jährliche Energieausbeute von 54.000.000 kWh_{el} möglich.

Um noch detailliertere Ergebnisse erhalten zu können, müssen die oben beschriebenen Planungen von Experten aus der Windenergieanlagenplanung durchgeführt werden. Von großer Wichtigkeit wäre hierbei, eine Windmessung durchzuführen, um genauere Daten in Bezug auf Windgeschwindigkeit und Windrichtung zu erhalten. Dies ist notwendig, da anhand dieser Daten die Wirtschaftlichkeit dieser Anlagen exakt beurteilt werden muss.

Die Stadt Geretsried hat einen durchschnittlichen Bedarf an elektrischer Energie von rund 106.000.000 kWh_{el} pro Jahr. Durch eine Realisierung der Potentiale auf dem Gebiet der Windenergie könnte mit der oben erläuterten Variante rund 50 % des Strombedarfs in der Stadt Geretsried gedeckt werden.

Dies würde einer Einsparung von rund 30.000 Tonnen CO₂ pro Jahr entsprechen. Dies entspricht einem Anteil am gesamten CO₂-Ausstoß in der Stadt Geretsried von knapp 14 %.

3.6.2 Direkte Nutzung der Sonneneinstrahlung

Die direkte Nutzung der Sonneneinstrahlung unterteilt sich in die zwei Bereiche der Photovoltaik und der Solarthermie. Unter dem Begriff Photovoltaik versteht man die direkte Umwandlung von Strahlungsenergie in elektrische Energie. Sie kam Mitte der 60er Jahre hauptsächlich zur Energieversorgung in Satelliten zum Einsatz, wird aber inzwischen weltweit zur Stromerzeugung verwendet. Unter Solarthermie versteht man die Umwandlung der Sonnenenergie in nutzbare Wärmeenergie.

Bei der Betrachtung des Potentials der direkten Sonneneinstrahlung wird das Leistungsvermögen der Solarthermie und der Photovoltaik betrachtet.

Die Entwicklung der Stromerzeugung mittels der direkten Nutzung der Sonneneinstrahlung hat in den letzten Jahren einen Aufschwung erlebt. Dies ist an Abbildung 65 klar zu erkennen. Deswegen und aufgrund der erhobenen Daten wird dieser Technologie, wie die der Solarthermie, in der Stadt Geretsried eine große Ausbaufähigkeit zugesprochen.

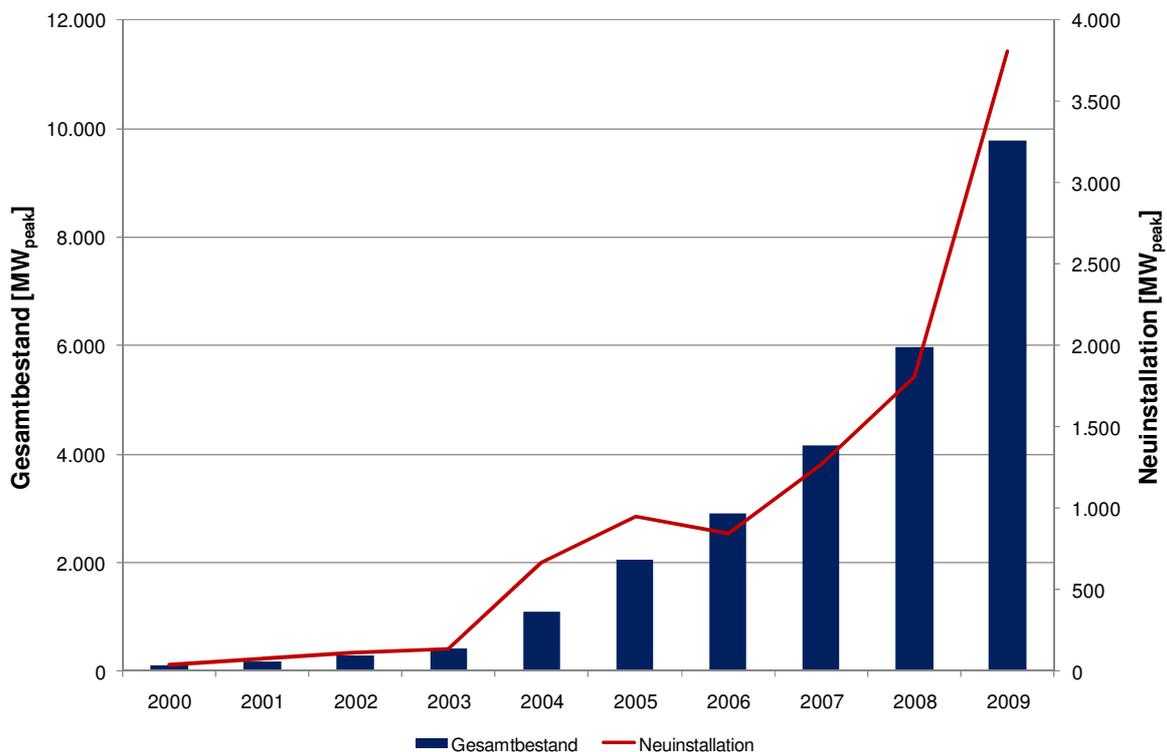


Abbildung 65: Die Entwicklung der installierten Leistung im Bereich der Photovoltaik in Deutschland [29]

Ebenfalls eine rasche Zunahme konnte bundesweit bei den solarthermischen Anlagen verzeichnet werden, die hauptsächlich zur Brauchwassererwärmung, seltener zur Heizungsunterstützung, genutzt werden. Dieser Anstieg ist in Abbildung 66 dargestellt.

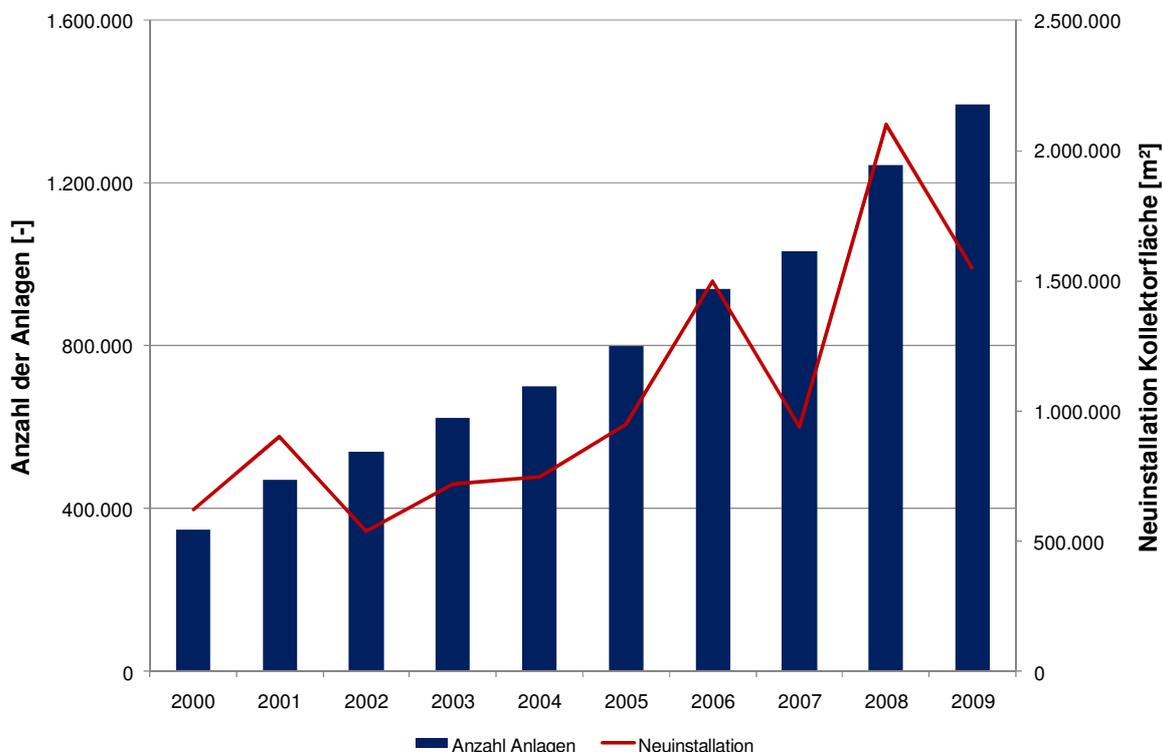


Abbildung 66: Die Entwicklung des Marktes im Bereich der Solarthermie in Deutschland [29]

Bei der Potentialabschätzung im Bereich der solarthermischen Anlagen wird die Wohnfläche der Wohnungen in Wohn- und Nichtwohngebäuden in Geretsried begutachtet.

Aus der „Statistik kommunal“ liegt der Gesamtbestand an Wohngebäuden im Stadtgebiet Geretsried vor. 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 (Firstrichtung) 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 werden von der grundsätzlich nutzbaren Fläche ein Fünftel abgezogen.

Demzufolge bleiben rund 20 % der gesamten schrägen Dachfläche zur Installation von Photovoltaik oder Solarthermie zur Verfügung.

Im nächsten Schritt muss die Dachfläche im Stadtgebiet bestimmt werden. Da aus den amtlichen Statistiken keine Informationen hierüber vorliegen, wird mithilfe verschiedener Studien ein Umrechnungsfaktor hergeleitet, der ein allgemeines Verhältnis von Dachfläche zu Wohnfläche beschreibt. Für die weitere Betrachtung wird hierbei der Wert von „Quaschning“ verwendet, der ein Verhältnis von Dachfläche zu Wohnfläche von 0,8 angibt. In Summe beträgt die gesamte Dachfläche im Stadtgebiet rund 919.098 m². Berücksichtigt man nur das Potential der bestehenden Wohngebäude im Betrachtungsgebiet ergibt sich somit eine technisch nutzbare Fläche von rund 147.100 m². [45]

Variante 1

Die erste Variante betrachtet das theoretische Szenario, in welcher für die Stadt Geretsried mittels Solarthermie 60 Prozent des Brauchwasserbedarfs gedeckt wird. Die verbleibende nutzbare Dachfläche wird zu 70 Prozent für Photovoltaik genutzt. Aktuell sind 2.600 m² der Dachfläche mit solarthermischen Anlagen belegt, mit deren Hilfe 902.000 kWh_{th}/a erzeugt werden.

Ausgehend von einem spezifischen Brauchwasserbedarf von 12,5 kWh_{th}/m²WF*a ergibt sich für die Stadt Geretsried ein Bedarf von 11.488.700 kWh_{th}/a. Um einen rund 60 prozentigen Deckungsgrad zu erreichen, müssen noch 5.991.000 kWh_{th}/a mittels solarthermischen Anlagen erzeugt werden. Bei einem spezifischen Ertrag von 350 kWh_{th}/m²*a entspricht dies einer Fläche von 14.500 m².

Ausgehend davon, dass diese benötigten Restkollektoren noch installiert werden, ergibt sich eine maximale nutzbare Restdachfläche für Photovoltaikmodule von 130.000 m². In der Stadt Geretsried wurden bereits PV-Anlagen mit einer Gesamtleistung von 1.991 kW_{peak} installiert. Diese Anlagen nehmen eine Fläche von 15.900 m² ein. Das ergibt noch freie Dachflächen von 79.900 m². Im Durchschnitt werden circa 8 m² für einen kW_{peak} benötigt. Daraus ergibt sich die noch maximal installierbare Leistung von 10.000 kW_{peak}. Bei einer Realisierung dieses Vorhabens würde man mit einem spezifischen Ertrag von 900 kWh_{el}/kW_{peak} circa 9.000.000 kWh_{el}/a Energie erzeugen.

Bei einer möglichen Umsetzung der Variante 1 würden somit 5.991.000 kWh_{th} und 9.000.000 kWh_{el} erzeugt werden. Es wird angenommen, dass die benötigte Wärme zurzeit mithilfe von Heizöl erzeugt wird. Bei einem CO₂-Ausstoß von 302 g/kWh_{End} ergibt sich eine Vermeidung von 1.800 t/a CO₂. Bei einem derzeitigen CO₂-Ausstoß von 633 g/kWh_{End} bei der Stromerzeugung in Deutschland werden 5.700 t/a vermieden. Dies würde zu einer Gesamtvermeidung der CO₂-Emissionen von 7.500 t/a führen, was rund vier Prozent des gesamten CO₂-Ausstoßes in der Stadt Geretsried entspricht.

Variante 2

Bei der zweiten hier betrachteten Variante wird kein Zubau von solarthermischen Anlagen angenommen, sondern die komplette zur Verfügung stehende Restdachfläche wird mit Photovoltaikmodulen bebaut. In der Stadt Geretsried sind 2.600 m² Dachfläche für solarthermische Anlagen belegt. Auf 15.900 m² wurden schon Photovoltaikmodulen installiert, was zu einer maximalen möglichen nutzbaren Dachfläche von 90.000 m² resultiert. Wie oben bereits erwähnt wurde, wird für ein kW_{peak} eine Fläche von 8 m² benötigt. Daraus ergibt sich eine maximal mögliche installierte Leistung von 11.300 kW_{peak}. Bei einem spezifischen Ertrag von 900 kWh_{el}/kW_{peak} ergibt sich ein jährlicher Energieertrag von 10.170.000 kWh_{el}.

Bei Umsetzung der Variante 2 würden somit 10.170.000 kWh_{el} jährlich erzeugt. Bei einem CO₂-Ausstoß von 633 g/kWh_{End} ergibt sich eine jährliche CO₂-Einsparung von 6.400 t/a.

Anmerkung

Bei der hier durchgeführten Betrachtung wurde bewusst auf die Betrachtung von Freiflächenanlagen verzichtet. Wie bereits unter 3.6 detailliert erläutert wurde, ist bei einer Freiflächen-Photovoltaik-Anlage eine jährliche Energieausbeute von 400 MWh/ha*a erzielbar.

Bei der Planung von Freiflächenanlagen müssen einige Kriterien erfüllt sein, um nach § 11 Abs. 4 des Erneuerbaren Energien Gesetzes (EEG) Anspruch auf Vergütung des produzierten Stromes geltend zu machen. Ein Anspruch auf Vergütung besteht nur, wenn:

1. der Bebauungsplan nach dem 1. September 2003 aufgestellt oder geändert wurde und die Anlage sich auf Flächen befindet, die zum Zeitpunkt des Beschlusses über die Aufstellung oder Änderung des Bebauungsplanes bereits versiegelt waren, oder
 2. die Anlage sich auf Konversionsflächen (Umnutzungsfläche) aus wirtschaftlicher oder militärischer Nutzung befindet, oder
 3. die Anlage sich auf Grünflächen befindet, die zum Zeitpunkt der Errichtung dieser Anlage im Bebauungsplan ausgewiesen und zum Zeitpunkt des Beschlusses über die Aufstellung oder Änderung des Bebauungsplanes als Ackerland genutzt worden sind.
- [30]

Zusammenfassung

Abschließend betrachtet ist das Potential der Photovoltaik, sowie der Solarthermie in der Stadt Geretsried groß. Die beiden oben aufgeführten Varianten zeigen jeweils immenses CO₂-Reduktionspotential. In Variante 1 waren dies circa 7.500 t/a und in Variante 2 circa 6.400 t/a.

Neben der Nutzung von geeigneten Dachflächen besteht auch noch die Möglichkeit, Sonnenenergie auf Freiflächen zu nutzen. Die Potentialabschätzung der vorliegenden Arbeit betrachtet die Möglichkeiten der Freiflächenphotovoltaik nicht,

- da das aktuelle Landschaftsbild durch die Inbetriebnahme einer Freiflächenphotovoltaikanlage negativ verändert wird
- da der Flächennutzungsgrad einer Freiflächenphotovoltaikanlage bei rund 30 m²/kW_{peak} liegt (vergleichend: Dachanlage rund 8 m²/kW_{peak})
- und kein wirtschaftlicher Betrieb von Freiflächenphotovoltaikanlagen unter den derzeitigen gesetzlichen Rahmenbedingungen gewährleistet ist.

3.6.3 Biomasse

Um das Potential der Biomasse bewerten zu können, sollte vorab unterschieden werden, welche Nutzungsarten im Bereich der Biomasse betrachtet werden. Allgemein gibt es drei verschiedene Brennstoffformen der Biomasse:

- Fester Brennstoff, z.B.: Holz, Halmgüter
- Gasförmiger Brennstoff, z.B.: Deponiegas, Klärgas, Biogas
- Flüssiger Brennstoff, z.B.: Pflanzenöl, Biodiesel, Bioalkohol

In nachfolgender Abbildung 67 ist eine Übersicht über die verschiedenen Möglichkeiten der Energiegewinnung aus Biomasse dargestellt.

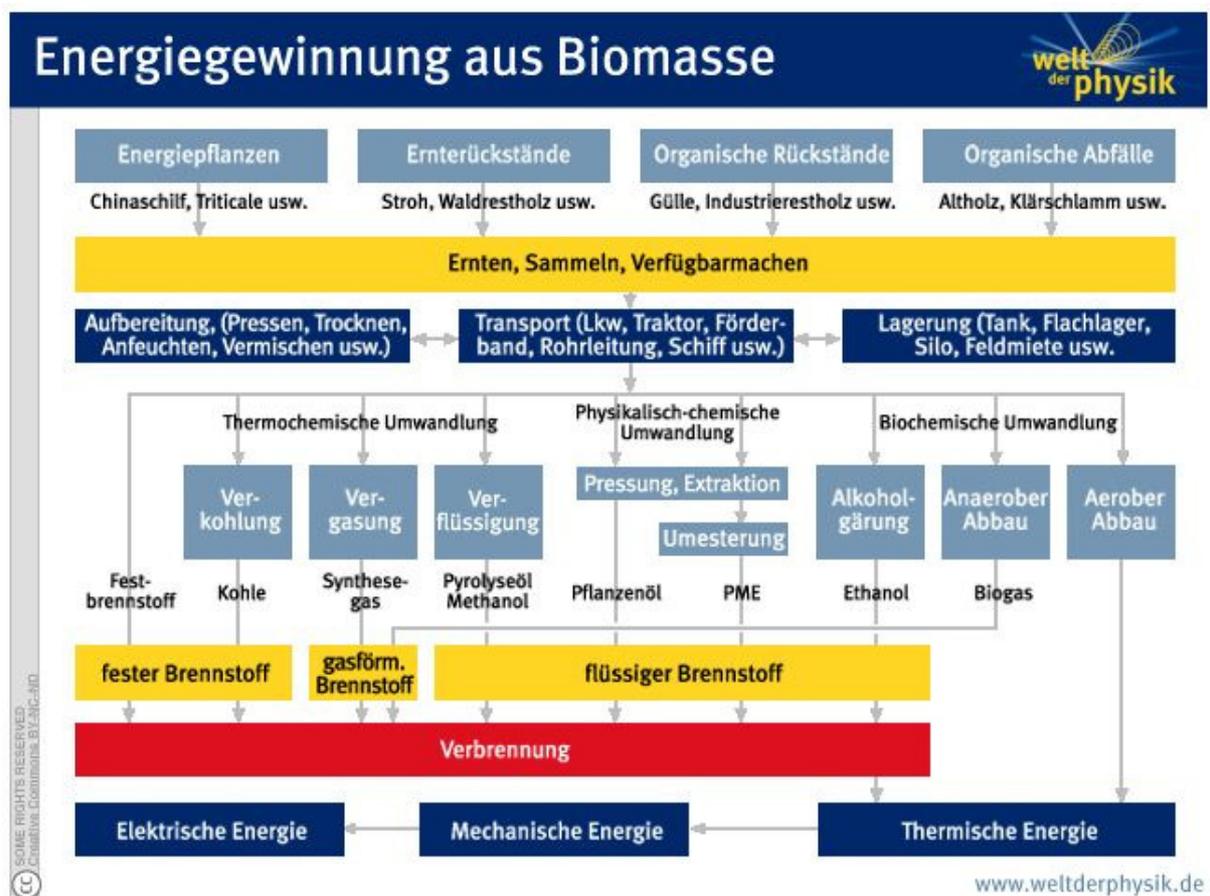


Abbildung 67: Eine Übersicht über die Energiegewinnung aus Biomasse [31]

Nachfolgend werden die einzelnen Potentiale der Energiegewinnung mittels Biomasse erläutert und deren Potential bewertet.

Nutzung fester Biomasse: Holz

Bei der Potentialbetrachtung von Holz wird ausschließlich das thermische Potential dieser Biomasse betrachtet. Es wird nicht das Potential einer möglichen elektrischen Energiegewinnung betrachtet.

Es gibt prinzipiell zwei Bezugsquellen für Holz zur energetischen Verwertung. Zum einen steht ein gewisser Anteil des jährlichen Holzzuwachses zur Verfügung, und zum anderen kann Altholz energetisch verwertet werden.

In nachfolgender Abbildung 68 ist der Materialfluss von Holz durch die Volkswirtschaft dargestellt.

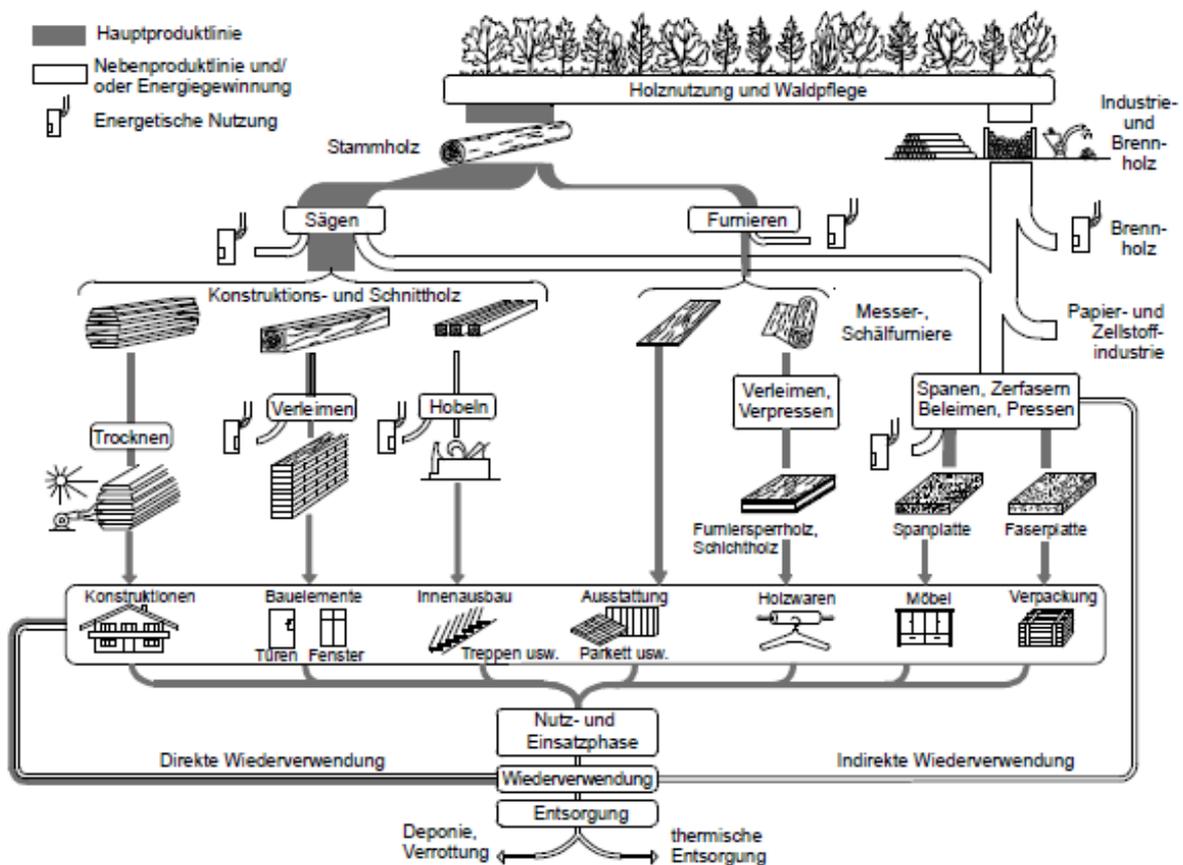


Abbildung 68: Der Materialfluss von Holz durch die Volkswirtschaft [32]

Die Abbildung verdeutlicht, dass nur ein gewisser Anteil am jährlichen Holzzuwachs zur energetischen Nutzung zur Verfügung steht. Bundesweit werden rund 25 Prozent der jährlichen Holzgewinnung energetisch verwertet. Dieser bundesweite Schnitt wird auch in nachfolgender Potentialbetrachtung verwendet.

Wie in 2.1.4 bereits dargestellt, stehen in der Stadt Geretsried rund 850 ha Waldfläche zur Verfügung. Es fließen rund 3 Fm/ha des jährlichen Zuwachses in die energetische Verwertung ein, der restliche Zuwachs in die stoffliche Verwertung. Daraus resultiert eine jährliche Holzmenge von rund 1.500 Rm/a. Mit einem durchschnittlichen Heizwert von Holz mit 1.700 kWh/Rm ergibt sich eine jährliche thermische Energiebereitstellung von rund 3.000.000 kWh_{th}/a.

Bei der Potentialbetrachtung von Altholz wird angenommen, dass circa 90 kg pro Person Altholz anfallen. [32] Bei circa 23.000 Einwohnern in der Stadt Geretsried ergeben sich daraus rund 2.070.000 kg pro Jahr. Mit einem Heizwert von 5 kWh/kg ergibt sich eine thermische Energie von rund 10.000.000 kWh_{th} jährlich.

Somit ergibt sich eine jährliche Bereitstellung von thermischer Energie von rund 13.000.000 kWh_{th} durch Holz in der Stadt Geretsried.

Nutzung flüssiger Biomasse: Öle

Zur Abschätzung des Potentials flüssiger Biomasse muss vorab erwähnt werden, dass sich die maximalen Potentiale zwischen flüssiger und gasförmiger Form überschneiden. Bei der Abschätzung wird davon ausgegangen, dass rund ein Viertel der landwirtschaftlichen Fläche mit Energiepflanzen bestellt wird. Bei rund 900 Hektar landwirtschaftlicher Fläche entspricht dies in Geretsried circa 200 Hektar, die zur Bebauung mit Energiepflanzen zur Verfügung steht.

Bei der Abschätzung des Potentials gasförmiger Biomasse wird ebenfalls mit derselben Flächenanzahl das Potential dargestellt. Es muss berücksichtigt werden, dass beide Potentiale zusammen in ihrer Größe kollidieren. Es werden also die beiden maximalen Potentiale aufgezeigt, die möglich wären.

Für die Betrachtung von flüssiger Biomasse wird angenommen, dass 200 Hektar landwirtschaftliche Fläche mit Energiepflanzen bebaut werden. Diese werden nach ihrer Ernte mit Mühlen zu Pflanzenöl umgewandelt. Durch dieses Verfahren ergibt sich eine Pflanzenölausbeute zwischen 1000 und 2000 Liter Öl pro Hektar bebauter Fläche.

Dieses Öl kann als alternativer Treibstoff verwendet werden, oder wie bei dieser Potentialbetrachtung, mittels eines Pflanzenöl-Blockheizkraftwerkes (eta elektrisch: 35 %; eta thermisch: 45 %) verstromt werden. Dies würde eine elektrische Energieausbeute von rund 1.050.000 kWh_{el} und eine thermische Energieausbeute von rund 1.500.000 kWh_{th} jährlich ergeben.

Nutzung gasförmiger Biomasse: Biogase

Es gibt grundsätzlich vier verschiedene Substratarten, um Biogas erzeugen zu können. Diese unterteilen sich wie folgt:

- Substrate aus der Landwirtschaft
- Substrate aus der weiterverarbeitenden Agroindustrie
- organische Reststoffe aus Stadt und Haushalten
- Grün- und Rasenschnitt

Bezugsquellen für Substrate aus dem Bereich der Landwirtschaft sind überwiegend Wirtschaftsdünger, Mais, Roggen-Ganzpflanzensilage, Rüben und Grassilage. In nachfolgender Tabelle 31 ist der Biogasertrag von den verschiedenen Substraten aus dem Bereich der Landwirtschaft angefügt.

Tabelle 31: Gasertrag verschiedener Substrate aus dem landwirtschaftlichen Bereich [33]

Substrat	Biogasertrag [m³/t Substrat]
Rindergülle	20 - 30
Schweinegülle	20 - 35
Rindermist	40 - 50
Schweinemist	55 - 65
Hühnermist	70 - 90
Maissilage	170 - 200
Roggen - GPS	170 - 220
Zuckerrübe	170 - 180
Masserübe	75 - 100
Gehaltsrübe	75 - 100
Rübenblatt	ca. 70
Grassilage	170 - 200

Weiterhin zum Einsatz bei der Erzeugung von Biogas kommen Reststoffe aus der weiterverarbeitenden Agroindustrie. Diese Verarbeitungsreste fallen bei der Bierherstellung, Alkoholgewinnung, Kartoffelverarbeitung, Zuckergewinnung und bei der Verarbeitung von Obst an. In Tabelle 32 sind die verschiedenen möglichen Biogaserträge aus dem agroindustriellem Bereich aufgeführt.

Tabelle 32: Der Gasertrag verschiedener Substrate aus dem agroindustriellen Bereich [33]

Substrat	Biogasertrag [m³/t Substrat]
Biertreber	105 - 130
Getreideschlempe	30 - 50
Kartoffelschlempe	36 - 42
Obstschlempe	Okt 20
Pülpe	80 - 90
Fruchtwasser	50 - 56
Prozesswasser	55 - 65
Pressschnitzel	60 - 75
Melasse	290 - 340
Apfeltrester	145 - 150
Obsttrester	250 - 280
Rebentrester	250 - 270

Eine weitere Bezugsquelle für Substrate kommt aus dem Bereich der öffentlichen Gebäude und von privaten Haushalten. Hier werden die verschiedenen Abfallreste zur Biogaserzeugung genutzt. In Tabelle 33 sind die erzielbaren Biogaserträge aus den verschiedenen Substraten aufgelistet.

Tabelle 33: Der Gasertrag verschiedener Substrate aus organischen Reststoffen von Stadt und Haushalten [33]

Substrat	Biogasertrag [m³/t Substrat]
Biotonne	80 - 120
Speisereste	50 - 480
Marktabfälle	45 - 110
Fettabscheider	11 - 450
Mageninhalt	20 - 60
Panseninhalt	20 - 60
Flotatschlamm	35 - 280

Abschließend sind als Bezugsquellen von Substraten zur Herstellung von Biogas sind Grün- und Rasenschnitte zu erwähnen. Bei der Pflege von kommunalen Parkflächen und begrüntem Straßenrändern fällt eine Menge an Grün- und Rasenschnitten an. Erwähnenswert ist hier, dass diese Substratquelle nicht ganzjährig zur Verfügung steht. In Tabelle 34 ist der Biogasertrag aus Grünschnitten aufgeführt.

Tabelle 34: Der Gasertrag aus Grünschnitt [33]

Substrat	Biogasertrag [m³/t Substrat]
Grünschnitt	150 - 200

Derzeit werden rund 900 Hektar Fläche in der Stadt Geretsried landwirtschaftlich genutzt. Bei der Abschätzung des Potentials wird angenommen, dass ein Viertel der Fläche zur Bebauung mit Energiepflanzen zur Verfügung steht. Somit könnten rund 200 Hektar mit Energiepflanzen bepflanzt werden. Bei einer durchschnittlichen Biogasausbeute von rund 6.500 m³/ha kann mit Ernte dieser Pflanzen 1.300.000 kWh Biogas jährlich bereitgestellt werden.

Biogas kann ebenfalls aus tierischen Ausscheideprodukten gewonnen werden. Dazu wurde der aktuelle Tierbestand in der Stadt Geretsried betrachtet und in „Großvieheinheit“ umgerechnet. Eine Großvieheinheit erzeugt jährlich rund 15 Tonnen Gülle. Aus einer Tonne Gülle kann durchschnittlich 20 bis 30 m³ Biogas gewonnen werden. In der Potentialbetrachtung wurde mit 25 m³ pro Tonne Gülle kalkuliert. In nachfolgender Tabelle 35 ist der Tierbestand sowie der jährliche Biogasertrag ersichtlich.

Tabelle 35: Der mögliche Biogasertrag aus tierischen Ausscheideprodukten in der Stadt Geretsried [1]

Tierart	Tierbestand	Großvieheinheit	Gülle [t/a]	Biogasertrag [m ³ /t Gülle]
Rind	873	873	13.095	327.375
Schwein	1.000 *	120	1.800	45.000
Schaf	101	10	150	3.750
Pferd	-	-	-	-
Huhn	-	-	-	-

* Auskunft Veterinäramt am Landratsamt Bad Tölz

In Summe können durch tierische Ausscheideprodukte rund 370.000 m³ Biogas erzeugt werden. Somit ergibt sich mit der Biogasgewinnung aus Energiepflanzen ein Biogasertrag von rund 1.670.000 m³ Biogas jährlich.

Bei Verbrennung des Biogases in einem Blockheizkraftwerk (eta elektrisch: 35 %, eta thermisch: 45 %) ergibt sich ein jährlicher Ertrag von rund 4.100.000 kWh_{th} und 3.300.000 kWh_{el}, was einem Anteil von rund 3 Prozent des jährlichen Bedarfs an elektrischer Energie entspricht.

Zusammenfassung

Bei Bewertung des Potentials der Biomasse werden grundsätzlich drei verschiedene Bereiche betrachtet. Diese sind im einzelnen feste Biomasse, flüssige Biomasse und gasförmige Biomasse.

Im Bereich der festen Biomasse können 13.000.000 kWh_{th} bereitgestellt werden. Um die Potentiale der CO₂-Einsparung bewerten zu können, wird hier und für die nachfolgenden Formen der Biomasse angenommen, dass die vorhandenen Wärmepotentiale durch Heizöl bereitgestellt werden. Somit ergibt sich im Bereich der festen Biomasse eine CO₂-Einsparung von rund 3.900 Tonnen pro Jahr.

Bei Betrachtung der Potentiale der Biomasse in flüssiger Form spielen Öle die Hauptrolle. Diese werden mithilfe von Blockheizkraftwerken in thermische und elektrische Energie umgewandelt. In der Stadt Geretsried kann 1.050.000 kWh_{el} und 1.500.000 kWh_{th} durch flüssige Biomasse bereitgestellt werden. Dies würde zu einer gesamten Einsparung von CO₂-Emissionen von rund 1.100 Tonnen jährlich führen.

Werden auf rund 200 ha, d. h. auf etwa ¼ der landwirtschaftlichen Nutzflächen in der Stadt Geretsried, Substrate für die Biogasgewinnung angebaut, und das gewonnene Biogas in Blockheizkraftwerken zur gemeinsamen Erzeugung von elektrischer- und thermischer Energie eingesetzt, ergibt sich eine jährliche CO₂-Einsparung von rund 2.600 t. Das jährliche CO₂-Minderungspotential durch Nutzung der tierischen Ausscheideprodukte im Biogasprozess und der anschließenden Verstromung im BHKW beläuft sich auf rund 700 t. Somit ergibt sich ein Einsparpotential an CO₂ durch gasförmige Biomasse von rund 3.300 t jährlich.

In Tabelle 36 sind die möglichen Einsparungen durch Umsetzung der vorher erarbeiteten Potentiale dargestellt. Hier ist zu erwähnen, dass das Potential der flüssigen Biomasse mit dem Potential der gasförmigen Biomasse in Konkurrenz treten kann.

Tabelle 36: Die mögliche CO₂-Einsparung durch Umsetzung der Potentiale

Biomasseform	CO ₂ -Einsparung [t/a]
feste Biomasse	3.900
flüssige Biomasse	1.100
gasförmige Biomasse	3.300
kumuliert	8.300

3.6.4 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 Wärme- markt, als auch zur Erzeugung von elektrischem Strom in einer Kraft-Wärme-Kopplungs- Anlage.

In Abbildung 69 sind die Geothermiegebiete in Deutschland dargestellt. Hier kann man erkennen, dass Geothermiepotential im norddeutschen Raum, sowie vereinzelt in Baden- Württemberg und in Bayern vorliegt.



Abbildung 69: Das Geothermiepotential in der Bundesrepublik Deutschland [34]

In nachfolgender Abbildung 70 ist das Geothermiepotential für das Bundesland Bayern dargestellt. Die blau gefärbte Fläche stellt Gebiete mit geologisch günstigen Verhältnissen für die energetische Nutzung von Erdwärme mittels Geothermie dar. Die gelb gefärbte Fläche, in der sich die Stadt Geretsried befindet, stellt die Gebiete dar, die möglicherweise günstige geologische Verhältnisse für die energetische Nutzung von Erdwärme mittels Geothermie bieten.

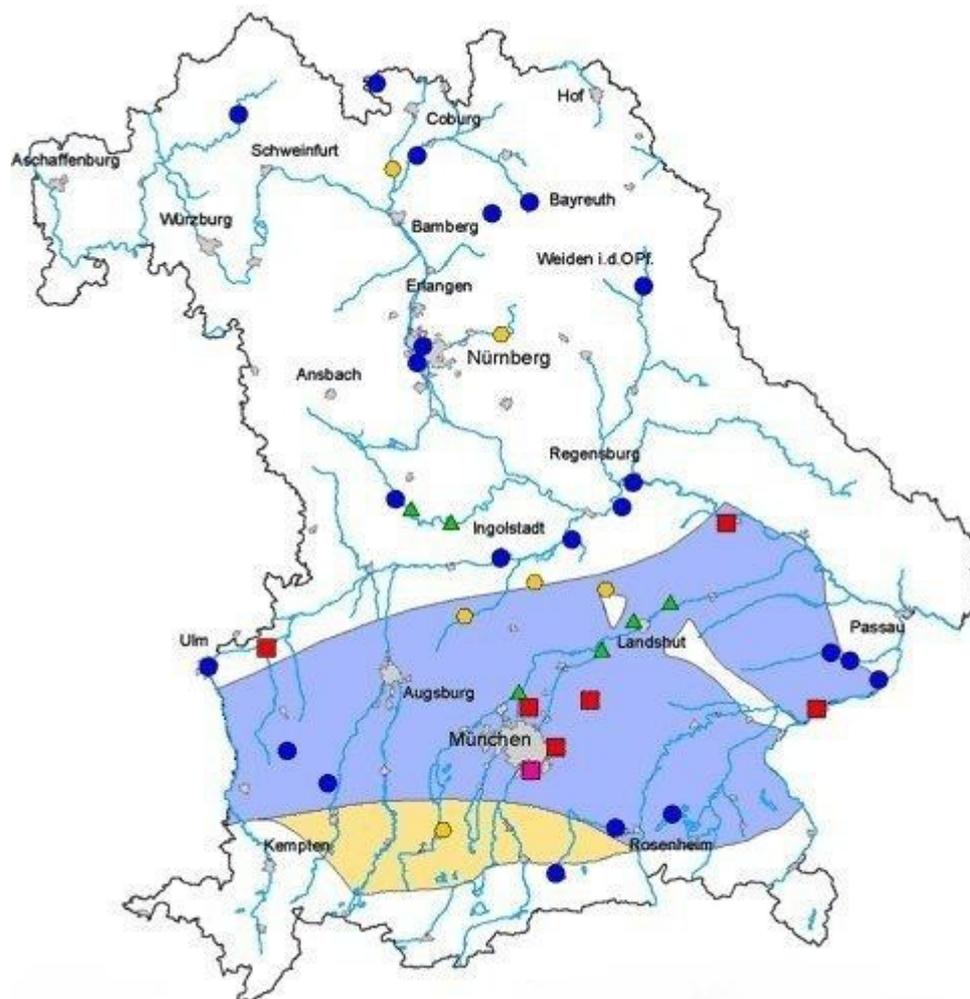


Abbildung 70: Das Geothermiewpotential im Bundesland Bayern [35]

Allgemein lässt sich feststellen, dass die Stadt Geretsried in einem Gebiet liegt, in welcher geothermische Energieerzeugung wirtschaftlich realisierbar ist.

Grundsätzlich gibt es zwei Arten der Geothermienutzung

- tiefe Geothermie zur direkten Nutzung im Wärmemarkt oder auch indirekt zur Stromerzeugung
- oberflächennahe Geothermie zur direkten Nutzung, etwa zum Heizen und Kühlen, in Verbindung mit Wärmepumpen.

In nachfolgender Abbildung 71 ist sehr gut erkennbar, wie die Temperatur mit zunehmender Tiefe ansteigt. Daraus ergeben sich auch die verschiedenen standortabhängigen Nutzungsmöglichkeiten der Geothermie.

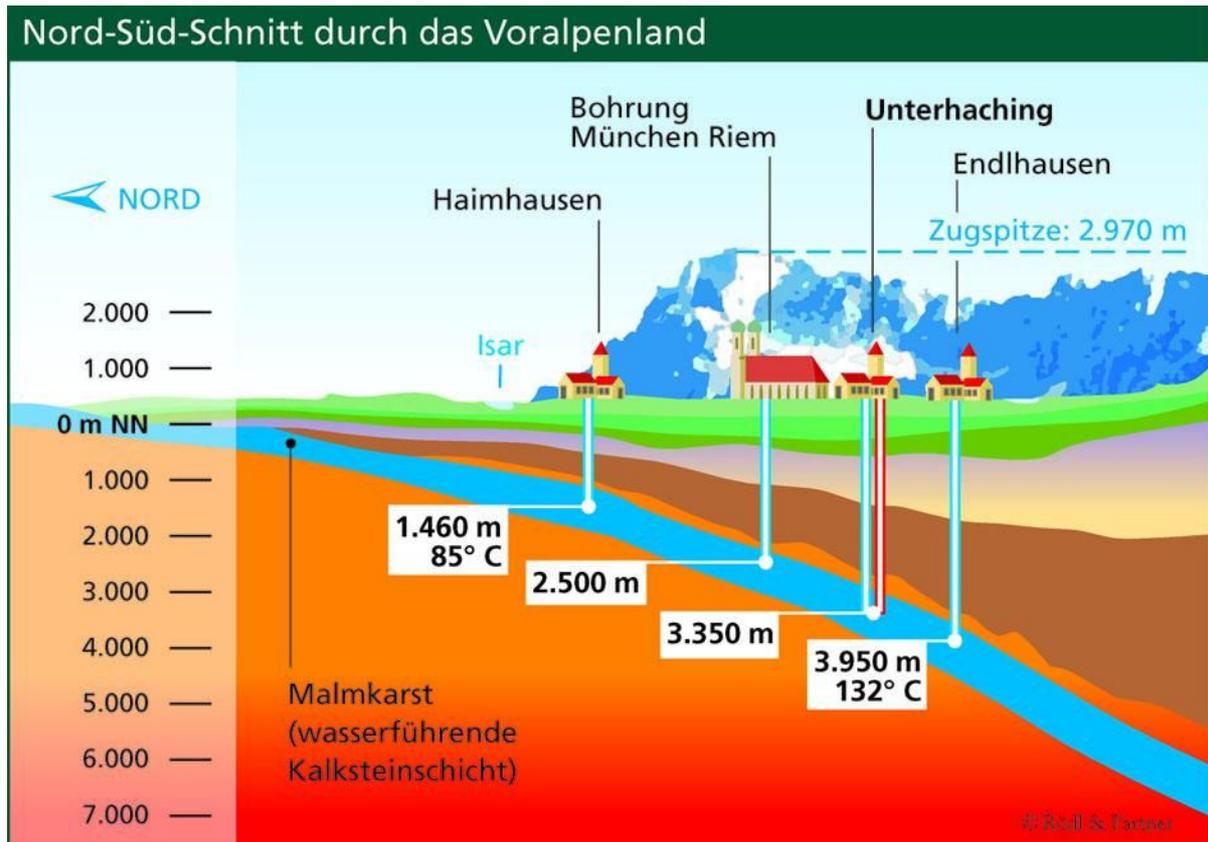


Abbildung 71: Die Abhängigkeit der Wassertemperaturen von der Tiefe bei Geothermie [36]

Die Geothermie ist eine bedeutende erneuerbare Energie. Einen besonderen Beitrag zu ihrer Nutzung leisten hierbei Länder, die über sogenannte Hochenthalpielagerstätten verfügen. Hochenthalpielagerstätten sind Wärmeanomalien, die mit vulkanischer Tätigkeit einhergehen. Dort sind mehrere hundert Grad heiße Fluide, Wasser oder Dampf in geringer Tiefe anzutreffen. Das Vorkommen von Hochenthalpielagerstätten korreliert stark mit dem Vorkommen von Vulkanen in den entsprechenden Ländern. In diesen Ländern kann der Anteil der Geothermie an der Gesamtenergieversorgung des Landes erheblich sein.

Die geothermische Stromerzeugung in Deutschland steckt noch in ihren Anfängen. Ein wesentlicher Grund hierfür ist, wie bereits oben kurz erläutert, die regional bindende Verfügbarkeit von geothermalen Ressourcen.

Jedoch ist in Deutschland die direkte Nutzung oberflächennaher Geothermie, in Form von Wärmepumpenheizung, schon sehr weit verbreitet und verzeichnet hohe Zuwachsraten. Diese Technik findet überwiegend ihren Einsatz in kleinen und mittleren dezentralen Anlagen zur Bereitstellung von Wärmeenergie und Klimakälte für:

- Einfamilienhäuser bis hin zu Wohnsiedlungen
- Büro- und Verwaltungsgebäude
- Öffentliche Gebäude, Schulen, Krankenhäuser, Museen, Schwimmbäder, etc.
- Gewerbebetriebe, Werks- und Montagehallen, etc.

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 [44]

Die Entwicklung der Wärmebereitstellung durch geothermische Anlagen ist in Abbildung 72 dargestellt.

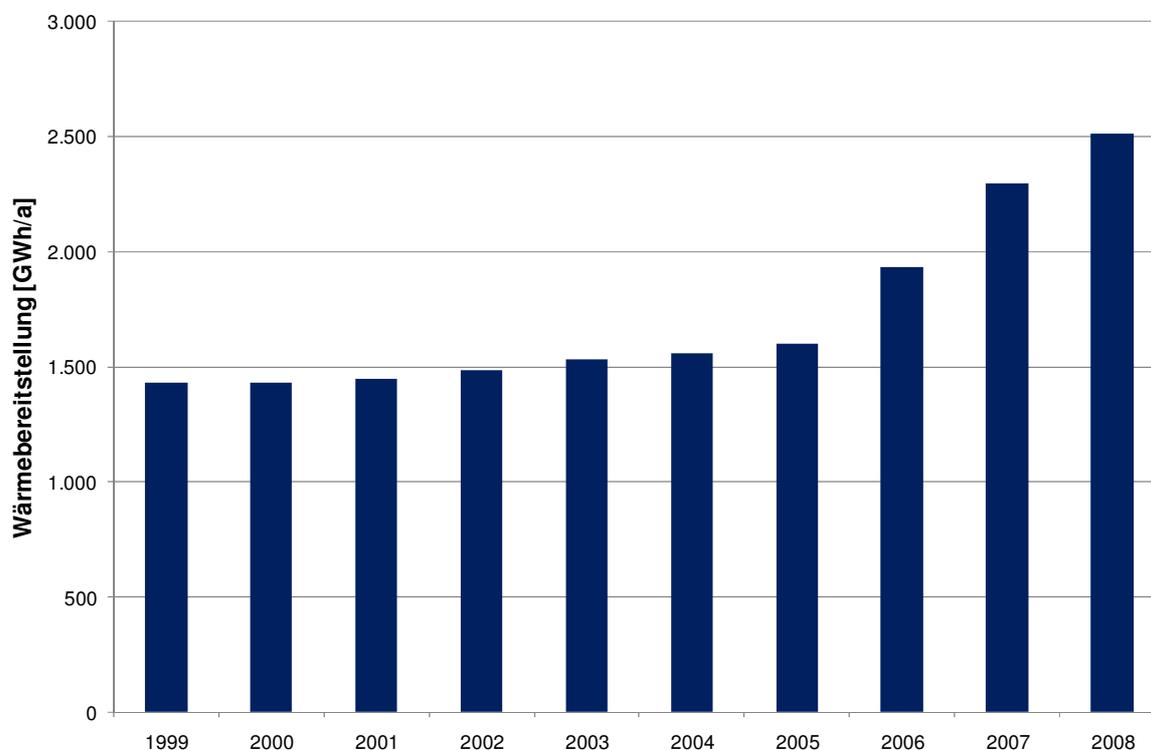


Abbildung 72: Die Wärmebereitstellung durch Geothermie in Deutschland [37]

Im Raum Wolfratshausen und Geretsried installiert zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Konzeptes die „Enex Power Germany GmbH“ ein geothermisches Kraftwerk. Dieses Kraftwerk mit einer elektrischen Leistung von 3 MW_{el} und einer thermischen Leistung von 7 MW_{th} soll im Frühjahr 2013 betriebsbereit sein.

Dieses Kraftwerk, mit einer elektrischen Leistung von 3 MW_{el} und prognostizierten 8.000 Volllaststunden, würde 24.000 MWh_{el} elektrischer Energie pro Jahr erzeugen. Dies entspricht rund 22 Prozent des jährlichen Bedarfs an elektrischer Energie in der Stadt Geretsried und dem elektrischen Energiebedarf von rund 5.000 Haushalten.

Das Geothermie Kraftwerk liefert auch thermische Energie. Mit einer thermischen Leistung von 7 MW_{th} und einer jährlichen Laufzeit von 8.000 Volllaststunden wären dies 56.000 MWh_{th} pro Jahr. Diese thermische Energiemenge würde Wärme für 6.000 Haushalte liefern und damit einen großen Teil des Wärmebedarfs der Stadt Geretsried decken.

Wird als Referenz die Wärmeerzeugung mittels dezentraler Heizölkessel betrachtet, können jährlich rund 30.000 Tonnen CO₂ vermieden werden, was einer Verringerung um rund 14 % bedeutet.

3.6.5 Wasserkraft

Bei der Wasserkraft wird die kinetische und potentielle Energie einer Wasserströmung über ein Turbinenrad in mechanische Rotationsenergie umgewandelt, die zum Antrieb von Generatoren genutzt wird. Es gibt grundsätzlich drei Typen von Wasserkraftwerken. Dies wären:

- Laufwasserkraftwerk

Laufwasserkraftwerke finden ihre Anwendung an Flüssen, die ein natürliches oder künstliches Gefälle aufweisen und deren Durchflussmengen sehr groß sind. Denn je größer das Gefälle und je größer der Durchfluss, desto größer ist die zu erzielende Leistung. Das strömende Wasser treibt eine Turbine an, welche die Bewegungsenergie aufnimmt und an einen Generator weitergibt. Laufwasserkraftwerke dienen der Deckung eines Teils der Grundlast im Stromnetz, da die Generatoren jederzeit laufen können und die Energie nicht gespeichert werden kann.

- Speicherkraftwerk

Speicherkraftwerke nutzen Wasser aus einem hochgelegenen natürlichem See oder einer künstlichen Talsperre, welche einen natürlichen Zufluss besitzen. Über Rohrleitungen wird das Wasser der tiefer gelegenen Turbine zugeführt, um dort in elektrische Energie umgewandelt zu werden. Meist werden diese Kraftwerke kurzfristig in Betrieb genommen, um auftretende Spitzen im Stromnetz zu decken.

- Pumpspeicherkraftwerk

Pumpspeicherkraftwerke dienen dem Zweck, lange Leistungsspitzen im Stromnetz zu decken. So wird in einer Schwachlastzeit Wasser vom Unterbecken in das Oberbecken gepumpt. Dazu wird dem Stromnetz überflüssige Energie entnommen. In Starklastzeiten wird, um andere Kraftwerke zu entlasten, das Wasser aus dem Oberbecken wieder in das Unterbecken geleitet. Dabei wird das Wasser durch die Turbine geleitet, die jetzt als Pumpe fungiert. Der so erzeugte Strom wird wieder in das Stromnetz eingespeist.

Wasserkraft ist die derzeit wichtigste erneuerbare Energiequelle, die zur Stromversorgung der Bevölkerung beiträgt. Mit Wasserkraftwerken wurde im Jahr 2008 knapp 10 Prozent des elektrischen Bedarfs in Europa gedeckt. In Deutschland werden knapp vier Prozent des elektrischen Energiebedarfs abgedeckt.

In nachfolgender Abbildung 73 ist die derzeitige und prognostizierte Strombereitstellung durch Wasserkraft in Deutschland dargestellt.

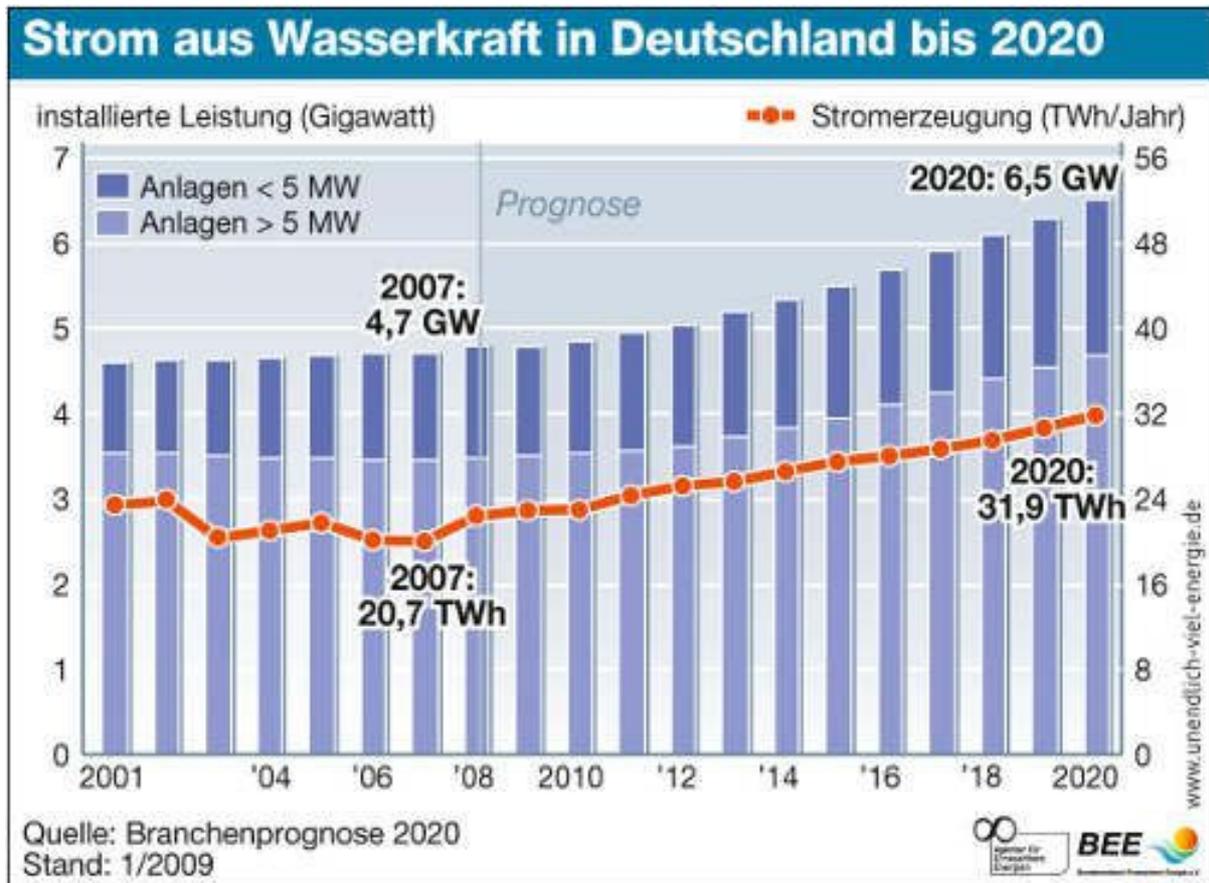


Abbildung 73: Die derzeitige und prognostizierte Strombereitstellung durch Wasserkraft in Deutschland [38]

Durch das Stadtgebiet Geretsried fließt westlich der Fluss Loisach und östlich der Fluss Isar. In Geretsried existieren zum Zeitpunkt der Erstellung des Konzeptes keine Wasserkraftanlagen, die Strom in das öffentliche Versorgungsnetz einspeisen.

Es muss hier darauf hingewiesen werden, dass der Bau eines Wasserkraftwerkes mit hohen Investitionskosten verbunden ist. Deshalb sind Wasserkraftwerke auf lange Laufzeiten (40-60 Jahre) ausgelegt.

Grundsätzlich existieren im Stadtgebiet Geretsried drei Gewässer, die Möglichkeiten bieten, ein Wasserkraftwerk zu installieren. Diese sind

- der Fluss Loisach
- der Fluss Isar
- und der Loisach-Isar-Kanal.

Der Fluss Isar bietet keine Möglichkeit, im Durchflussgebiet der Stadt Geretsried, eine Wasserkraftanlage errichten zu können. Dies ist dadurch begründet, dass der Durchflussbereich der Isar in einem ausgewiesenen Naturschutzgebiet liegt. Desweiteren liegt dieser Bereich der Isar in einem Landschaftsschutzgebiet und in einem sog. FFH-Gebiet (Flora-Fauna-Habitat-Gebiet). Diese FFH-Gebiete sind im Rahmen der Europarichtlinie „Natura 2000“ europaweite Schutzgebiete zum Lebensraum- und Artenschutz. [23]

Der Teil des Flusses Loisach, der durch das Stadtgebiet Geretsried fließt, befindet sich ebenfalls in einem FFH-Gebiet. [43]

Aus den vorher erläuterten Gründen kann im Rahmen dieser Potentialabschätzung nur der Loisach-Isar-Kanal betrachtet werden. Im Regionalplan Oberland ist desweiteren für das Gebiet der Stadt Geretsried ein landschaftliches Vorbehaltsgebiet ausgewiesen. Mit diesen landschaftlichen Vorbehaltsgebieten wollte der Freistaat Bayern ein eigenständiges Instrument für die Regionalplanung schaffen, dass auf der Ebene der Region die Belange des Naturschutzes und der Landschaftspflege sichern soll. Das landschaftliche Vorbehaltsgebiet ist jedoch kein Sicherungsinstrument des Bayerischen Naturschutzgesetzes, wie z.B. das Naturschutzgebiet oder das Landschaftsschutzgebiet. Dieses landschaftliche Vorbehaltsgebiet befindet sich im südwestlichen Teil des Gebietes der Stadt Geretsried.

Das landschaftliche Vorbehaltsgebiet, sowie die ausgewiesenen Naturschutzgebiete bzw. Landschaftsschutzgebiete bis auf das FFH-Gebiet, das den Fluss Loisach betrifft, sind in Abbildung 74 ersichtlich.

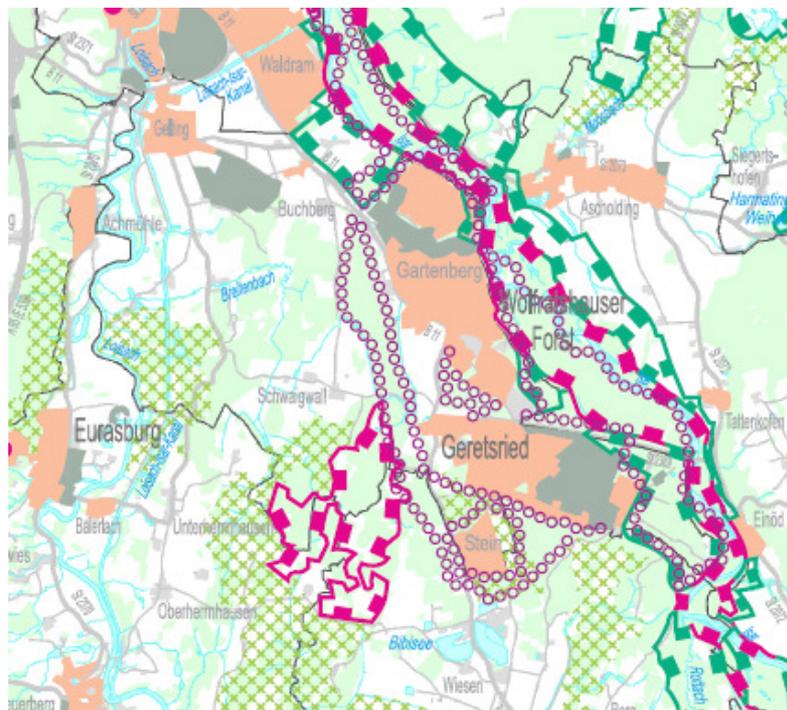


Abbildung 74: Auszug aus dem Regionalplan Oberland [23]

Die magentafarbenen Linien grenzen die ausgewiesenen Naturschutzgebiete, die grünfarbenen Linien die ausgewiesenen Landschaftsschutzgebiete ein. Hellgrün schraffierte Flächen markieren landschaftliche Vorbehaltsgebiete.

Die E.ON Bayern AG hat eine Konzession bis zum Jahre 2030 zur Nutzung des Loisach-Isar-Kanals für Wasserkraftzwecke.

Grundsätzlich ist nur ein gewisser Bereich des Loisach-Isar-Kanals für Wasserkraft nutzbar. Dieser Bereich ist in Abbildung 75 schwarz umrandet.

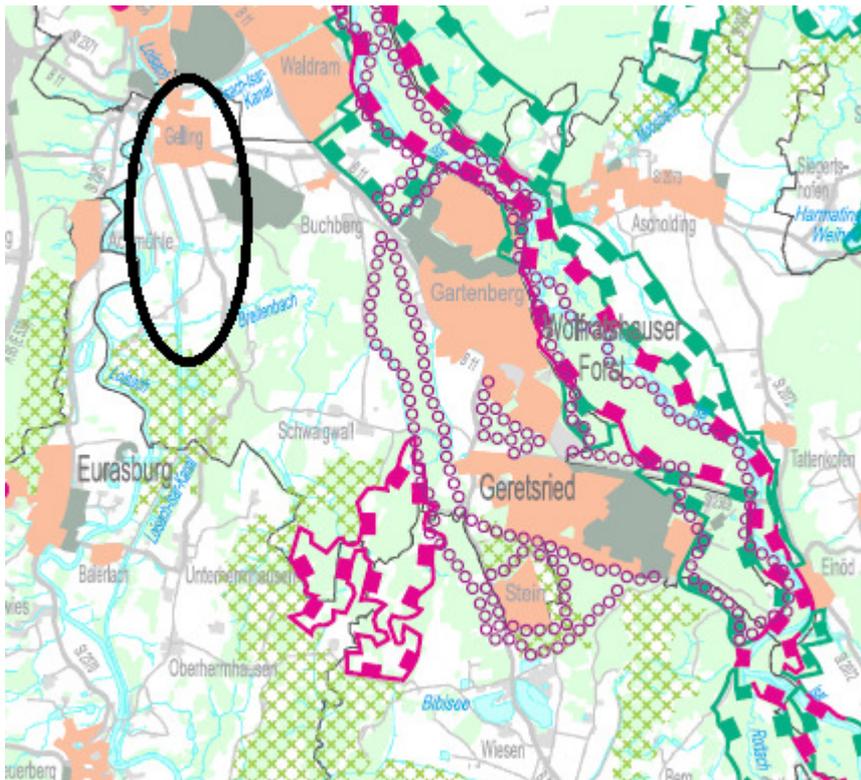


Abbildung 75: Mögliche Gewässerbereiche zur Wasserkraftnutzung [23]

Zur Bewertung des allgemeinen Potentials kann unter Auslassung der vorgenannten naturschutzfachlichen Hindernisse angenommen werden, dass rein prinzipiell ein Wasserkraftwerk mit einer elektrischen Leistung von 5 MW installiert werden könnte. Bei einer angenommenen Laufzeit von rund 7.000 Volllaststunden würde dieses Kraftwerk rund 35.000.000 kWh_{End} elektrischer Energie jährlich produzieren.

Die würde einer Einsparung von rund 22.000 Tonnen CO₂ jährlich entsprechen, was einer Reduktion von rund 10 Prozent der Gesamtemissionen entspricht.

4 Maßnahmenkatalog

4.1 Wärmekataster für die Stadt Geretsried

Der Wärmekataster für die Stadt Geretsried ist eine wichtige Grundlage für zukünftige Maßnahmen zum Aufbau einer zentralen Wärmeerzeugung, welche eine wichtige Funktion zur Minderung von CO₂-Emissionen übernimmt. Durch eine zentrale Wärmeerzeugung lassen sich effizient und simultan thermische und elektrische Energie bereitstellen.

Mithilfe dieses Wärmekatasters werden Bereiche in der Stadt Geretsried lokalisiert, die durch einen Wärmeverbund sinnvoll versorgt werden können.

Bei der Erstellung des Wärmekatasters wurde auf Daten der Schornsteinfeger zurückgegriffen. Diese Daten wurden straßenweise nach Anzahl, installierter Leistung und Art der Wärmeerzeugung zur Verfügung gestellt. Bei der Auswertung der Daten wurden jährlich 1.400 Volllaststunden für jeden Wärmeerzeuger festgelegt. Um den jährlichen Wärmebedarf zu erhalten, werden die jeweiligen Leistungen der Wärmeerzeuger mit den angenommenen Volllaststunden multipliziert. Die Wärmebelegung pro Straße erhält man durch Division des Wärmebedarfs mit der dazugehörigen gesamten Straßenlänge. Die gesamte Netzlänge, die zur Erschließung der Liegenschaften notwendig ist, erhält man durch Addition der Straßenslängen und einer Pauschale von zehn Meter pro Hausanschlussleitung.

Die Wärmebelegung beschreibt das Verhältnis der jährlich benötigten Wärmemenge zur Länge des für die Erschließung notwendigen Netzes (Trassenlänge). Als Richtwert gelten 1.500 kWh_{th}/m*a, da sich unter diesem Wert ein Wärmenetz in der Regel effizient betreiben lässt. In Tabelle 37 sind die Abstufungen der Wärmebelegung mit der zugehörigen Füllfarbe dargestellt. Nach Bestimmung der Wärmebelegungen, der einzelnen Straßen in der Stadt Geretsried, werden diese digitalisiert.

Tabelle 37 Die Abstufungen der verschiedenen Wärmebelegungen bezüglich des Wärmekatasters

Wärmebelegung	Füllfarbe
gering	keine
niedrig	gelb
mittel	orange
hoch	rot

In Abbildung 76 ist der Wärmekataster der Stadt Geretsried dargestellt.



Abbildung 76: Das Wärmekataster der Stadt Geretsried bei 100 % Anschlussdichte

Der oben abgebildete Wärmekataster ist mit einer Anschlussdichte von 100 Prozent abgebildet. Bei der 100-prozentigen Anschlussdichte wird angenommen, dass jeder Wärmeverbraucher in der Stadt Geretsried bei einer potentiellen zentralen Wärmeverbundlösung an diesen Wärmeverbund anschließt. Da sich aber nicht jeder Wärmeverbraucher in einer Straße an eine eventuelle Nahwärmeverbundlösung anschließt, wird zur weiteren Betrachtung eine Anschlussdichte von 60 Prozent angenommen.

In Abbildung 77 ist der Wärmekataster der Stadt Geretsried mit einer Anschlussdichte von 60 Prozent abgebildet.

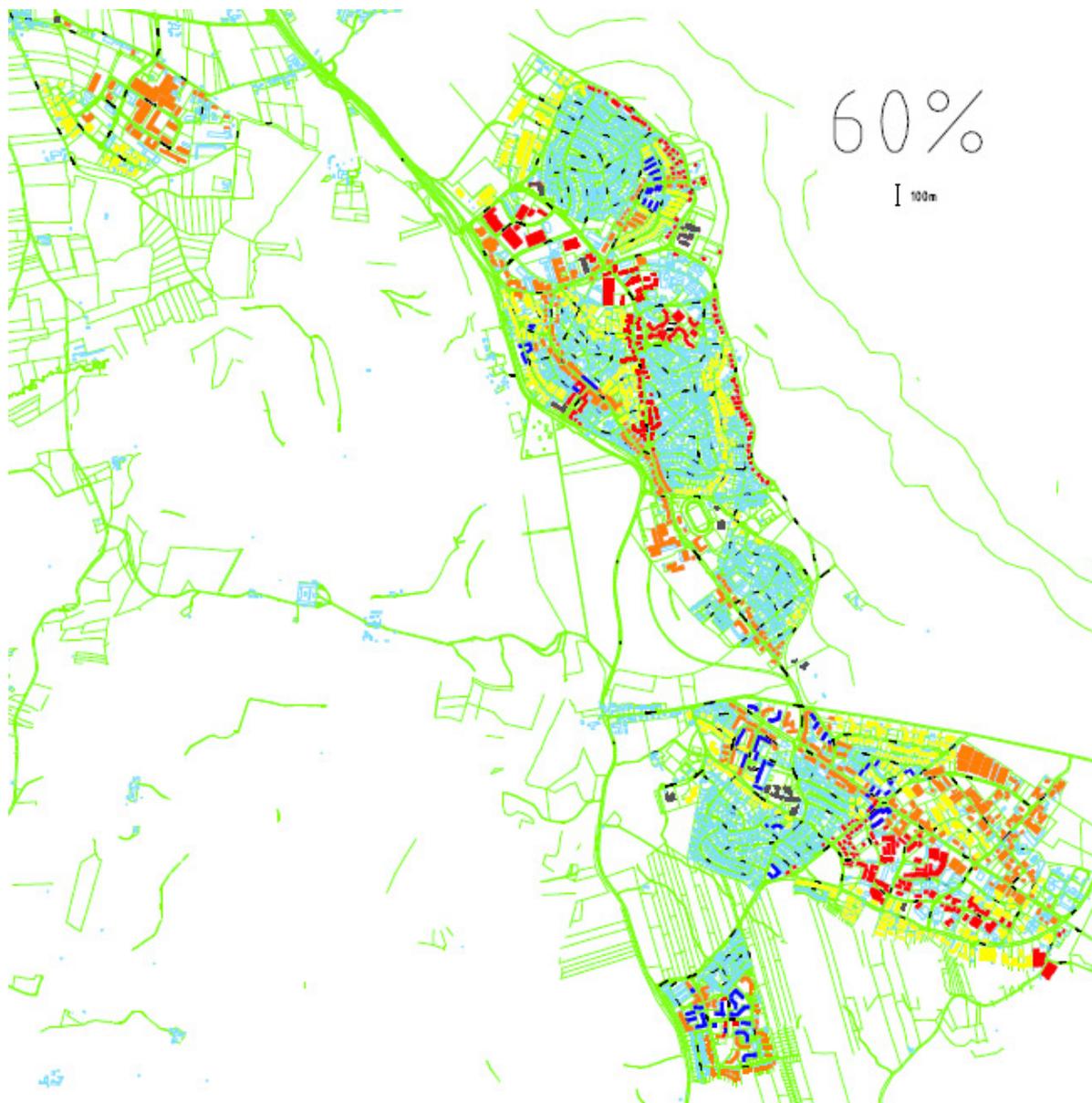


Abbildung 77: Der Wärmekataster der Stadt Geretsried mit einer Anschlussdichte von 60 Prozent

Zusätzlich werden die Liegenschaften die im Besitz der Baugenossenschaft Geretsried sind bzw. von dieser verwaltet werden dunkelblau markiert, da diese mit hoher Wahrscheinlichkeit an eine Nahwärmeverbundlösung anschließen würden. Die Baugenossenschaft besitzt bzw. verwaltet rund 3.000 Wohnungen in der Stadt Geretsried. Somit würde sich in Bereichen, wo betreffende Liegenschaften vorhanden sind, die Wärmebelegung (bei der Betrachtung einer 60-prozentigen Anschlussdichte) erhöhen.

4.2 Ausarbeitung eines zielgruppenspezifischen Maßnahmenkataloges in den einzelnen Verbrauchergruppen

4.2.1 Maßnahmenkatalog für die Verbrauchergruppe „private Haushalte“

Gemessen am gesamten Endenergieverbrauch der Stadt Geretsried liegt der Anteil der Verbrauchergruppe „privaten Haushalte“ bei rund einem Drittel. 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 das Ergreifen von Maßnahmen und Handlungen liegt darin, über den Energieverbrauch und die damit verbundenen Kosten im eigenen Haushalt Bescheid zu wissen. Nur wer sich über seine Energiekosten im Klaren ist, wird ein Gespür dafür entwickeln, wie relevant eine effiziente Energieversorgung für die Haushaltskasse und eben auch 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 m² Wohnfläche) sind für weitere Maßnahmen eine wichtige Grundlage.

Die richtige Herangehensweise an die Reduzierung des Energieverbrauchs bzw. der Umweltwirkung seines Energieverbrauchs 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

Gebäudehülle

- Lokalisierung von Schwachstellen im Ist-Zustand (Nutzung der Möglichkeit von Thermografieaufnahmen)
- mögliche Schwachstellen:
 - + ungedämmte oberste Geschoßdecke zu nicht ausgebautem Dachgeschoß
 - + undichte Fenster mit überschrittener Lebensdauer
 - + Wärmebrücken durch auskragende Betonbauteile (z.B. Balkone)
- ganzheitliche und lückenlose Sanierung der Gebäudehülle zur Vermeidung von nachträglichen Bauschäden (Hinzuziehen eines Energieberaters)
- vorausschauende und langfristige Denkweise
- Informationsveranstaltungen (Thermografieaktion für die Bürger „optimales Sanieren von Bestandgebäuden“)
- Förderung der Energieberatung durch lokale Energieberater vor allem für private Haushalte wieder aufnehmen
- Einrichtung einer Fördermittelberatungsstelle unter Einbindung des Umweltamtes

Wärmeversorgung

- Brenner- und/oder Kesseltausch bei veralteter und ineffizienter Technik
- Auswahl einer effizienten Anlagentechnik (z.B. Brennwerttechnik)
- Überprüfung der Einsatzmöglichkeit erneuerbarer Energien oder Kraft-Wärme-Kopplung (BHKW, Solarthermie, Wärmepumpe, Biomasse, Nahwärmeanschluss)
- Dämmung von ungedämmten Heizungsverteilungen und Rohrleitungen
- Überprüfung der Systemtemperaturen → wenn möglich absenken
- Hydraulischer Abgleich für eine gleichmäßige Wärmeverteilung und Effizienz bei der Umwälzung
- Unterstützung seitens der Stadt beim Heizungspumpentausch durch Information und wirtschaftliche Anreize, ggf. zur Hilfe die Unterstützung regionaler Heizungsbauer gewinnen (doppelter Nutzen durch regionale Wertschöpfung)

Elektrogeräte

- Überprüfung des Energieverbrauchs der im Haushalt eingesetzten Elektrogeräte und Vergleich mit der derzeit jeweils besten Effizienzklasse (Herstellerangaben)
→ z.B. Kühlschrank, Gefriertruhe, Wäschetrockner, Waschmaschine, Geschirrspüler
- Austausch von „stromfressenden“ unregulierten Heizungspumpen
- Vermeidung von Stand-by-Verlusten im Bereich der Unterhaltungselektronik durch konsequentes Abschalten bei Nichtgebrauch, z.B. durch abschaltbare Steckdosenleiste
- Beachtung des Energieverbrauchs bei der Neuanschaffung von Elektrogeräten: die verbrauchsgebundenen Kosten nehmen einen erheblichen Anteil ein, so dass effizientere Geräte in Laufe der Lebenszeit meist einen deutlichen wirtschaftlichen Vorteil gegenüber in der Anschaffung günstigeren Geräten haben

Beleuchtung

- Vermeidung von Glühbirnen durch den Einsatz von Energiesparlampen

Einsatz erneuerbarer Energien

- Installation einer Photovoltaikanlage mit der Möglichkeit der Eigenstromnutzung
- Installation einer Solarthermieanlage zur Brauchwarmwasserbereitung und ggf. Heizungsunterstützung, Warmwasseranschluss der Verbraucher an solar erwärmten Speicher (z.B. Waschmaschine, Geschirrspüler)
- Einsatz von regionalen erneuerbaren Energieträger (z.B. Biomasse) zur gleichzeitigen regionalen Wertschöpfung
- Überprüfung der Möglichkeit eines Anschlusses an ein Nah- oder Fernwärmenetz mit effizienter Wärmebereitstellung aus Biomasse, KWK, o.ä.

4.2.2 Maßnahmenkatalog für die Verbrauchergruppe „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“

Die Verbrauchergruppe „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“, an der hauptsächlich die Arbeitsplätze der Stadt Geretsried hängen, stellt neben den privaten Verbrauchern und dem Verkehr die dritte Hauptsäule des Energieverbrauchs und dementsprechend der CO₂-Emissionen im Stadtgebiet Geretsried dar.

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

In dieser Verbrauchergruppe gilt zunächst, dass der erste Schritt zur Ermittlung der Schwachpunkte und die Grundlage der Umsetzung von Maßnahmen eine

- Erfassung und Dokumentation der Energieumsätze (Verbrauch, Kosten) ist, die zur
- Lokalisierung der Energieschwerpunkte beiträgt.

Maßnahmenkatalog:

- Überprüfung einer historisch gewachsenen Heizungsversorgung hinsichtlich noch vorhandener Anlageneffizienz:
 - + Stand der Technik
 - + Möglichkeit von Vernetzungen
 - + betriebliches Wärmenetz mit effizienter zentraler Wärmebereitstellung
 - + Möglichkeit der Einspeisung von Prozessabwärme
 - + Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung / Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung
 - + Überprüfung des Einsatzes Erneuerbarer Energieträger zur Verbesserung der CO₂-Bilanz und Steigerung der Wirtschaftlichkeit

- effiziente Wärmeverteilung und Übergabe
- Möglichkeiten eines Lastmanagements, Auswertung von elektrischen Lastgängen zur Vermeidung von Leistungsspitzen
- Abwärmenutzung, Wärmerückgewinnung, Luftvorerwärmung (z.B. in Lackierbetrieben)
- Überprüfung energieintensiver Prozessabläufe hinsichtlich Optimierungspotential durch Weiterentwicklung von technischen Möglichkeiten, neuer Verfahrensmöglichkeiten
- Einsatz effizienter Pumpen und Antriebsmotoren
- Optimierung des betrieblichen Einsatzes von Drucklufttechnik:
- Die Druckluft ist eine der teuersten Energieformen und wird in fast jeder Produktionsstätte gebraucht und genutzt. In den Druckluftnetzen bzw. der –versorgung eines fast jeden Betriebes steckt jedoch noch erhebliches Einsparpotential, da die Druckluftversorgung immer mit enormen Energieverlustquellen (z.B. Leckagen, Systemdruck, Leitungsquerschnitte, Armaturen, Regelung) behaftet ist.
 - + Vermeidung / Überprüfung von Leckagen im Leistungsnetz
 - + Richtige Wahl des Druckniveaus (so niedrig wie möglich)
 - + Optimierung der Regelung und Steuerung
 - + Richtige Wahl der Dimension von Kompressor, Netz-Anschlüssen und Verbindern
 - + Nutzung der Kompressorabwärme (erhebliches Potential!)
 - + Einsatz effizienter Endgeräte
- Energiesparende Beleuchtungstechnik mit intelligenter Lichtsteuerung in Industriehallen, Werkstätten, sonstigen Betrieben, Bürogebäuden und Einzelhandel
- Wärmedämmung von nicht gedämmten aber beheizten Industriehallen und Gebäuden

4.2.3 Maßnahmenkatalog für die Verbrauchergruppe „kommunale Liegenschaften“

Städte 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, da das absolute CO₂-Minderungspotential gemessen am Gesamtumsatz nur gering ist. Zum anderen kann die Stadt auch eine Basis für den Einstieg der Bürger in die Nutzung Erneuerbarer Energien sein (Bürgersolaranlage auf kommunalen Gebäuden, Bürgerwindkraftanlage, kommunaler Nahwärmeverbund als Träger mit privater Anschlussmöglichkeit, etc.) sowie Initiativen ins Leben rufen (Pumpen-tauschförderung, Förderung von Altbausanierungen) und Anreize schaffen.

Die richtige Herangehensweise an die Reduzierung des Energieverbrauchs bzw. der Umweltwirkung seines Energieverbrauchs liegt wie in der Verbrauchergruppe „private Haushalte“ 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

Maßnahmenkatalog:**Sanierung des kommunalen Gebäudebestandes:**

- Einführung eines Energiemanagementsystems mit Verbrauchserfassung und Bilanzierung in allen kommunalen Liegenschaften und Einrichtungen mit jährlicher Berichterstattung als Grundlage zur Erstellung einer Prioritätenliste für die zeitliche Umsetzung (Energiecontrolling/ Einbeziehen der Hausmeister und Nutzer)
- Beibehaltung der Stelle des Energiemanagers
- Installation eines Gebäudeleitsystems mit zentraler Regelung und Steuerung der technischen Anlagen kommunaler Liegenschaften (Schulen, Sporthalle, Rathaus, Vereinsheime auch die Kläranlagen, Wasserwerke) für eine zentrale Übersicht mit Kontrollfunktion
- Ermittlung des spez. Energieverbrauchs in den kommunalen Gebäuden (Energieausweis)
- Überprüfung der installierten Anlagentechnik auf Energieeffizienz / Möglichkeiten der KWK
 - ➔ Erstellung einer Prioritätenliste für den Handlungsbedarf
- Gezielte energetische Sanierung der kommunalen Liegenschaften als Modellvorhaben (Niedrigstenergiestandard, effiziente Beleuchtungstechnik und Lichtsteuerung)
- Definition von Energiestandards (Niedrigenergiehaus, Passivhaus) für die Umsetzung energetischer Sanierungsmaßnahmen
- Einsatz natürlicher Dämmstoffe

Ausbau des Anteils erneuerbarer Energieträger:

- Überprüfung der Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit eines kommunalen Nahwärmeverbundes auf Basis regionaler Rohstoffe bzw. KWK (Möglichkeiten Energie-Contracting, Einbindung regionaler Betriebe / Landwirte, Abwärmenutzung) mit der Möglichkeit von Privatanbindungen
- Weiterhin Ausbau von Solaranlagen auf potentiellen kommunalen Dachflächen
- Ausweisung von geeigneten Flächen und Standorten zur Errichtung von Windkraftanlagen bzw. Freiflächen- Photovoltaikanlagen
- Initiierung von PV- und Windkraftprojekten mit Möglichkeit der Bürger zur Beteiligung
- Träger von Gesellschaften/Genossenschaften zur Beteiligung an Bürgerwindkraftanlagen, auch für Firmenbeteiligung möglich

Betrieboptimierung

- Förderung der Transparenz hinsichtlich des Stromverbrauches der Großverbraucher unter den Aggregaten (Kompressoren, Pumpwerke, Gebläse, Rührwerke) durch separate Zähler und Druckmessgeräte
- Klärschlammbehandlung prüfen / optimieren, Überprüfung einer Möglichkeit der Klärgasnutzung durch eine zentrale Klärschlammverwertung
- Überregionales Konzept einer gemeinsamen Klärschlamm Entsorgung erarbeiten mit ggf. Möglichkeiten zur energetischen Verwertung (Faulturm, Klärgasnutzung im BHKW)

Öffentliche Beleuchtung / Straßenbeleuchtung

- langfristige / weitsichtige Lichtplanung
- Überprüfung Stand der Technik, Markteinführung neuer Technologien (LED), Wirtschaftlichkeit
- Überprüfung der Technik im Bestand gegenüber dem Stand der Technik
- ggf. Handlungsbedarf → Austausch der Straßenbeleuchtung
- bei Neubauten auf Effizienz achten (Gelblicht / LED statt veralteten HQL-Lampen)

Umstrukturierung der öffentlichen Kfz- Flotte

- Nutzung von Kraftstoffen mit besserer CO₂- Bilanz als Diesel oder Benzin
- Vermeidung von unnötigen Fahrten
- Vorreiter bei der Nutzung alternativer Technologien zur Steigerung der Akzeptanz in der Öffentlichkeit, sobald technisch und wirtschaftlich verfügbar

Bauleitplanung

- Ausweisung von Neubaugebieten mit erhöhten Anforderungen an die Energieeffizienz / Vorgabe von Standards, südorientierte Bauweise, Solarsiedlung, Anwendung passiver Solararchitektur
- Anreize / Leitplanung zur Sanierung von Altbauten im Ortskern statt Neubau außerhalb (Verhinderung der Zersiedelung)
- Berücksichtigung des künftigen Bedarfs (demografischer Wandel, Änderungen in der Haushalts-/Wohnsituation)
- Innenentwicklung vor Außenentwicklung

Nutzerverhalten in Städten

- Verbesserung des Nutzerverhaltens in den Verwaltungen (z.B.: Ökoprofit-Erkenntnisse wieder auffrischen)
- Weitere Mitarbeiterschulungen zur Energieeffizienz

4.2.4 Maßnahmenkatalog für die Verbrauchergruppe „Verkehr“

Rund ein Drittel 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, der aus der ländlich gelegenen räumlichen Lage des Untersuchungsgebietes resultiert. Da dem Automobilbereich in Deutschland aber mehr Ansehen als nur als Fortbewegungsmittel zukommt, appellieren die Handlungsempfehlungen auch an die Vernunft der Fahrzeughalter.

Maßnahmenkatalog zur Reduzierung der CO₂-Emissionen im Bereich Verkehr

- Allgemein: **Vermeidung unnötiger Fahrten!**
- Spritsparende Fahrweise
- keine unnötige Übermotorisierung, sondern Umstieg auf sparsame Fahrzeuge
- Anschaffung von schadstoff- und verbrauchsarmen Fahrzeugen
- Einsatz von verfügbaren Kraftstoffen mit besserer CO₂- Bilanz als herkömmlicher Diesel oder Benzin (z.B. Erdgas, Biomethan)
- Modernisierung öffentlicher und betrieblicher Fuhrparks
- Steigerung der Attraktivität und gezielte Weiterentwicklung des Angebotes am ÖPNV, Anschluss von geplanten und vorhandenen Baugebieten an das ÖPNV-Netz (z.B. für Berufspendler)
- Annahme des Angebotes am ÖPNV
- Einführung kommunaler Elektrofahrzeuge
- Förderung des Radverkehrs durch Ausbau von Rad- und Gehwegen

Bei der Umsetzung des Maßnahmenkataloges in der Verbrauchergruppe „Verkehr“ kann eine Stadt großen Einfluss auf die Entwicklung der **Elektromobilität** in der jeweiligen Region nehmen.

Diese Thematik wurde auch seitens der Bundesregierung registriert. Sie fördert von 2009 bis 2011 mit Mitteln aus dem Konjunkturpaket II den Ausbau und die Marktvorbereitung der Elektromobilität. Aus diesem Fördermittelpool können acht ausgewählte Regionen, unter anderem die Region München, Fördermittel beziehen. Ziel dieses Projektes ist der Aufbau einer Infrastruktur und die Verankerung der Elektromobilität im öffentlichen Raum voranzubringen.

Abgesehen von staatlichen Projekten können auch seitens der Stadt Projekte ins Leben gerufen werden, die die Elektromobilität fördernd unterstützen. Als Zielgruppe der Maßnahmen sollte der gewerbliche und private Individualverkehr sein. Diese könnten im Einzelnen folgende sein:

- Aufbau einer Ladeinfrastruktur. Hier könnte ein Kooperationsvertrag mit dem hiesigen Stromanbieter als Katalysator wirken
- Vorbereitung von städtischen Mobilitätskonzepten
- Integration der Regional- und Stadtplanung in eventuelle Mobilitätskonzepte
- Implementierung eines Hybridbusses in das örtliche ÖPNV-Angebot (Schlagwort: Stadtbus) bzw. Erneuerung der städtischen Fahrzeugflotte (Elektrofahrzeuge)
- Planung und Umsetzung von Förderprogrammen

Ein weiterer Ansatzpunkt wäre eine Einführung eines sog. Car-Sharing-Programms. Hier könnte seitens der Stadt ein Fahrzeug (z.B. Elektroauto) angeschafft werden, das gemeinschaftlich von der Bevölkerung genutzt werden kann.

4.3 Verbrauchergruppenübergreifende Maßnahmen

4.3.1 Informationen zu den Wärmeerzeugern

Beim Einsatz von **Blockheizkraftwerken** muss berücksichtigt werden, dass diese wartungsintensiv sind. Bei Pflanzenölmotoren ist nach wenigen hundert Betriebsstunden das Motoröl zu wechseln, um einen sicheren Betrieb zu gewährleisten. Je nach Hersteller und Einsatzbedingungen des BHKW ist nach etwa 20.000 Betriebsstunden eine Motorüberholung bzw. ein Austausch des Motors erforderlich. Bei Erdgas-BHKW können je nach Hersteller und Größe der Anlage 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.

Bei den Berechnungen wird von einem durchschnittlichen Heizwert des Pflanzenöls von 10 kWh/kg ausgegangen. Der produzierte Strom aus biomassebetriebenen BHKW (z.B. Pflanzenöl, Holzgas, Biomethan) 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 von **Erdgas** wird der vom BHKW erzeugte Strom bei Bedarf vorrangig im eigenen Netz 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 Gas-BHKW nicht festgeschrieben ist, muss anhand der aktuellen Vergütung und den Stromkosten abgewogen werden, ob eine Stromeinspeisung nach dem KWKG-Gesetz oder eine Stromeigennutzung wirtschaftlich sinnvoller ist.

Beim Einsatz eines **Hackgutkessels** muss berücksichtigt werden, dass ein Hackschnitzelbunker oder -lagerbereich eingerichtet, bzw. errichtet werden muss. Dadurch ist bei diesen Varianten ein erhöhter Platzbedarf und Logistikaufwand zu berücksichtigen. Der jährliche Verbrauch an Hackschnitzeln wird bei den einzelnen Varianten in Tonnen angegeben. Dieser Verbrauch ist stark von der Qualität der eingesetzten Hackschnitzel abhängig. Bei den Berechnungen wird von einem durchschnittlichen Heizwert von 3,5 kWh/kg und einer Schüttdichte von 220 kg/m³ ausgegangen (z. B. Fichtenhackgut bis Wassergehalt w=30 %). Um einen optimierten Betrieb zu gewährleisten, ist ein entsprechend großer Pufferspeicher vorzusehen.

Die Verbrennungstechnologie moderner Biomassefeuerungen ist soweit optimiert, dass wenige Schadstoffe anfallen und die gesetzlichen Grenzwerte für die Emissionen unterschritten werden. Zur Minimierung der Staubemissionen können hoch entwickelte Abgasreinigungstechnologien, z.B. Elektrofilter, eingesetzt werden.

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 Hackschnitzelkessels ist im Allgemeinen mit einem erhöhten Personal- und Wartungsaufwand zu rechnen.

Bei den Varianten mit **Pelletkessel** muss berücksichtigt werden, dass ein Pelletlager (Bunker, Silo, Erdtank) errichtet werden muss. Dadurch ist bei diesen Varianten ein erhöhter Platzbedarf notwendig. Bei den Berechnungen wird von einem durchschnittlichen Heizwert von 4,9 kWh/kg und einer Schüttdichte von 650 kg/m³ ausgegangen. Der Platzbedarf für die Lagerung von Pellets ist somit deutlich geringer als bei Hackschnitzel. Um einen optimierten Betrieb zu gewährleisten, wird der Einsatz eines Pufferspeichers empfohlen. Die Anlieferung der Pellets erfolgt mit Tankwagen. Pellets werden in den Lagerraum eingeblasen, die Anlieferung ist daher deutlich einfacher als bei Hackschnitzel.

Bei der Installation einer **Hackgutfeuerung mit ORC-Anlage** wird die thermische Energie aus einer Hackgutfeuerung über einen Thermoölkreislauf auf ein ORC-Modul mit einem organischen Arbeitsmedium übertragen. Nach dem Prinzip des Organic Rankine Cycle (ähnlich Dampf-Kraftwerks-Prozess) wird mit dem Arbeitsmittel-Dampf in einer Turbine Strom erzeugt. Die Anlageneinstufung erfolgt nach dem EEG, so dass der erzeugte Strom ins öffentliche Netz eingespeist und nach dem EEG vergütet wird. Die thermische Energiebereitstellung erfolgt durch Wärmeauskopplung am Modul.

Bei ORC-Hackgutheizkraftwerken ist zu berücksichtigen, dass ein wirtschaftlicher Betrieb der Anlagen meist erst ab einer Jahresgesamtlaufzeit von mindestens 5.000 Volllaststunden möglich ist. Neben dem Platzbedarf und Logistikaufwand für die Hackgutfeuerung ist mit einem zusätzlichen Platzbedarf für den Thermoölkessel und das ORC-Modul zu kalkulieren.

In Abbildung 78 ist der Aufbau eines Biomasseheizkraftwerkes mit ORC-Modul prinzipiell dargestellt. Über den Schubboden und einen Querförderkanal wird der Hackgutfeuerung der Brennstoff automatisch zugeführt. Aufgrund des Brennstoffdurchsatzes in dieser Größenordnung ist zusätzlich eine Lagerhalle zur Zwischenlagerung von Hackgut notwendig.

Von der Feuerung aus erfolgt die Wärmeübertragung auf den Thermoölkreislauf im Thermoölkessel, von dem aus die Energie dem ORC-Modul zugeführt wird. Im eigenständigen ORC-Modul erfolgt die elektrische Leistungsauskopplung.

Zusätzlicher Platz im Heizgebäude wird neben der hydraulischen Einbindung für den Ascheaustrag mit Entsorgungsmöglichkeit, die Rauchgasreinigung sowie die elektrische Einbindung benötigt.

Diese Skizze dient lediglich einer Veranschaulichung des Aufbaus eines solchen Kraftwerks. Die technische Detailplanung und tatsächliche Umsetzung kann entsprechend der Dimension der Anlage (installierte Leistung) anders ausgeführt werden.

Im Falle eines reinen Heizwerkes mit entsprechender thermischer Leistung vermindert sich der Platzbedarf um den Raum für das ORC-Modul und dessen elektrischer Einbindung. Wird kein Thermoölkessel benötigt, kann sich der Raumbedarf noch zusätzlich reduzieren.

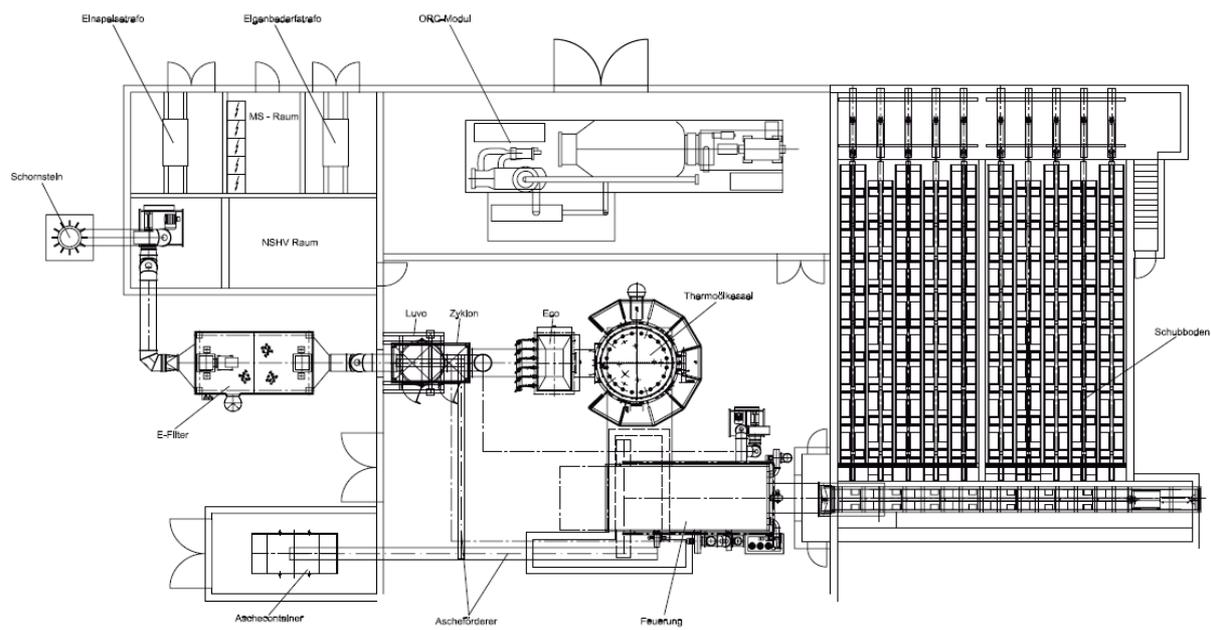


Abbildung 78: Prinzipskizze Biomasse-ORC-Heizkraftwerk

4.3.2 Variante A - Wärmebereitstellung durch ein geothermisches Kraftwerk

Bei der verbrauchergruppenübergreifenden Maßnahme, in der die Wärmeversorgung der Stadt Geretsried mittels eines geothermischen Kraftwerkes bereitgestellt wird, werden alle Straßen, die unter der Bedingung einer Anschlussdichte von 60 Prozent eine Wärmebelegung von mindestens 1.500 kWh pro Meter und Jahr haben, betrachtet.

Für die Nutzung von Geothermiewärme wird grundsätzlich von einer großen Versorgungslösung ausgegangen. Zur Abschätzung des Risikos werden zusätzlich drei weitere Varianten mit weniger Wärmeabsatz der „großen“ Vorzugsvariante gegenübergestellt.

- Variante A.1: „große“ Versorgungslösung (Wärmebelegung mindestens „niedrig“ und eine Anschlussdichte von 60 %)
- Variante A.2: wie Variante A.1, jedoch 40 % weniger Abnehmer (effektive Anschlussdichte von 36 % bei gleicher Netzlänge und einer mindestens „niedrigen“ Wärmebelegung)
- Variante A.3: „kleine“ Versorgungslösung (Wärmebelegung mindestens „niedrig“, eine Anschlussdichte von 60%, jedoch verringerte Netzlänge von 60 %)
- Variante A.4: wie Variante A.3, jedoch 40 % weniger Abnehmer (effektive Anschlussdichte von 36 % bei gleicher Netzlänge und einer mindestens „niedrigen“ Wärmebelegung)

Die Wärmebelegung beschreibt das Verhältnis der jährlich benötigten Nutzwärme zur Länge des Netzes (Trassenlänge). Die Anschlussdichte beschreibt das Verhältnis der an ein mögliches Fernwärmenetz angeschlossenen Abnehmer zum Maximum der potentiellen Abnehmer.

In Abbildung 79 ist der mögliche Verlauf der „großen“ Wärmeverbundlösung „Geothermie“ dargestellt.

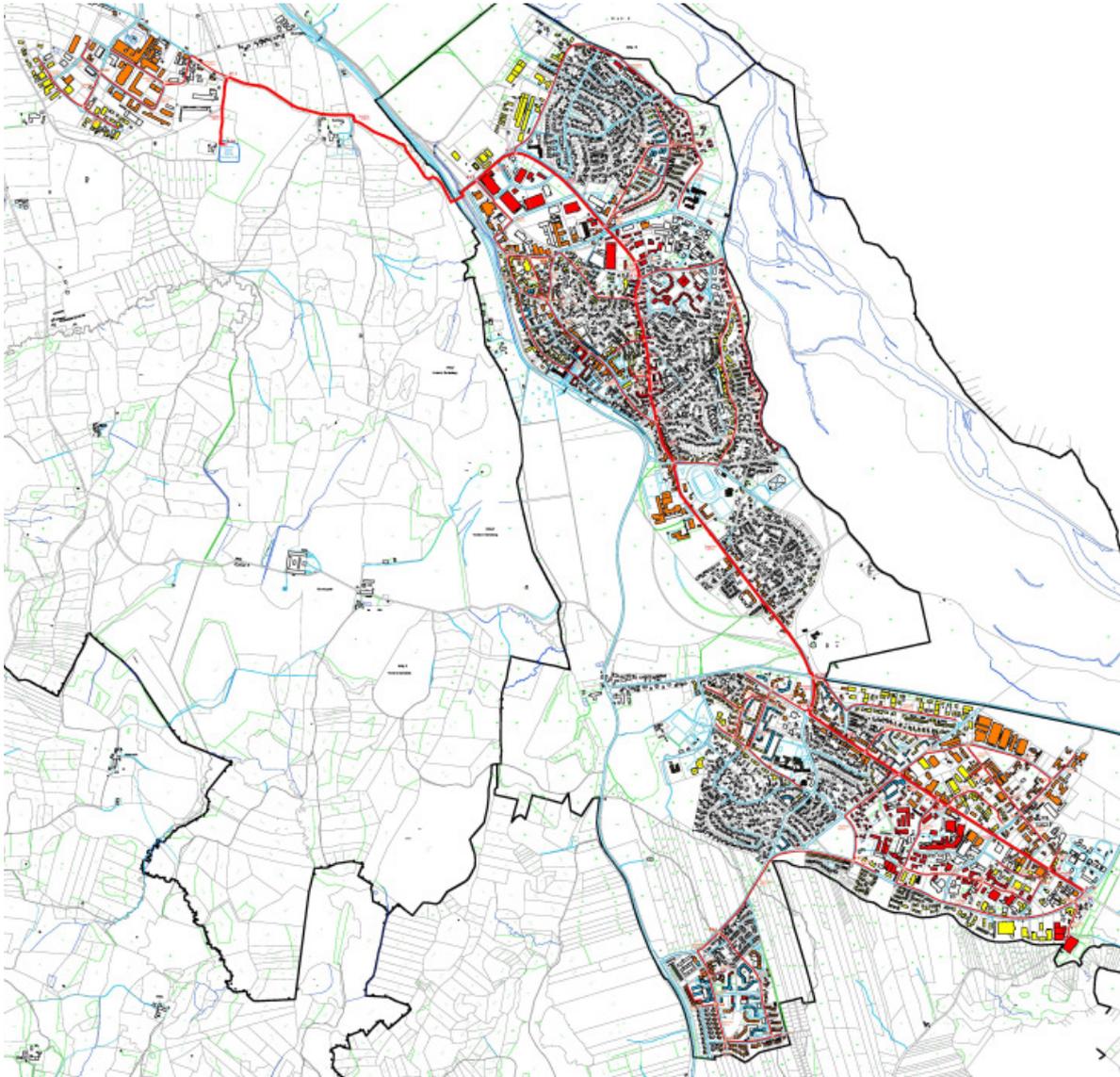


Abbildung 79: Der mögliche Verlauf des Nahwärmenetzes Variante A.1

In Tabelle 38 sind die Kenndaten des Wärmeverbundnetzes dargestellt. Die zu installierende Spitzenleistung beträgt 65.000 kW. Das Netz hat eine Länge von etwa 49.500 Meter, eine mittlere Wärmebelegung pro Meter und Jahr, der Netzverlust beläuft sich mit jährlich rund 12.500.000 kWh auf ca. 8 % der bereitgestellten Nutzwärme.

Tabelle 38: Die Kenndaten des Nahwärmenetzes Variante A.1

Netzlänge	49.500	[m]
Heizleistung	65.000	[kW]
abgesetzte Nahwärme	140.000.000	[kWh/a]
Wärmebelegung	mittel	[-]

4.3.2.1 Der Gesamtwärmebedarf

Der jährliche Gesamtwärmebedarf des Verbundnetzes, das vom geothermischen Kraftwerk mit Wärme versorgt wird, ergibt sich aus dem Wärmebedarf der Abnehmer und dem Netzverlust. Mit einem Wärmebedarf von rund 140.000.000 kWh und einem Netzverlust von rund 12.500.000 kWh ergibt sich ein jährlicher Gesamtwärmebedarf von rund 152.500.000 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 80 ist der monatliche Gesamtwärmebedarf des Verbundnetzes dargestellt.

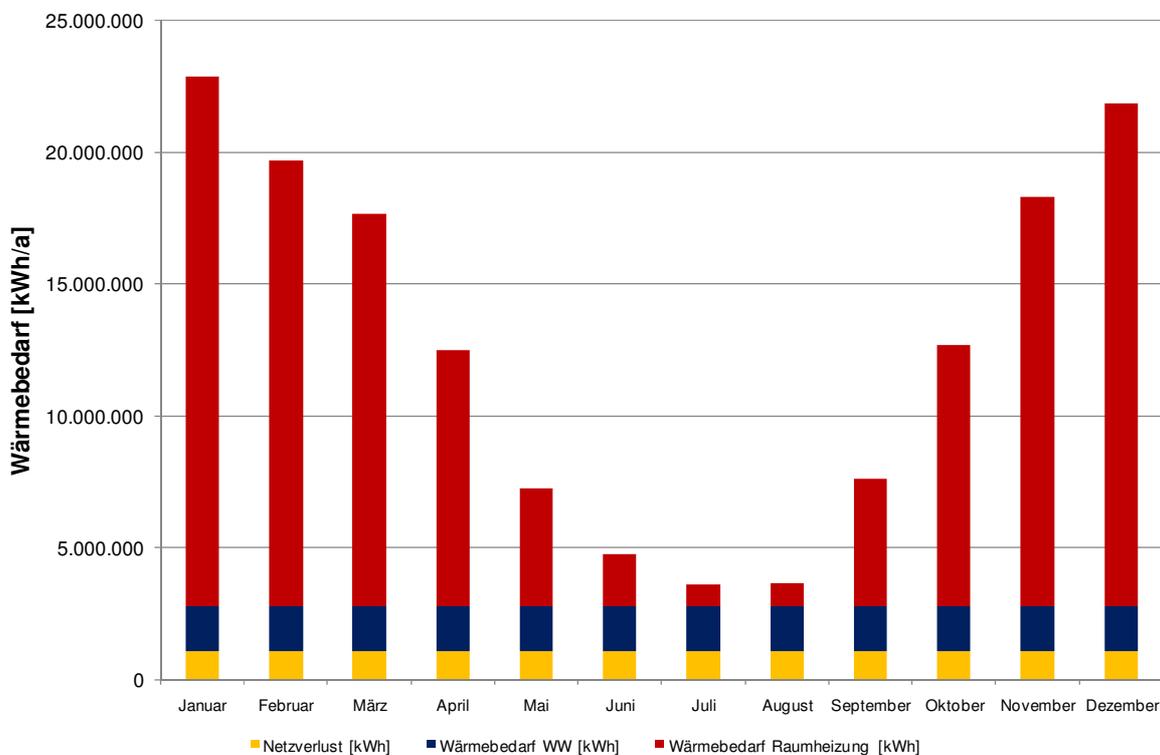


Abbildung 80: Der monatliche Gesamtwärmebedarf des Verbundnetzes A.1

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 Jahresnutzwärmebedarf. Idealerweise sollten sich die meist modular aufgebauten, d.h. in Grund- und Spitzenlast unterteilten Heizanlagen systeme, der Jahresdauerlinie annähern.

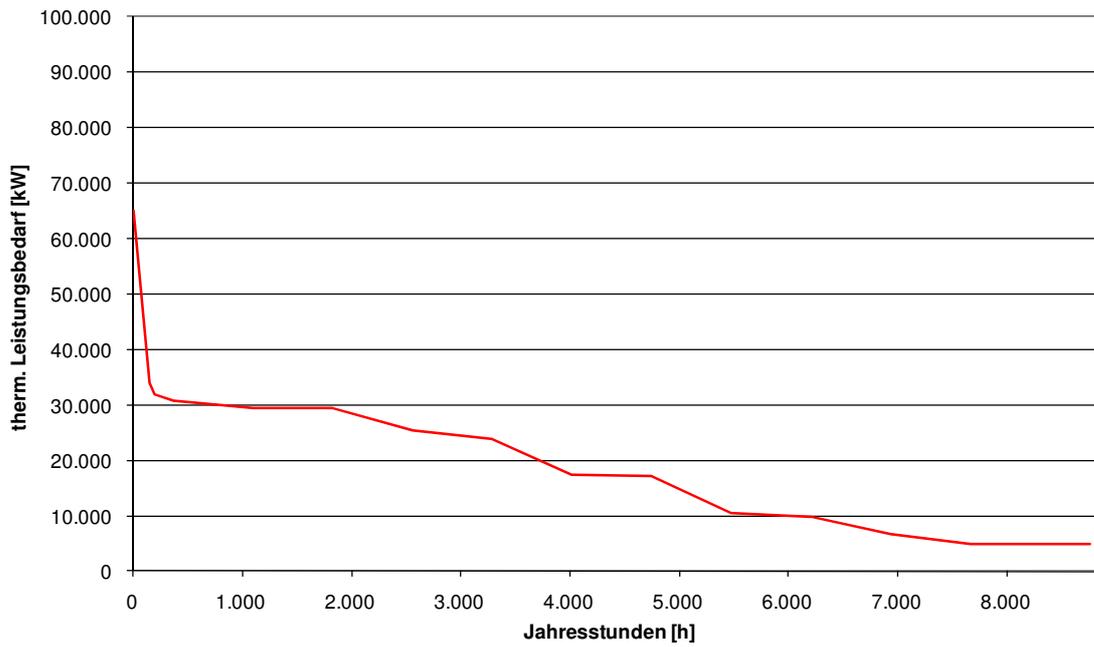


Abbildung 81: Die geordnete Jahresdauerlinie des thermischen Leistungsbedarfs des Verbundnetzes A.1

4.3.2.2 Die Versorgungsvarianten A

Variante A.1 (geothermisches Kraftwerk mit „großem“ Netz)

Bei Variante A.1 wird die benötigte Grund- und Mittellast des Verbundnetzes vom geothermischen Kraftwerk gedeckt. Dies hat in der Endausbaustufe eine thermische Nennwärmeleistung von rund 30.000 kW. Für das geothermische Kraftwerk ergeben sich rund 4.800 Vollbenutzungsstunden. Zur Deckung der Spitzenlast ist ein Heizölkessel mit einer thermischen Nennwärmeleistung von 30.000 kW vorgesehen. Es ist ein weiterer Redundanz-Heizölkessel vorgesehen, der ebenfalls eine thermische Nennwärmeleistung von 30.000 kW hat. Diese beiden Heizölkessel decken zum einen die Spitzenlast des Wärmebedarfs, und zum anderen wird ein eventueller Ausfall der geothermischen Wärmebereitstellung kompensiert. Für jeden der beiden Heizölkessel ergibt sich eine jährliche Laufzeit von rund 100 Vollbenutzungsstunden. Abbildung 82 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern.

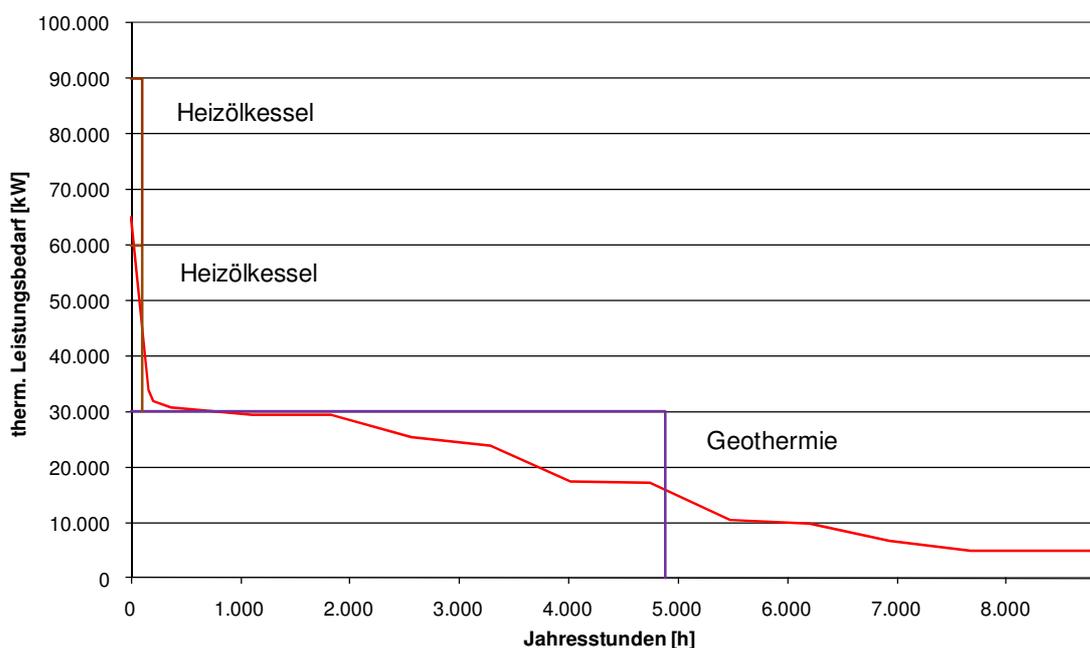


Abbildung 82: Die Jahresdauerlinie der Variante A.1

Wärmeerzeuger		Geothermie	Heizölkessel	Heizölkessel
Nennwärmeleistung	[kW]	30.000	30.000	30.000
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	4.800	100	100
Erzeugte Jahreswärme	[kWh/a]	140.500.000	3.000.000	3.000.000

Variante A.2 (geothermisches Kraftwerk mit „großem“ Netz und reduzierter Anschlussdichte)

Die hier betrachtete Variante ist eine abgeleitete Energieversorgungsvariante von Variante A.1. Hier werden dieselben Wärmeerzeuger eingesetzt, jedoch wird eine um 40 Prozent reduzierte Anschlussdichte gegenüber Variante A.1 angenommen (effektive Anschlussdichte: 36 %). Bei Variante A.2 wird die benötigte Grundlast des Verbundnetzes vom geothermischen Kraftwerk gedeckt. Dies hat in der Endausbaustufe eine thermische Nennwärmeleistung von rund 30.000 kW. Für das geothermische Kraftwerk ergeben sich rund 3.100 Vollbenutzungsstunden. Zur Deckung der Spitzenlast ist ein Heizölkessel mit einer thermischen Nennwärmeleistung von 30.000 kW vorgesehen. Es ist ein weiterer Heizölkessel vorgesehen, der ebenfalls eine thermische Nennwärmeleistung von 30.000 kW hat. Die beiden Heizölkessel decken zum einen die Spitzenlast des Wärmebedarfs, und zum anderen wird ein eventueller Ausfall der geothermischen Wärmebereitstellung kompensiert. Für jeden der beiden Heizölkessel ergibt sich eine jährliche Laufzeit von rund 80 Vollbenutzungsstunden. Abbildung 83 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern.

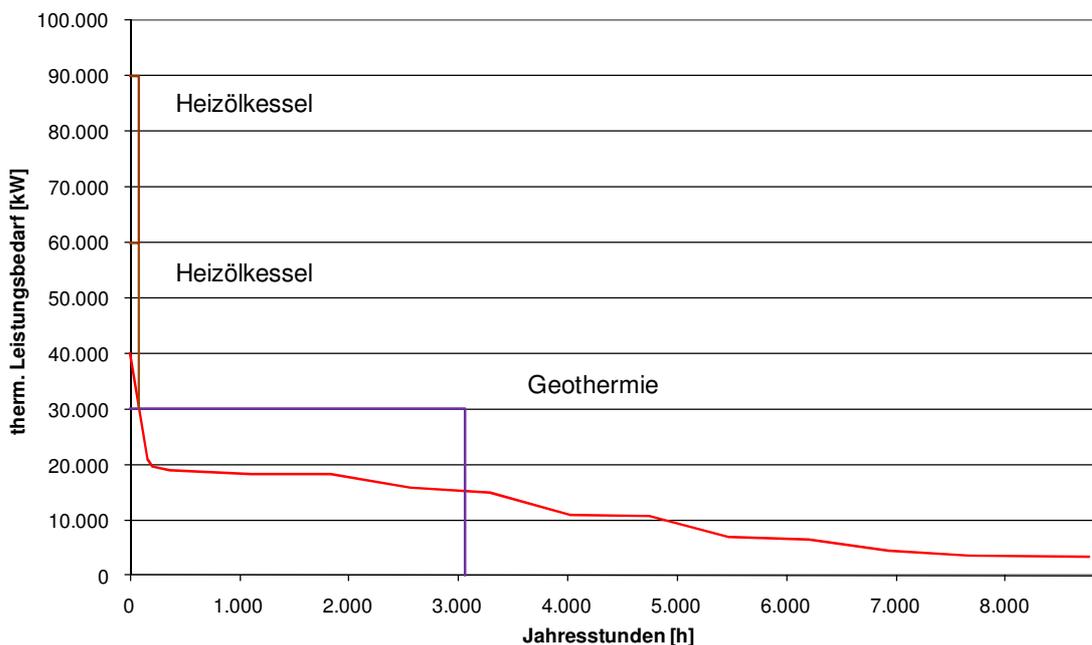


Abbildung 83: Die Jahresdauerlinie der Variante A.2

Wärmeerzeuger		Geothermie	Heizölkessel	Heizölkessel
Nennwärmeleistung	[kW]	30.000	30.000	30.000
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	3.100	80	80
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	91.700.000	2.400.000	2.400.000

Variante A.3 (geothermisches Kraftwerk mit „kleinem“ Netz)

In Variante A.3 wird ebenfalls ein geothermisches Kraftwerk mit Spitzenlast- und Redundanzkessel betrachtet. Dabei wird unterstellt, dass 60 % des Versorgungsgebietes der Variante A.1 mit dem Nahwärmenetz erschlossen wird. Die Anschlussdichte im Netz beträgt 60 %. Bei Variante A.3, wie auch bei den anderen Varianten, wird die benötigte Grundlast des Verbundnetzes vom geothermischen Kraftwerk gedeckt. Dies hat in der Endausbaustufe eine thermische Nennwärmeleistung von rund 30.000 kW. Für das geothermische Kraftwerk ergeben sich rund 2.900 Vollbenutzungsstunden. Zur Deckung der Spitzenlast ist ein Heizölkessel mit einer thermischen Nennwärmeleistung von 30.000 kW vorgesehen. Es ist ein weiterer Heizölkessel vorgesehen, der ebenfalls eine thermische Nennwärmeleistung von 30.000 kW hat. Diese beiden Heizölkessel decken zum einen die Spitzenlast des Wärmebedarfs, und zum anderen wird ein eventueller Ausfall der geothermischen Wärmebereitstellung kompensiert. Für jeden der beiden Heizölkessel ergibt sich eine jährliche Laufzeit von rund 80 Vollbenutzungsstunden. Abbildung 84 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern.

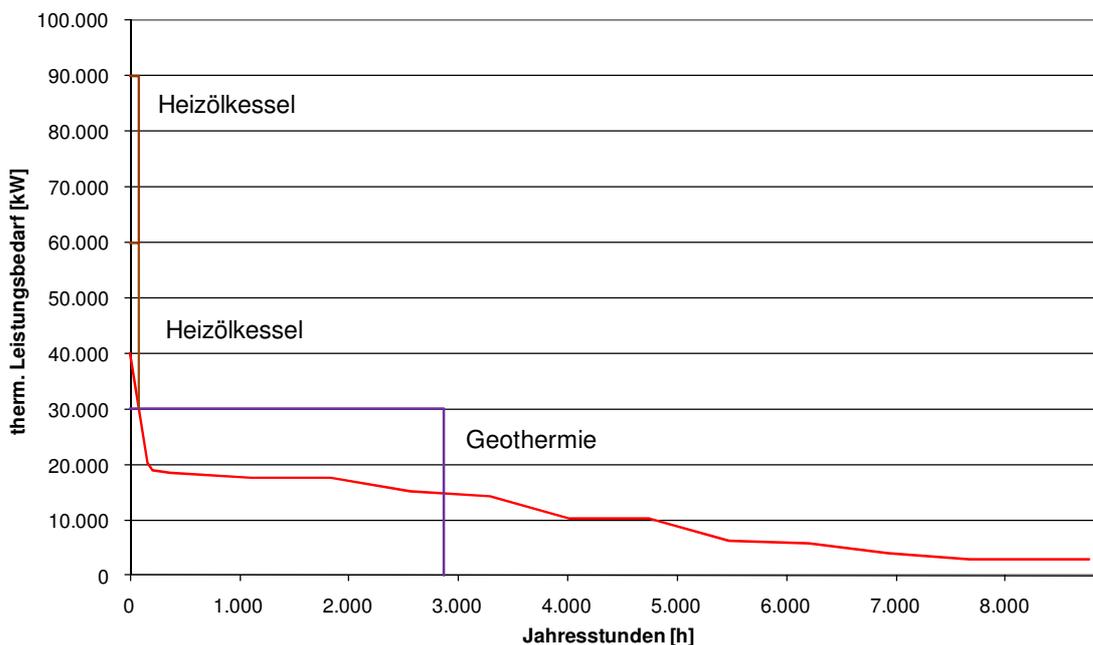


Abbildung 84: Die Jahresdauerlinie der Variante A.3

Wärmeerzeuger		Geothermie	Heizölkessel	Heizölkessel
Nennwärmeleistung	[kW]	30.000	30.000	30.000
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	2.900	80	80
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	86.100.000	2.400.000	2.400.000

Variante A.4 (geothermisches Kraftwerk mit „kleinem“ Netz und reduzierter Anschlussdichte)

In Variante A.4 wird die Wärmeversorgung aus einem geothermischem Kraftwerk betrachtet. Hier wird, aufbauend auf die Variante A.3, die Anschlussdichte um 40 % reduziert (effektive Anschlussdichte: 36 %). Bei Variante A.4 wird die benötigte Grundlast und Mittellast des Verbundnetzes vom geothermischen Kraftwerk gedeckt. Dies hat in der Endausbaustufe eine thermische Nennwärmeleistung von rund 30.000 kW. Für das geothermische Kraftwerk ergeben sich rund 1.800 Vollbenutzungsstunden. Zur Deckung der Spitzenlast ist ein Heizölkessel mit einer thermischen Nennwärmeleistung von 30.000 kW vorgesehen. Es ist ein weiterer Heizölkessel vorgesehen, der ebenfalls eine thermische Nennwärmeleistung von 30.000 kW hat. Diese beiden Heizölkessel decken zum einen die Spitzenlast des Wärmebedarfs, und zum anderen wird ein eventueller Ausfall der geothermischen Wärmebereitstellung kompensiert. Für jeden der beiden Heizölkessel ergibt sich eine jährliche Laufzeit von rund 50 Vollbenutzungsstunden. Abbildung 85 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern.

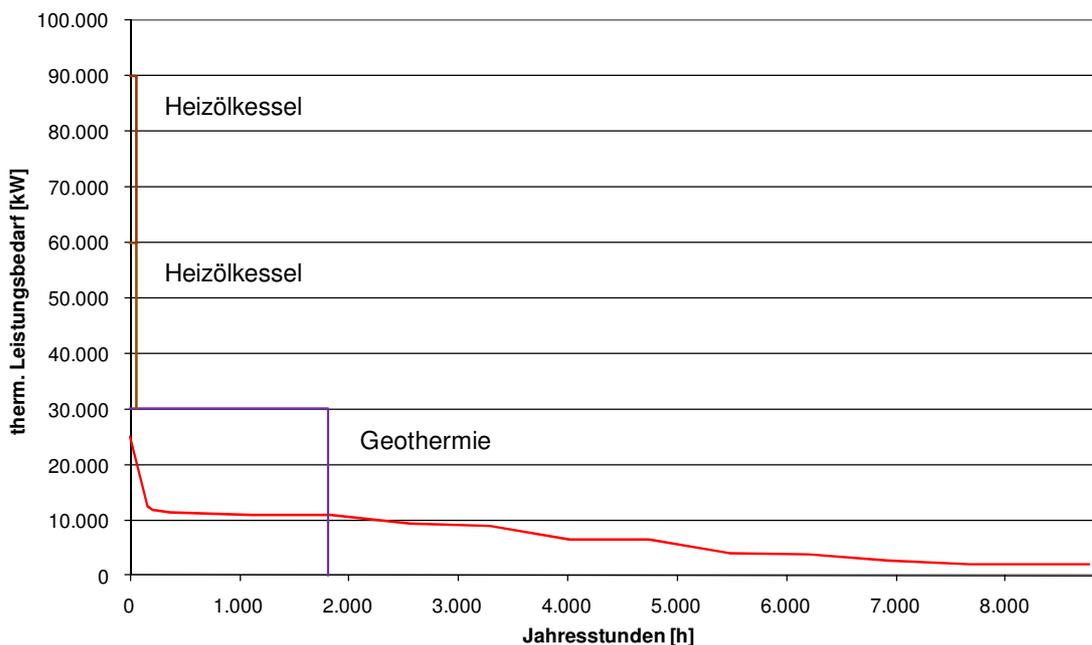


Abbildung 85: Die Jahresdauerlinie der Variante A.4

Wärmeerzeuger		Geothermie	Heizölkessel	Heizölkessel
Nennwärmeleistung	[kW]	30.000	30.000	30.000
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	1.800	50	50
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	54.300.000	1.500.000	1.500.000

4.3.2.3 Die Investitionskostenprognose

In Abbildung 86 sind die prognostizierten Investitionskosten der einzelnen Varianten dargestellt.

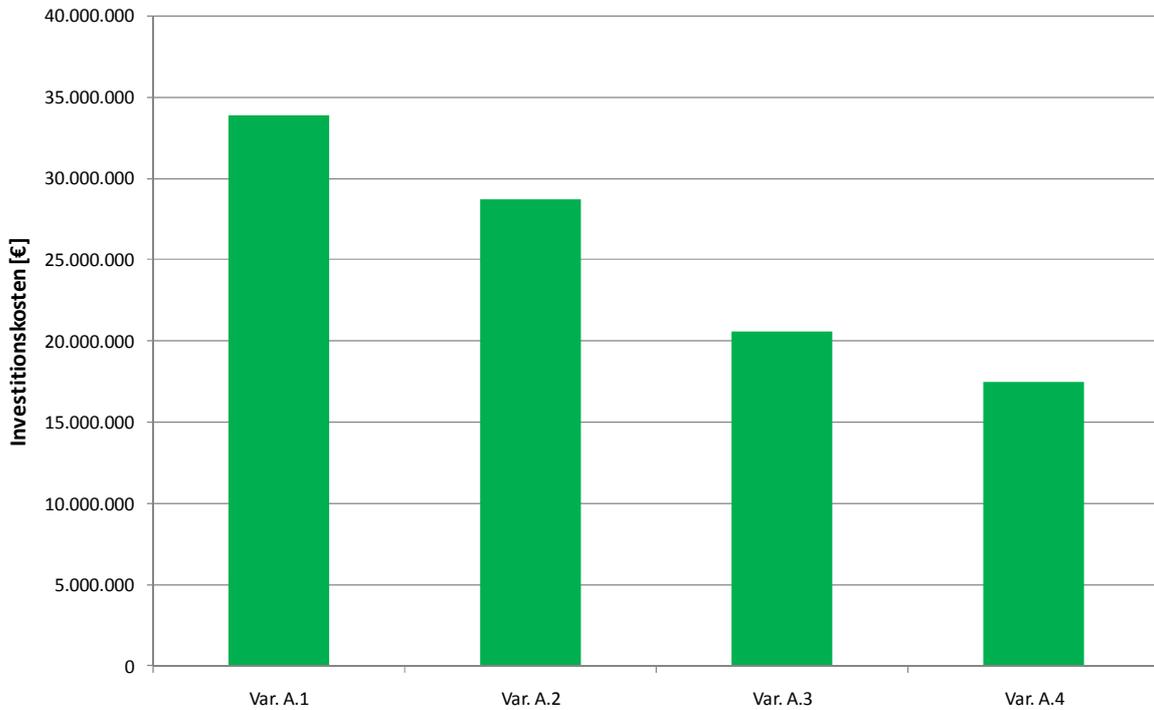


Abbildung 86: Die prognostizierten Investitionskosten der Wärmeversorgungsvarianten A

V A.1	V A.2	V A.3	V A.4
"große"	wie Variante A.1,	"kleine"	wie Variante A.3,
Versorgungs-	jedoch 40 %	Versorgungs-	jedoch 40 %
lösung	weniger Abnehmer	lösung	weniger Abnehmer

4.3.2.4 Die Emissionsbilanz der verschiedenen Varianten

Für die Energieversorgungsvarianten wird zur Beurteilung der ökologischen Verträglichkeit eine CO₂-Bilanzierung durchgeführt. Die folgende Aufstellung zeigt die angesetzten CO₂-Äquivalentwerte.

	Heizöl	Heißwasser	Strom
CO ₂ -Äquivalent [g/kWh _{END}]	302	22	633

Abbildung 87 zeigt die durch die Geothermienutzung eingesparte Menge an CO₂ gegenüber der dezentralen Erzeugung durch Heizölkessel.

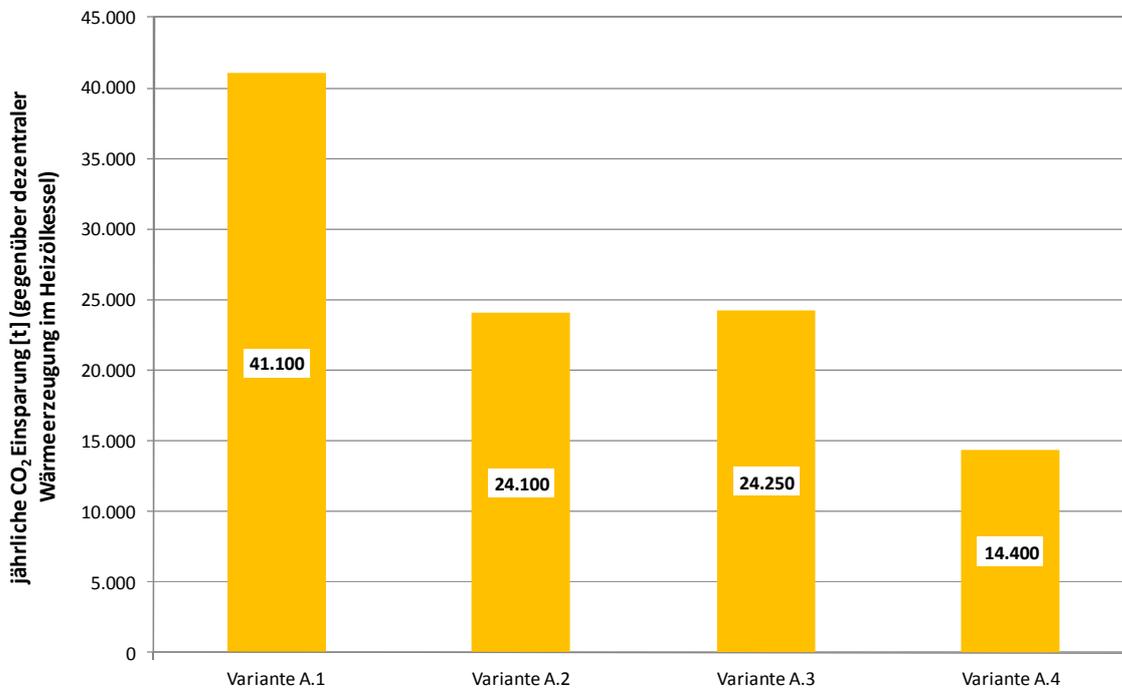


Abbildung 87: Die CO₂-Bilanz der Energieversorgungsvarianten A

V A.1	V A.2	V A.3	V A.4
"große"	wie Variante A.1,	"kleine"	wie Variante A.3,
Versorgungs-	jedoch 40 %	Versorgungs-	jedoch 40 %
lösung	weniger Abnehmer	lösung	weniger Abnehmer

4.3.3 Variante B - lokales Nahwärmeverbundnetz „OT Stein“

Im Nahwärmeverbundnetz wird der Ortsteil Stein der Stadt Geretsried betrachtet. Hier werden ausschließlich die Verbraucher der Straßen

- Steiner Ring
- Kochelseeweg
- Osterseeweg
- Tegernseeweg

analysiert, da diese Straßen eine mindestens „niedrige“ Wärmebelegung aufzeigen. Es wird davon ausgegangen, dass die Liegenschaften der Baugenossenschaft Geretsried zu 100 Prozent an das Nahwärmeverbundnetz angeschlossen werden. Für die übrigen Verbraucher in den Straßen wurde eine 60 %-ige Anschlussdichte gewählt. In nachfolgender Abbildung 88 ist ein möglicher Verlauf des Nahwärmeverbundnetzes des Ortsteiles Stein dargestellt.



Abbildung 88: Der mögliche Verlauf des Nahwärmeverbundnetzes „OT Stein“

In Tabelle 39 sind die Kenndaten des Nahwärmeverbundnetzes dargestellt. Die zu installierende Spitzenleistung beträgt 6.180 kW. Das Netz hat eine Länge von etwa 5.000 Meter, die spezifische Wärmebelegung pro Meter und Jahr ist mittel, der Netzverlust beläuft sich mit jährlich rund 976.000 kWh auf ca. 10 % der bereitgestellten Nahwärme.

Tabelle 39: Die Kenndaten des Nahwärmeverbundnetzes

Netzlänge	5.000	[m]
Heizleistung	6.180	[kW]
abgesetzte Nahwärme	9.520.000	[kWh/a]
Wärmebelegung	mittel	[-]

4.3.3.1 Der Gesamtwärmebedarf

Der jährliche Gesamtwärmebedarf des Nahwärmeverbundnetzes ergibt sich aus dem Wärmebedarf der Abnehmer und dem Netzverlust. Mit einem Wärmebedarf von rund 9.520.000 kWh und einem Netzverlust von rund 976.000 kWh ergibt sich ein jährlicher Gesamtwärmebedarf von rund 10.496.000 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 89 ist der monatliche Gesamtwärmebedarf des Nahwärmeverbundnetzes dargestellt.

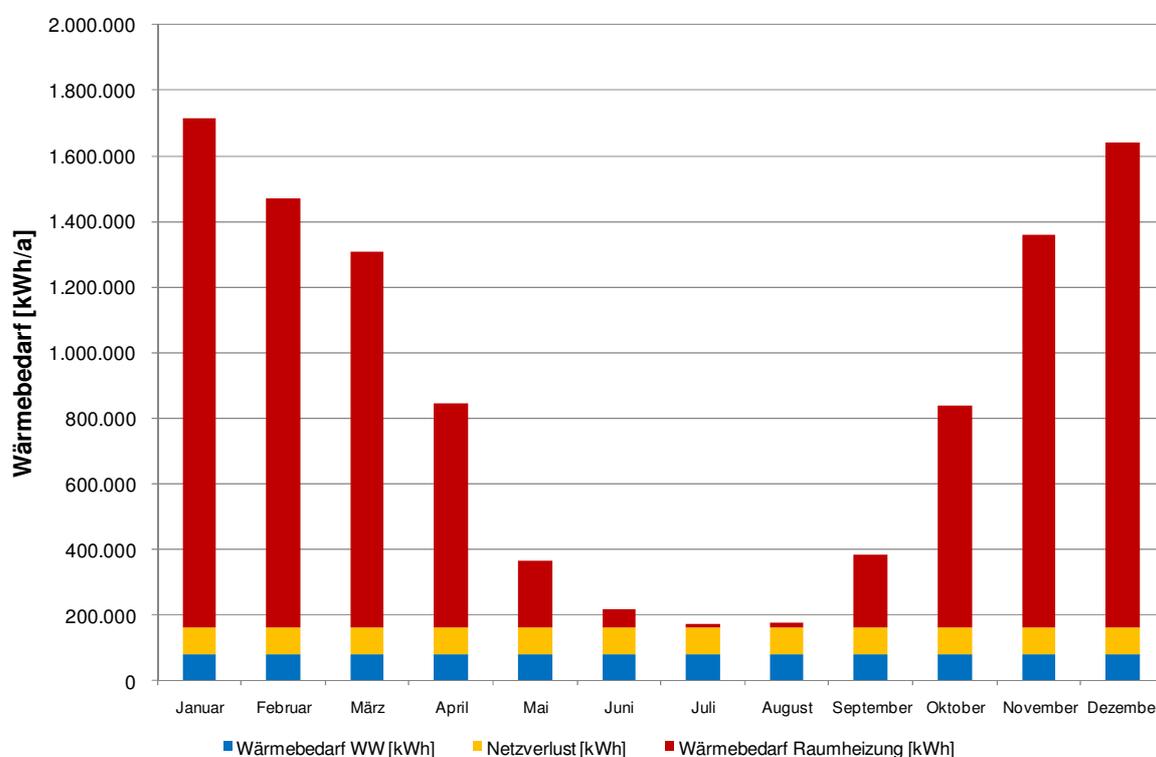


Abbildung 89: Der monatliche Gesamtwärmebedarf des Nahwärmeverbundnetzes „OT Stein“

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 Jahresnutzwärmebedarf. Idealerweise sollten sich die meist modular aufgebauten, d.h. in Grund- und Spitzenlastabdeckung unterteilten Heizanlagensysteme, der Jahresdauerlinie annähern.

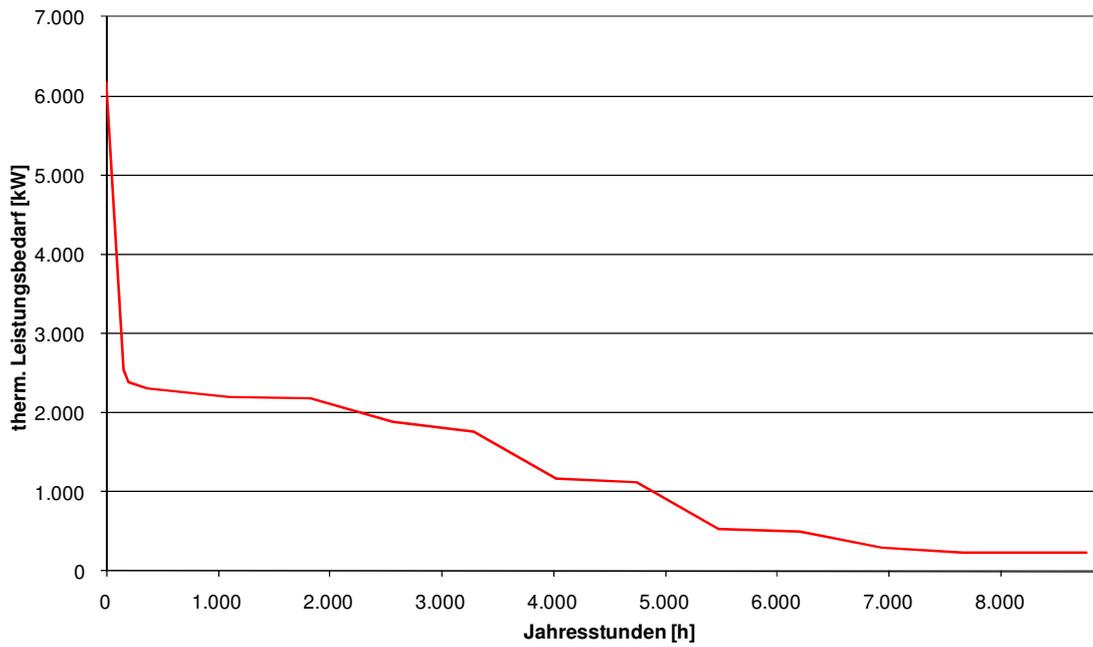


Abbildung 90: Die geordnete Jahresdauerlinie des thermischen Leistungsbedarfs des Nahwärmeverbundnetzes B

4.3.3.2 Die Versorgungsvarianten B

Variante B.0: Dezentrale Erdgaskessel als Referenzvariante

Bei Variante B.0, die als Referenzvariante dient, wird die dezentrale Wärmeerzeugung in jeder Liegenschaft separat betrachtet.

Variante B.1: Hackgutkessel mit Spitzenlastkessel

Bei Variante B.1 wird zur Grundlastabdeckung ein Hackgutkessel mit einer Nennwärmeleistung von 2.300 kW eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung kommt ein Erdgaskessel mit einer Nennwärmeleistung von 3.900 kW zum Einsatz. Abbildung 91 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher vorgesehen, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für den Hackgutkessel ergeben sich jährlich etwa 3.900 Vollbenutzungsstunden.

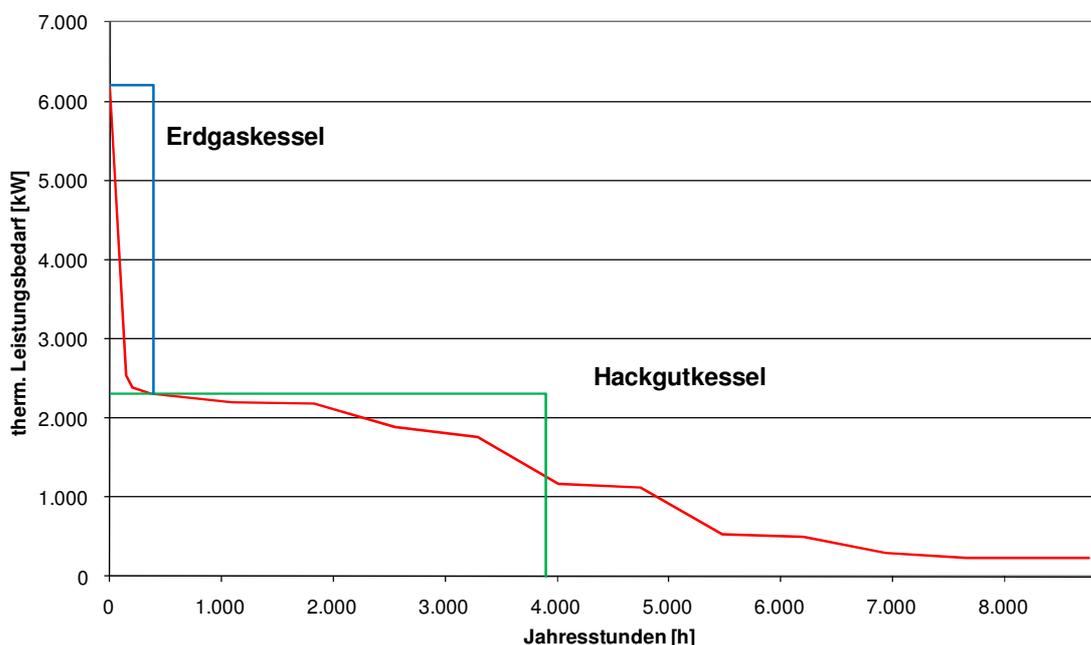


Abbildung 91: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Stein“: Die Jahresdauerlinie der Variante B.1

Wärmeerzeuger		Hackgutkessel	Erdgaskessel
Nennwärmeleistung	[kW]	2.300	3.900
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	3.900	340
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	8.970.000	1.300.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	87	13

Variante B.2: Pflanzenöl-BHKW-Modul mit Hackgutkessel und Spitzenlastkessel

Bei Variante B.2 wird zur Grundlastabdeckung ein Pflanzenöl-BHKW-Modul mit einer thermischen Leistung von 150 kW und einer elektrischen Leistung von 150 kW eingesetzt. Zur Abdeckung der Mittellast wird ein Hackgutkessel mit einer Nennwärmeleistung von 2.100 kW installiert. Zur Deckung der Spitzenlast wird ein Erdgaskessel mit einer Nennwärmeleistung von 3.900 kW eingesetzt. Abbildung 92 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher vorgesehen, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für das Pflanzenöl-BHKW-Modul ergeben sich etwa 8.000 Vollbenutzungsstunden im Jahr. Der Hackgutkessel ist rund 4.000 Vollbenutzungsstunden im Einsatz.

Das Pflanzenöl-BHKW-Modul erzeugt jährlich rund 1.200.000 kWh an elektrischer Energie, die in das öffentliche Netz eingespeist und nach dem EEG (Erneuerbare Energien Gesetz) vergütet werden.

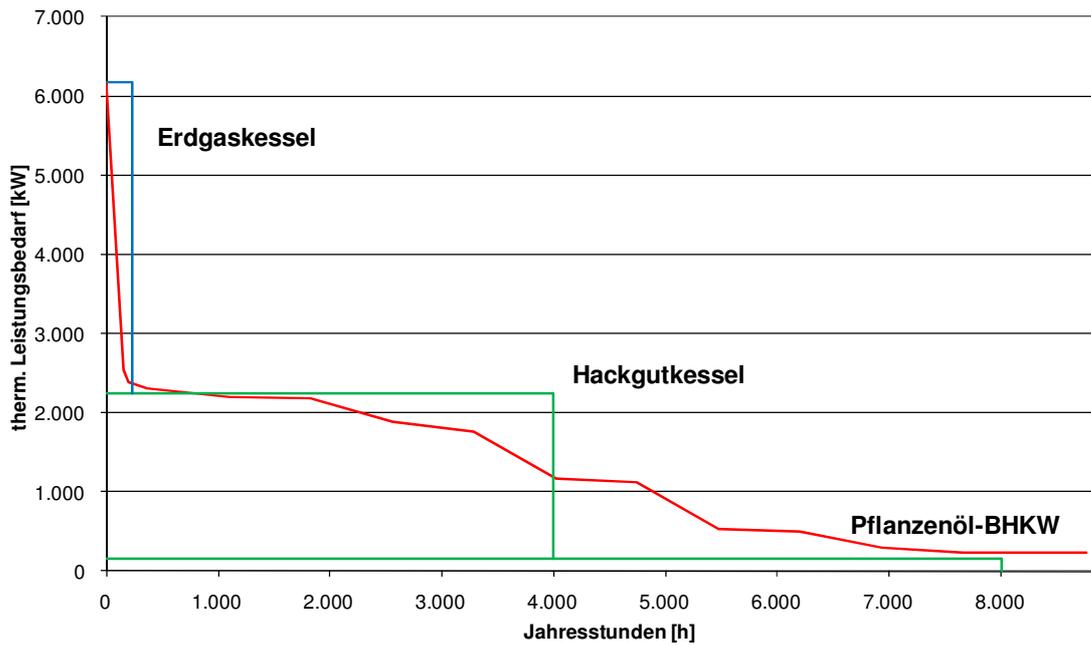


Abbildung 92: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Stein“: Die Jahresdauerlinie der Variante B.2

Wärmeerzeuger		Pflanzenöl- BHKW	Hackgutkessel	Erdgaskessel
Nennwärmeleistung	[kW]	150	2.100	3.900
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	8.000	4.000	230
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	1.200.000	8.400.000	896.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	12	80	8

Variante B.3: Erdgas-BHKW-Modul mit Spitzenlastkessel

Bei Variante B.3 wird zur Grundlastabdeckung ein Erdgas-BHKW-Modul mit einer thermischen Leistung von 1.200 kW und einer elektrischen Leistung von 1.200 kW eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung wird ein Erdgaskessel mit einer Nennwärmeleistung von 5.000 kW eingesetzt. Abbildung 93 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher vorgesehen, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für das Erdgas-BHKW-Modul ergeben sich etwa 5.000 Vollbenutzungsstunden im Jahr.

Das Erdgas-BHKW-Modul erzeugt jährlich rund 6.000.000 kWh an elektrischer Energie, die zu 100 Prozent in das öffentliche Netz eingespeist werden und nach dem KWKG-Gesetz vergütet werden.

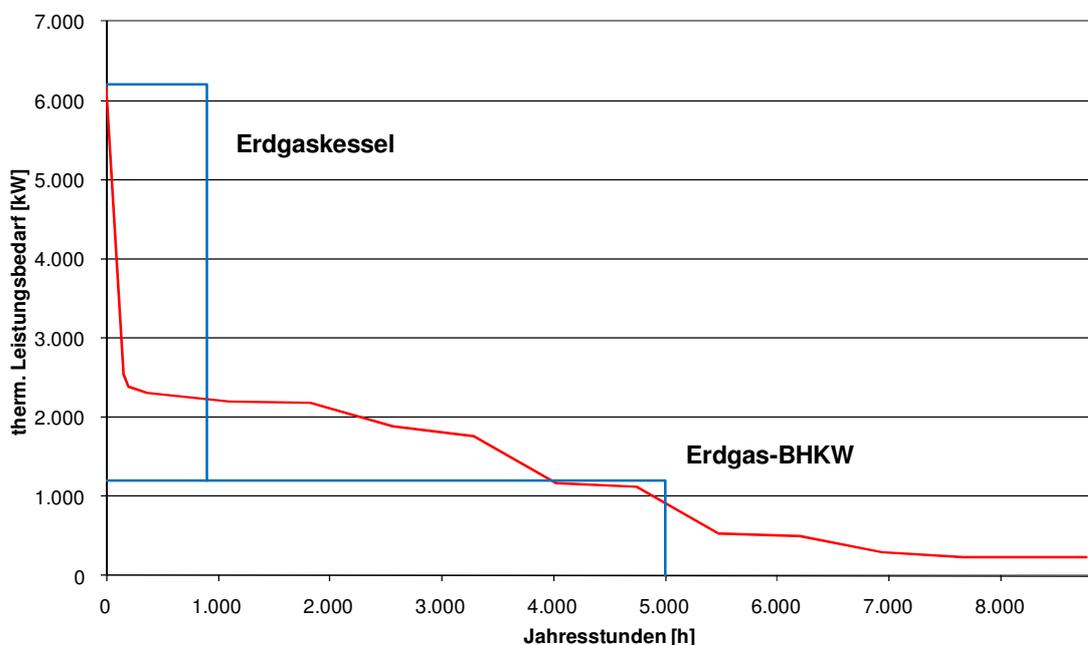


Abbildung 93: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Stein“: Die Jahresdauerlinie der Variante B.3

Wärmeerzeuger		Erdgas- BHKW	Erdgaskessel
Nennwärmeleistung	[kW]	1.200	5.000
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	5.000	900
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	6.000.000	4.496.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	57	43

Variante B.4: Biomethan-BHKW-Modul mit Spitzenlastkessel

Bei Variante B.4 wird zur Grundlastabdeckung ein Biomethan-BHKW-Modul mit einer thermischen Leistung von 1.200 kW und einer elektrischen Leistung von 1.200 kW eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung wird ein Erdgaskessel mit einer Nennwärmeleistung von 5.000 kW eingesetzt. Abbildung 94 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher vorgesehen, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für das Biomethan-BHKW-Modul ergeben sich etwa 5.000 Vollbenutzungsstunden im Jahr.

Das Biomethan-BHKW-Modul erzeugt jährlich rund 6.000.000 kWh an elektrischer Energie, die in das öffentliche Netz eingespeist wird und nach dem EEG (Erneuerbare Energien Gesetz) vergütet werden.

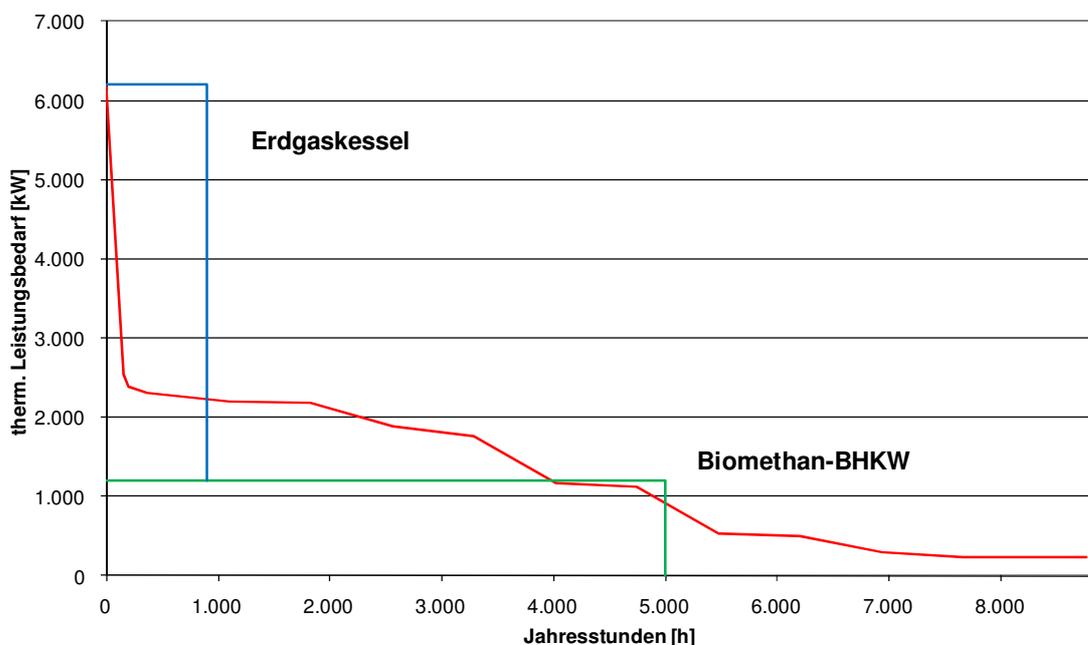


Abbildung 94: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Stein“: Die Jahresdauerlinie der Variante B.4

Wärmeerzeuger		Biomethan- BHKW	Erdgaskessel
Nennwärmeleistung	[kW]	1.200	5.000
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	5.000	900
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	6.000.000	4.496.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	57	43

Variante B.5: Hackgut-ORC-Anlage mit Spitzenlastkessel

Bei Variante B.5 wird zur Grundlastabdeckung eine Hackgut-ORC-Anlage mit einer thermischen Leistung von 1.350 kW und einer elektrischen Leistung von 280 kW eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung kommt ein Erdgaskessel mit einer thermischen Nennwärmeleistung von 4.900 kW zum Einsatz. Abbildung 95 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher vorgesehen, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für die Hackgut-ORC-Anlage ergeben sich etwa 4.500 Vollbenutzungsstunden im Jahr.

Die Hackgut-ORC-Anlage erzeugt jährlich rund 1.264.000 kWh_{el} an elektrischer Energie, die in das öffentliche Netz eingespeist und nach dem EEG (Erneuerbare Energien Gesetz) vergütet werden.

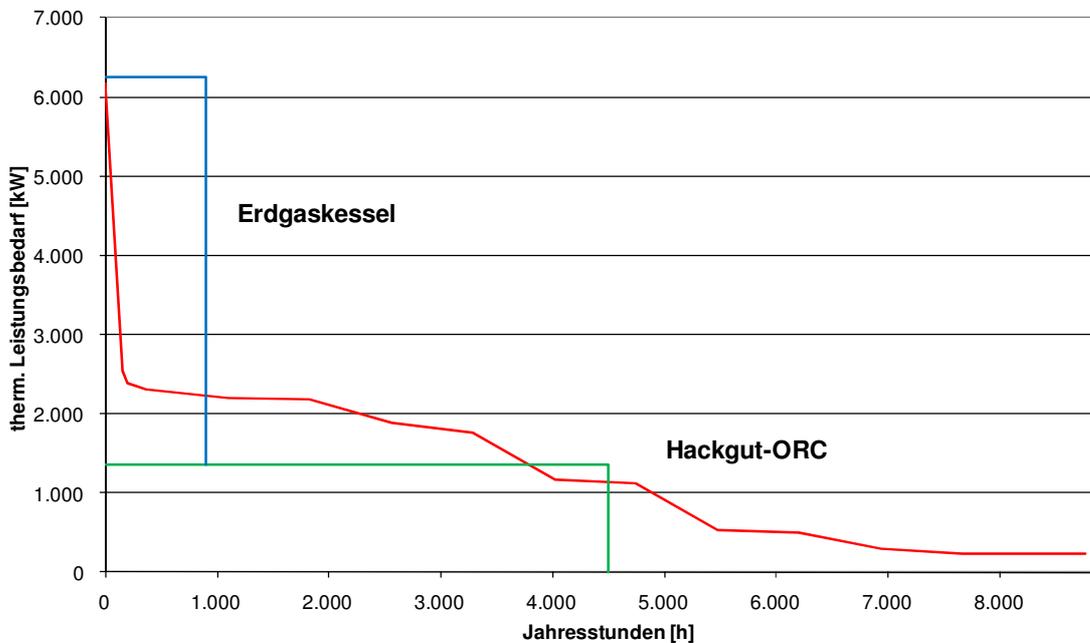


Abbildung 95: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Stein“: Die Jahresdauerlinie der Variante B.5

Wärmeerzeuger		Hackgut ORC	Erdgaskessel
Nennwärmeleistung	[kW]	1.350	4.900
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	4.500	900
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	6.075.000	4.421.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	58	42

4.3.3.3 Die Investitionskostenprognose

In Abbildung 96 sind die prognostizierten Investitionskosten der einzelnen Varianten dargestellt. Die Investitionskosten der Variante B.0 sind mit rund 1.700.000 € am niedrigsten. Die höchsten Investitionskosten mit rund 6.300.000 € ergeben sich bei Variante B.5 mit der Hackgut-ORC-Anlage.

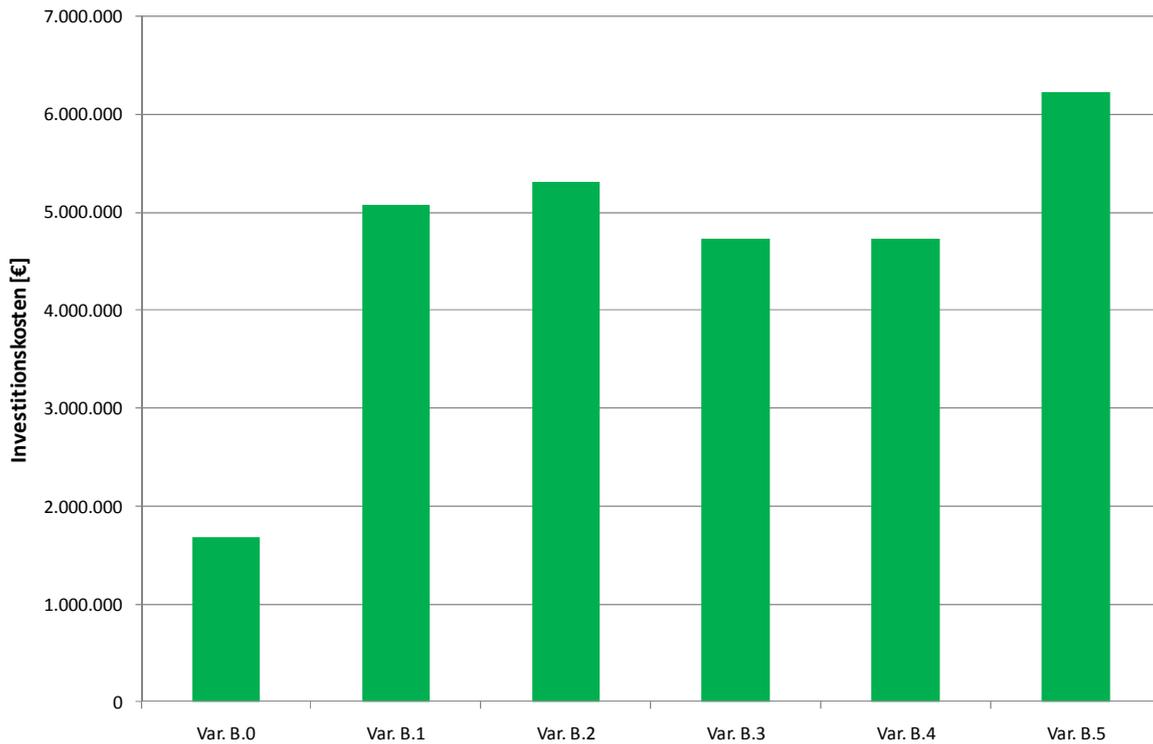


Abbildung 96: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Stein“: Die prognostizierten Investitionskosten

V B.0	V B.1	V B.2	V B.3	V B.4	V B.5
Erdgaskessel	Hackgutkessel Erdgaskessel	Pflanzenöl-BHKW Hackgutkessel Erdgaskessel	Erdgas-BHKW Erdgaskessel	Biomethan-BHKW Erdgaskessel	Hackgut-ORC Erdgaskessel

4.3.3.4 Die Emissionsbilanz der Varianten

Für die verschiedenen neuen Energieversorgungsvarianten wird zur Beurteilung der ökologischen Verträglichkeit eine CO₂-Bilanzierung durchgeführt. Die folgende Aufstellung zeigt die angesetzten CO₂-Äquivalentwerte.

	Erdgas	Hackgut	Pflanzenöl	Biomethan	Strom
CO ₂ -Äquivalent [g/kWh _{END}]	244	35	129	90	633

Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Abbildung 97 dargestellt.

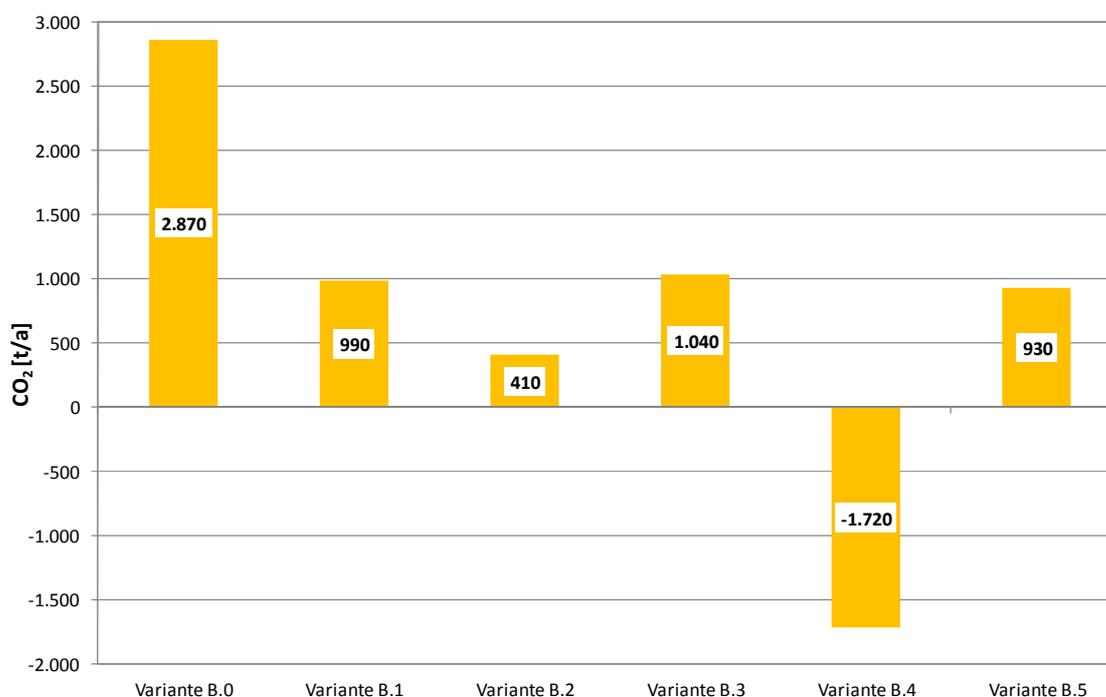


Abbildung 97: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Stein“: Die CO₂-Bilanz der Varianten

V B.0	V B.1	V B.2	V B.3	V B.4	V B.5
Erdgaskessel	Hackgutkessel Erdgaskessel	Pflanzenöl-BHKW Hackgutkessel Erdgaskessel	Erdgas-BHKW Erdgaskessel	Biomethan-BHKW Erdgaskessel	Hackgut-ORC Erdgaskessel

Die höchsten CO₂-Emissionen ergeben sich bei Variante B.0 (Referenz). Die niedrigsten CO₂-Emissionen ergeben sich bei Variante B.4 mit einem Biomethan-BHKW-Modul durch die gleichzeitige Produktion von Strom und Wärme sowie dem Einsatz eines regenerativen Brennstoffes. Die negativen CO₂-Emissionen der Variante B.4 resultieren aus der Gutschrift für die Einspeisung des produzierten Stromes in das öffentliche Versorgungsnetz.

4.3.4 Variante C - lokales Nahwärmeverbundnetz „OT Geretsried“

Im Nahwärmeverbundnetz Variante C „Ortsteil Geretsried“ werden ausgewählte Straßenzüge betrachtet. Hier werden ausschließlich Verbraucher der Straßen

- Robert-Schumann-Weg
- Johann-Sebastian-Bach-Straße
- Carl-Maria-von-Weber-Weg
- Kalmanweg
- Händelstraße
- Berliner Weg
- Sudetenstraße (teilweise)
- Adalbert-Stifter-Straße (teilweise)

analysiert. Für die Verbraucher in den erwähnten Straßen wurde eine 60 %-ige Anschlussdichte angenommen. Desweiteren werden folgende Liegenschaften in das Nahwärmeverbundnetz OT Geretsried integriert:

- Karl-Lederer-Hauptschule
- Karl-Lederer-Grundschule
- Pavillons am Neuen Platz
- Mariahilf-Kirche mit Pfarramt
- Franz-Marc-Förderschule
- Kindergarten am Robert-Schumann-Weg

Zusätzlich werden die Liegenschaften der Baugenossenschaft Geretsried, die entlang der betrachteten Straßen liegen, komplett an das Nahwärmeverbundnetz angeschlossen. In nachfolgender Abbildung 98 ist ein möglicher Verlauf des Nahwärmeverbundnetzes OT Geretsried dargestellt.



Abbildung 98: Der mögliche Verlauf des Nahwärmeverbundnetzes „OT Geretsried“

In Tabelle 40 sind die Kenndaten des Nahwärmeverbundnetzes dargestellt. Die zu installierende Spitzenleistung über 10.000 kW. Das Netz hat eine Länge von etwa 3.400 Meter, die spezifische Wärmebelegung pro Meter und Jahr ist hoch, der Netzverlust beläuft sich mit jährlich rund 664.000 kWh auf ca. 3 % der bereitgestellten Nahwärme.

Tabelle 40: Die Kenndaten des Nahwärmeverbundnetzes C

Netzlänge	3.400	[m]
Heizleistung	11.640	[kW]
abgesetzte Nahwärme	19.120.000	[kWh/a]
Wärmebelegung	hoch	[-]

4.3.4.1 Der Gesamtwärmebedarf

Der jährliche Gesamtwärmebedarf des Nahwärmeverbundnetzes 2 ergibt sich aus dem Wärmebedarf der Abnehmer und dem Netzverlust. Mit einem Wärmebedarf von rund 19.120.000 kWh und einem Netzverlust von rund 664.000 kWh ergibt sich ein jährlicher Gesamtwärmebedarf von rund 19.784.000 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 99 ist der monatliche Gesamtwärmebedarf des Nahwärmeverbundnetzes dargestellt.

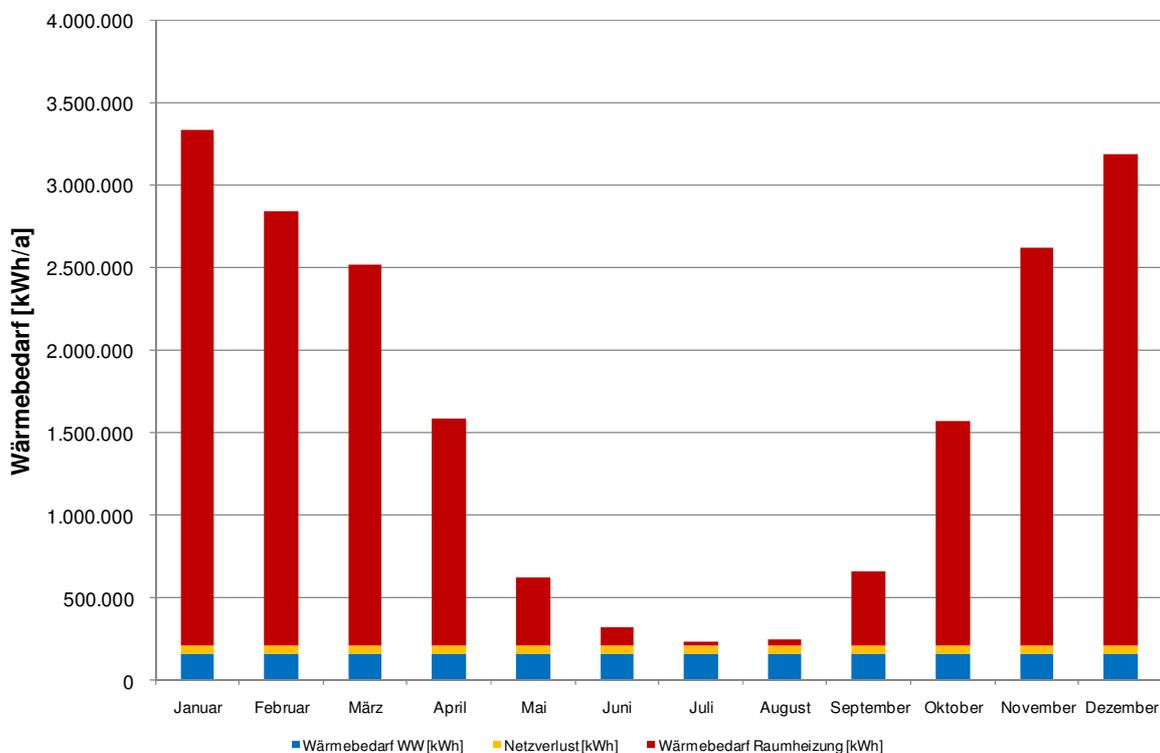


Abbildung 99: Der monatliche Gesamtwärmebedarf des Nahwärmeverbundnetzes „OT Geretsried“

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 Jahresnutzwärmebedarf. Idealerweise sollten sich die meist modular aufgebauten, d.h. in Grund- und Spitzenlastabdeckung unterteilten Heizanlagen systeme, der Jahresdauerlinie annähern.

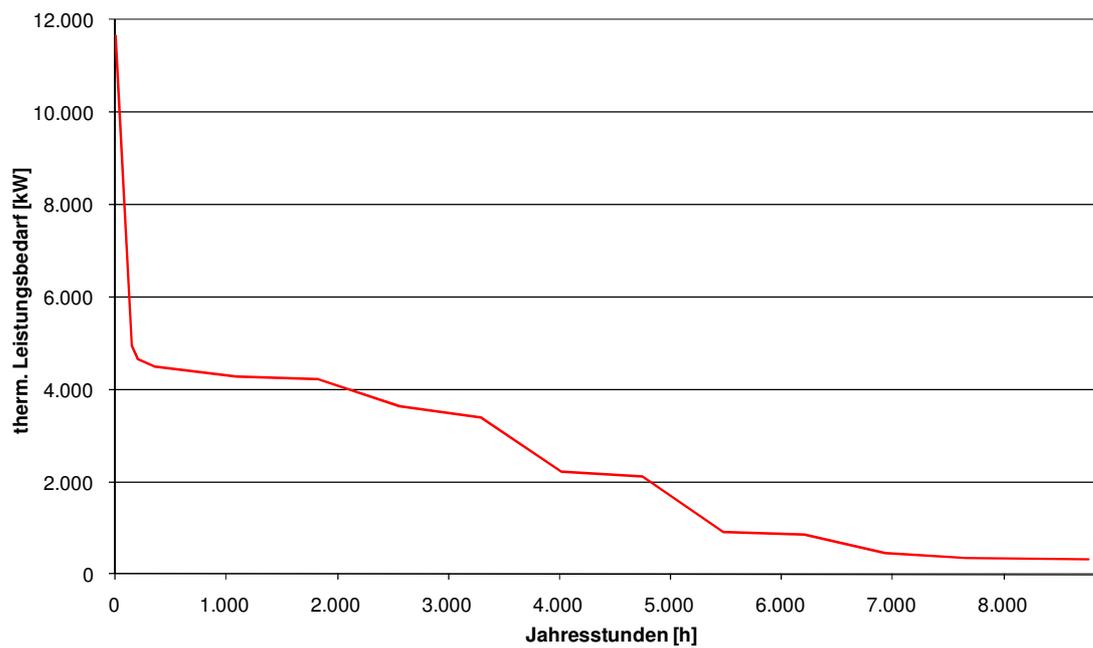


Abbildung 100: Die geordnete Jahresdauerlinie des thermischen Leistungsbedarf des Nahwärmeverbundnetzes

4.3.4.2 Die Versorgungsvarianten

Variante C.0: Dezentrale Erdgaskessel als Referenzvariante

Bei Variante C.0, die als Referenzvariante dient, wird die dezentrale Wärmeerzeugung in jeder Liegenschaft separat betrachtet.

Variante C.1: Hackgutkessel mit Spitzenlastkessel

Bei Variante C.1 wird zur Grundlastabdeckung ein Hackgutkessel mit einer Nennwärmeleistung von 2.200 kW eingesetzt. Zur Abdeckung der Mittellast wird ein zweiter Hackgutkessel mit einer Nennwärmeleistung von 2.200 kW installiert. Zur Deckung der Spitzenlast wird ein Erdgaskessel mit einer Nennwärmeleistung von 7.200 kW eingesetzt. Abbildung 101 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher vorgesehen, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für den Hackgutkessel, der zur Deckung der Grundlast vorgesehen ist, ergeben sich etwa 5.000 Vollbenutzungsstunden im Jahr. Der Hackgutkessel, der zur Deckung der Mittellast installiert wird, ist rund 3.000 Vollbenutzungsstunden im Einsatz.

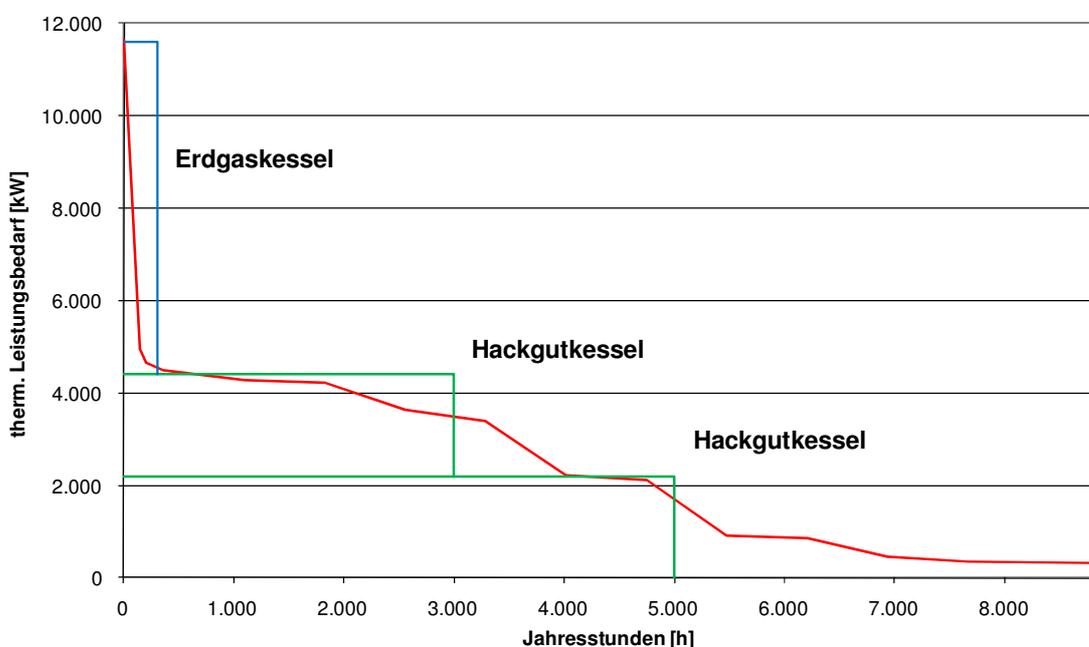


Abbildung 101: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Geretsried“: Die Jahresdauerlinie der Variante C.1

Wärmeerzeuger		Hackgutkessel	Hackgutkessel	Erdgaskessel
Nennwärmeleistung	[kW]	2.200	2.200	7.200
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	5.000	3.000	300
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	11.000.000	6.600.000	2.184.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	56	33	11

Variante C.2: Pflanzenöl-BHKW-Modul mit Hackgutkessel und Spitzenlastkessel

Bei Variante C.2 wird zur Grundlastabdeckung ein Pflanzenöl-BHKW-Modul mit einer thermischen Leistung von 150 kW und einer elektrischen Leistung von 150 kW und ein Hackgutkessel mit einer Nennwärmeleistung von 2.200 kW eingesetzt. Zur Abdeckung der Mittellast wird ein Hackgutkessel mit einer Nennwärmeleistung von 2.200 kW installiert. Zur Deckung der Spitzenlast wird ein Erdgaskessel mit einer Nennwärmeleistung von 7.000 kW eingesetzt. Abbildung 102 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher vorgesehen, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für das Pflanzenöl-BHKW-Modul ergeben sich etwa 8.000 Vollbenutzungsstunden im Jahr. Für den Hackgutkessel, der zur Deckung der Grundlast vorgesehen ist, ergeben sich etwa 5.000 Vollbenutzungsstunden im Jahr. Der Hackgutkessel, der zur Deckung der Mittellast installiert wird, ist rund 3.000 Vollbenutzungsstunden im Einsatz.

Das Pflanzenöl-BHKW-Modul erzeugt jährlich rund 1.200.000 kWh an elektrischer Energie, die in das öffentliche Netz eingespeist und nach dem EEG (Erneuerbare Energien Gesetz) vergütet werden.

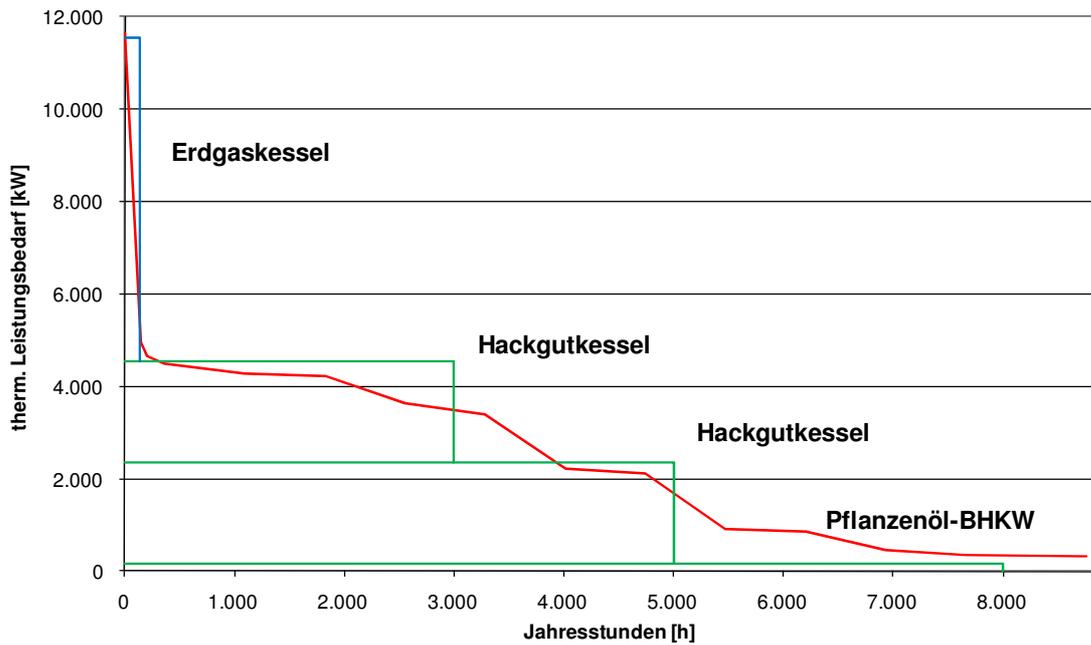


Abbildung 102: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Geretsried“: Die Jahresdauerlinie der Variante C.2

Wärmeerzeuger		Pflanzenöl- BHKW	Hackgutkessel	Hackgutkessel	Erdgaskessel
Nennwärmeleistung	[kW]	150	2.200	2.200	7.000
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	8.000	5.000	3.000	140
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	1.200.000	11.000.000	6.600.000	984.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	6	56	33	5

Variante C.3: Erdgas-BHKW-Modul mit Spitzenlastkessel

Bei Variante C.3 wird zur Grundlastabdeckung ein Erdgas-BHKW-Modul mit einer thermischen Leistung von 2.000 kW und einer elektrischen Leistung von 2000 kW eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung wird ein Erdgaskessel mit einer Nennwärmeleistung von 9.600 kW eingesetzt. Abbildung 103 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher vorgesehen, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für das Erdgas-BHKW-Modul ergeben sich etwa 5.000 Vollbenutzungsstunden im Jahr.

Das Erdgas-BHKW-Modul erzeugt jährlich rund 10.000.000 kWh an elektrischer Energie, die zu 100 Prozent in das öffentliche Netz eingespeist werden und nach dem KWKG-Gesetz vergütet werden.

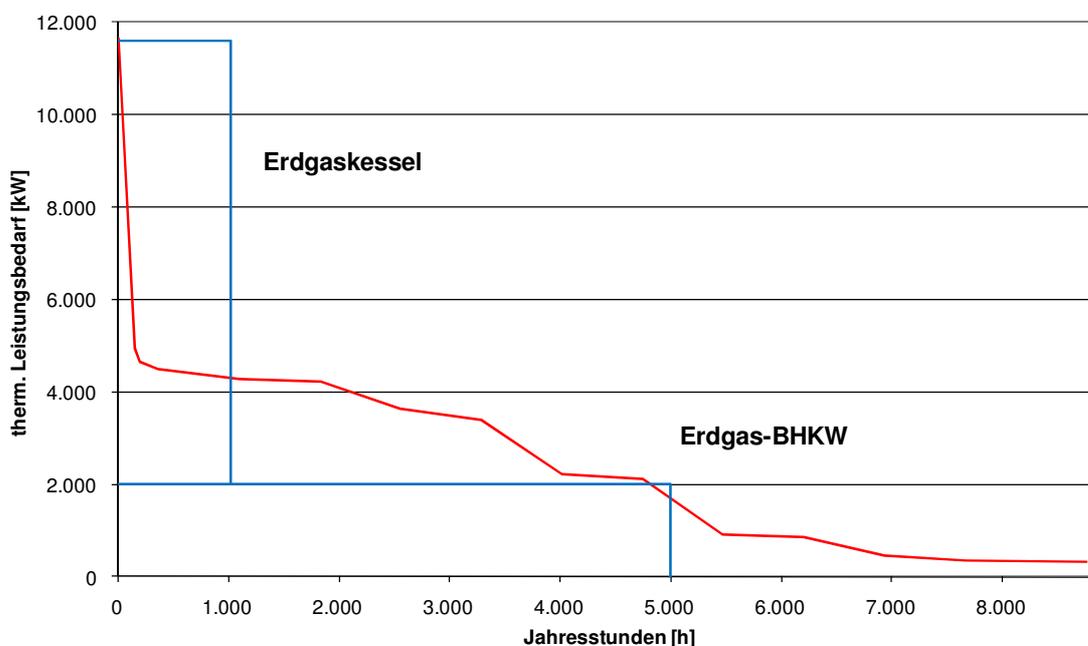


Abbildung 103: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Geretsried“: Die Jahresdauerlinie der Variante C.3

Wärmeerzeuger		Erdgas- BHKW	Erdgaskessel
Nennwärmeleistung	[kW]	2.000	9.600
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	5.000	1.020
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	10.000.000	9.784.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	51	49

Variante C.4: Biomethan-BHKW-Modul mit Spitzenlastkessel

Bei Variante C.4 wird zur Grundlastabdeckung ein Biomethan-BHKW-Modul mit einer thermischen Leistung von 2.000 kW und einer elektrischen Leistung von 2000 kW eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung wird ein Erdgaskessel mit einer Nennwärmeleistung von 9.600 kW eingesetzt. Abbildung 104 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher vorgesehen, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für das Biomethan-BHKW-Modul ergeben sich etwa 5.000 Vollbenutzungsstunden im Jahr.

Das Biomethan-BHKW-Modul erzeugt jährlich rund 10.000.000 kWh an elektrischer Energie, die in das öffentliche Netz eingespeist und nach dem EEG (Erneuerbare Energien Gesetz) vergütet werden.

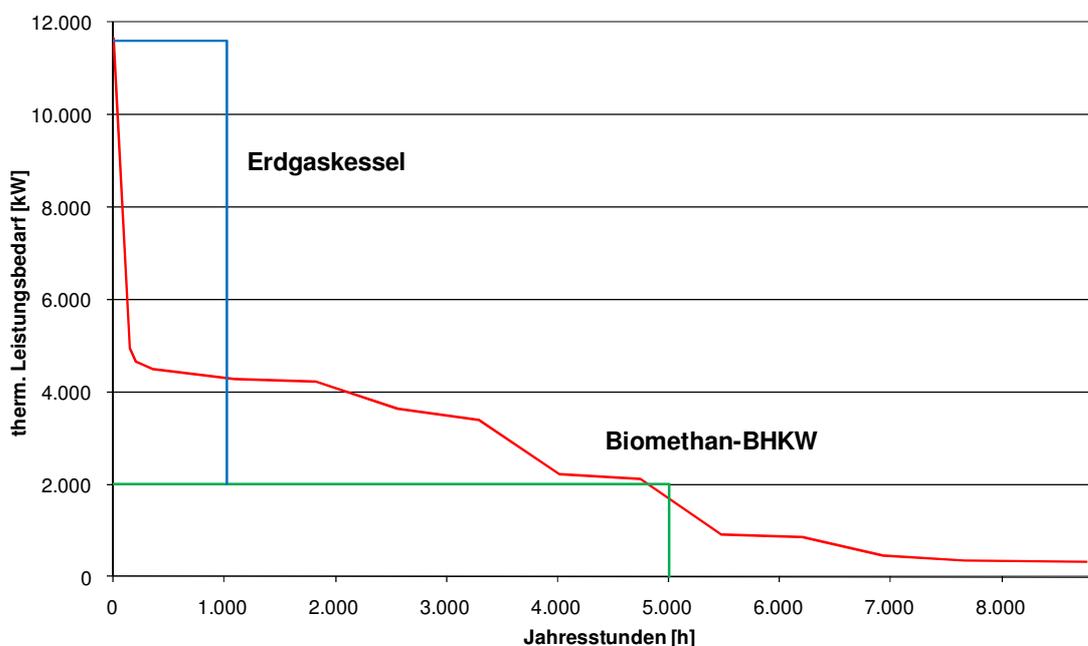


Abbildung 104: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Geretsried“: Die Jahresdauerlinie der Variante C.4

Wärmeerzeuger		Biomethan- BHKW	Erdgaskessel
Nennwärmeleistung	[kW]	2.000	9.600
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	5.000	1.020
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	10.000.000	9.784.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	51	49

Variante C.5: Hackgut-ORC-Anlage mit Spitzenlastkessel

Bei Variante C.5 wird zur Grundlastabdeckung eine Hackgut-ORC-Anlage mit einer thermischen Leistung von 2.190 kW und einer elektrischen Leistung von 470 kW eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung kommt ein Erdgaskessel mit einer thermischen Nennwärmeleistung von 9.400 kW zum Einsatz. Abbildung 105 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher vorgesehen, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für die Hackgut-ORC-Anlage ergeben sich etwa 5.000 Vollbenutzungsstunden im Jahr.

Die Hackgut-ORC-Anlage erzeugt jährlich rund 2.350.000 kWh an elektrischer Energie, die in das öffentliche Netz eingespeist und nach dem EEG (Erneuerbare Energien Gesetz) vergütet werden.

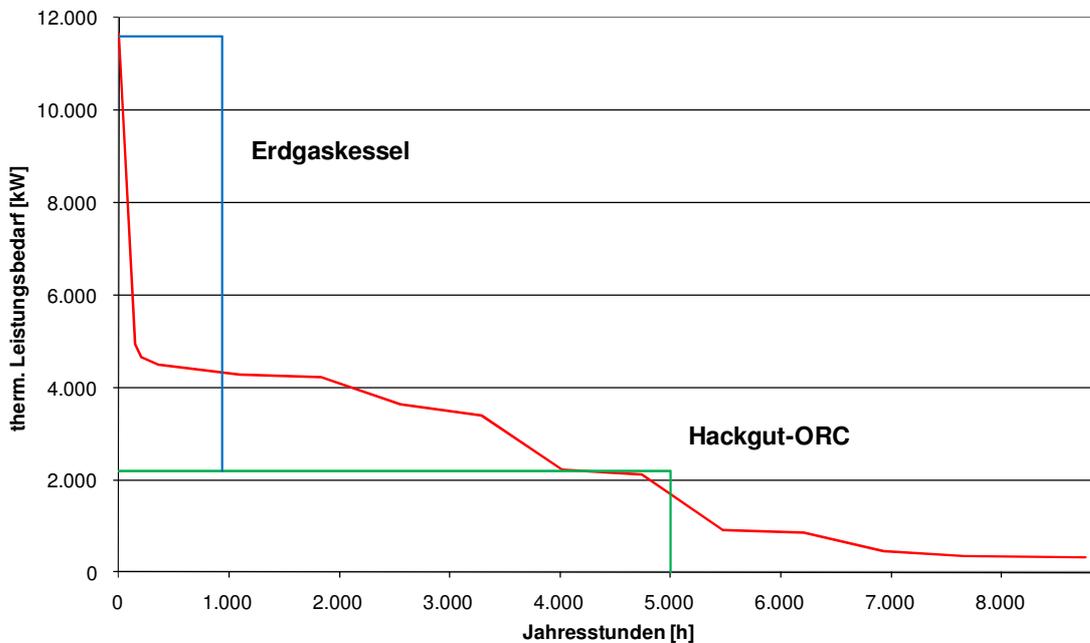


Abbildung 105: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Geretsried“: Die Jahresdauerlinie der Variante C.5

Wärmeerzeuger		Hackgut ORC	Erdgaskessel
Nennwärmeleistung	[kW]	2.200	9.400
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	5.000	940
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	11.000.000	8.784.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	56	44

4.3.4.3 Die Investitionskostenprognose

In Abbildung 106 sind die prognostizierten Investitionskosten der einzelnen Varianten dargestellt. Die Investitionskosten der Variante C.0 sind mit rund 3.400.000 € am niedrigsten. Die höchsten Investitionskosten mit rund 9.200.000 € ergeben sich bei Variante C.5 mit der Hackgut-ORC-Anlage.

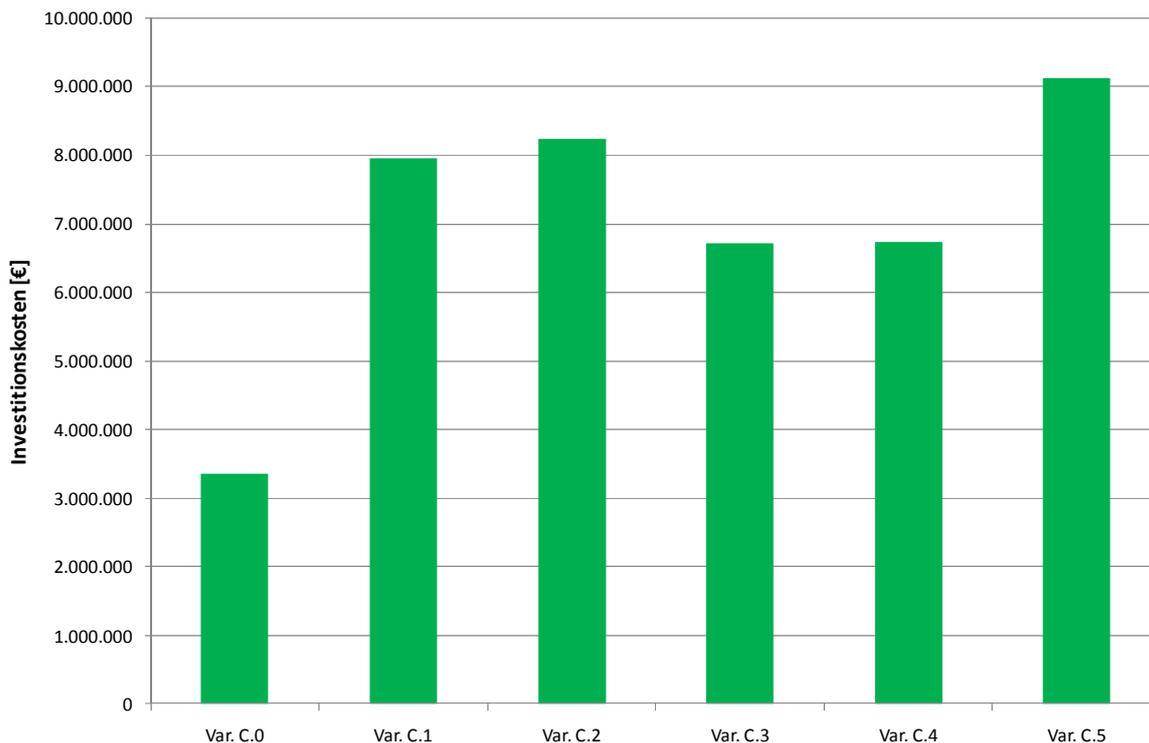


Abbildung 106: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Geretsried“: Die prognostizierten Investitionskosten

V C.0	V C.1	V C.2	V C.3	V C.4	V C.5
Erdgaskessel	Hackgutkessel	Pflanzenöl-BHKW	Erdgas-BHKW	Biomethan-BHKW	Hackgut-ORC
	Hackgutkessel	Hackgutkessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel
	Erdgaskessel	Hackgutkessel			
		Erdgaskessel			

4.3.4.4 Die Emissionsbilanz der Varianten

Für die verschiedenen neuen Energieversorgungsvarianten wird zur Beurteilung der ökologischen Verträglichkeit eine CO₂-Bilanzierung durchgeführt. Die folgende Aufstellung zeigt die angesetzten CO₂-Äquivalentwerte.

	Erdgas	Hackgut	Pflanzenöl	Biomethan	Strom
CO ₂ -Äquivalent [g/kWh _{END}]	244	35	129	90	633

Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Abbildung 107 dargestellt.

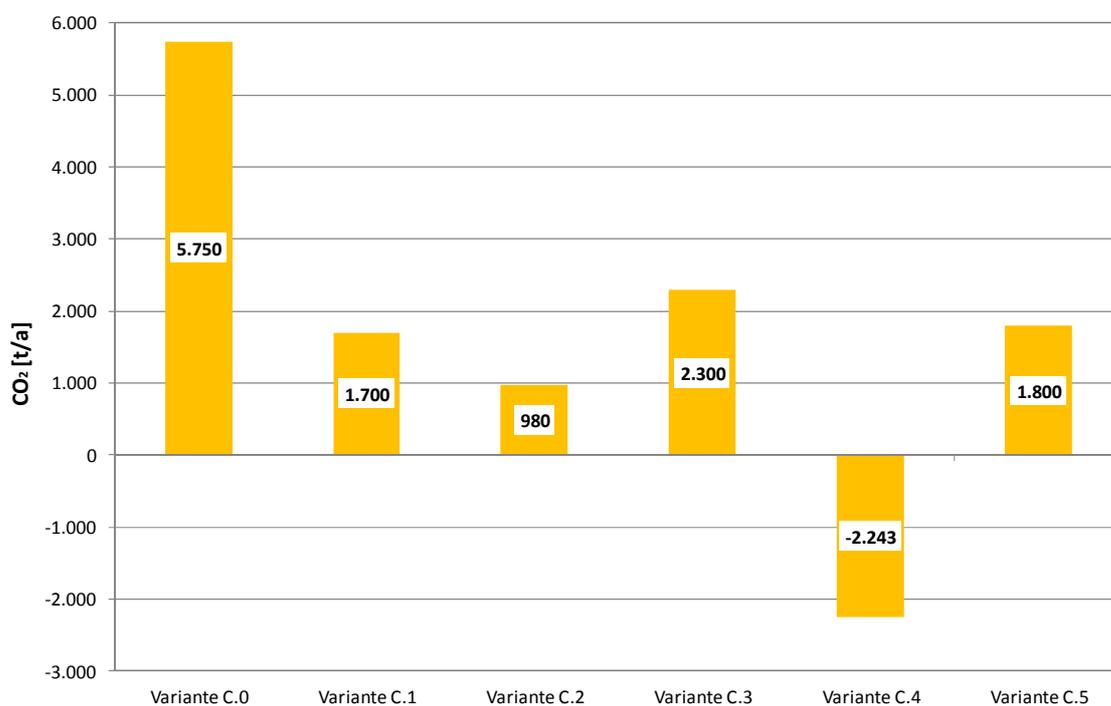


Abbildung 107: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Geretsried“: Die CO₂-Bilanz der Varianten

V C.0	V C.1	V C.2	V C.3	V C.4	V C.5
Erdgaskessel	Hackgutkessel	Pflanzenöl-BHKW	Erdgas-BHKW	Biomethan-BHKW	Hackgut-ORC
	Hackgutkessel	Hackgutkessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel
	Erdgaskessel	Hackgutkessel			
		Erdgaskessel			

Die höchsten CO₂-Emissionen ergeben sich bei Variante C.0 (Referenz). Die niedrigsten CO₂-Emissionen ergeben sich bei Variante C.4 mit einem Biomethan-BHKW-Modul durch die gleichzeitige Produktion von Strom und Wärme sowie den Einsatz eines regenerativen Brennstoffes. Die negativen CO₂-Emissionen der Variante C.4 ergeben sich durch die Gutschrift für die Einspeisung des produzierten Stromes in das öffentliche Versorgungsnetz.

4.3.5 Variante D – lokales Nahwärmeverbundnetz „Schulzentrum“

Im Nahwärmeverbundnetz „Schulzentrum“ werden folgende kommunale Liegenschaften betrachtet:

- Hallenbad mit Jugendzentrum und Eisstadion
- Bücherei mit Jugendzentrum
- Adalbert-Stifter-Hauptschule
- Gymnasium und Realschule Geretsried.

In nachfolgender Abbildung 108 ist ein möglicher Verlauf des Nahwärmeverbundnetzes D „Schulzentrum“ dargestellt.



Abbildung 108: Der mögliche Verlauf des Nahwärmeverbundnetz „Schulzentrum“

Der geplante Neubau des städtischen Hallenbades wurde bei den Rohrdimensionen bzw. Rohrlängen berücksichtigt.

In Tabelle 41 sind die Kenndaten des Nahwärmeverbundnetzes dargestellt. Die zu installierende Spitzenleistung beträgt 3.310 kW. Das Netz hat eine Länge von etwa 640 Meter, die spezifische Wärmebelegung pro Meter und Jahr ist hoch, der Netzverlust beläuft sich mit jährlich rund 162.000 kWh auf ca. 3 % der bereitgestellten Nahwärme.

Tabelle 41: Die Kenndaten des Nahwärmeverbundnetzes D

Netzlänge	640	[m]
Heizleistung	3.310	[kW]
abgesetzte Nahwärme	5.450.000	[kWh/a]
Wärmebelegung	hoch	[-]

4.3.5.1 Der Gesamtwärmebedarf

Der jährliche Gesamtwärmebedarf des Nahwärmeverbundnetzes 3 ergibt sich aus dem Wärmebedarf der Abnehmer und dem Netzverlust. Mit einem Wärmebedarf von rund 5.450.000 kWh und einem Netzverlust von rund 162.000 kWh ergibt sich ein jährlicher Gesamtwärmebedarf von rund 5.612.000 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 109 ist der monatliche Gesamtwärmebedarf des Nahwärmeverbundnetzes 3 dargestellt.

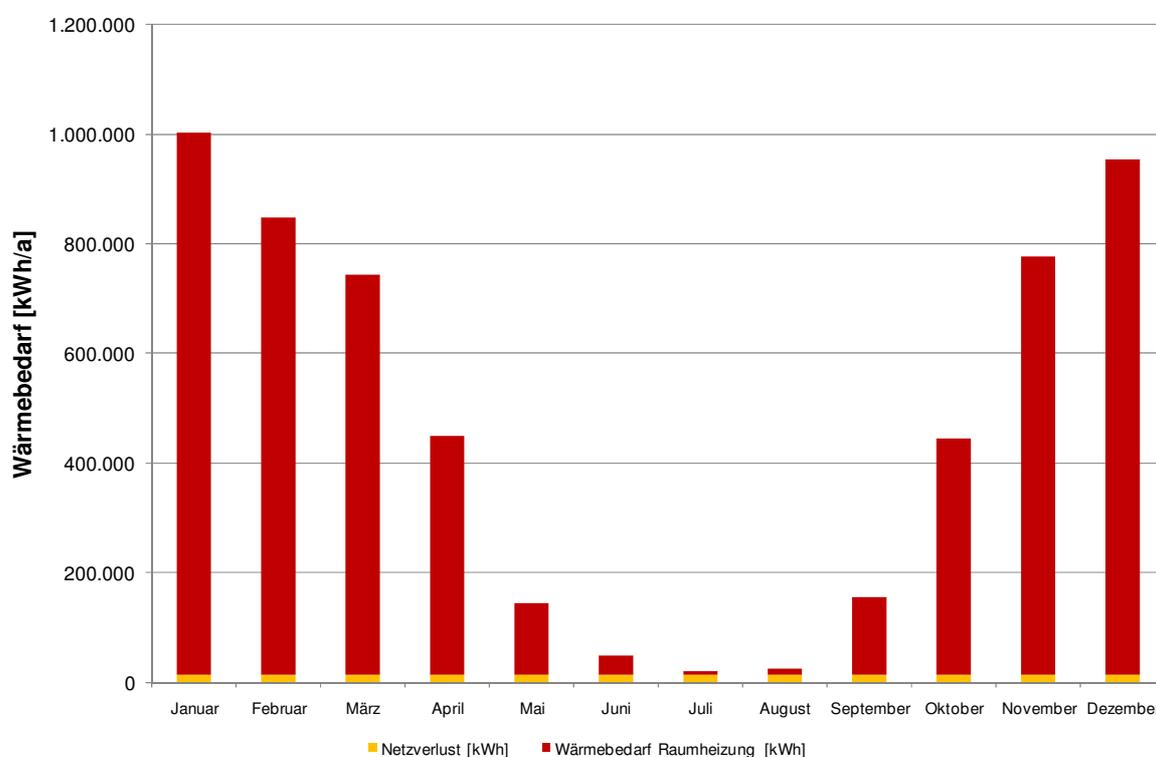


Abbildung 109: Der monatliche Gesamtwärmebedarf des Nahwärmeverbundnetzes „Schulzentrum“

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 Jahresnutzwärmebedarf. Idealerweise sollten sich die meist modular aufgebauten, d.h. in Grund- und Spitzenlastabdeckung unterteilten Heizanlagen systeme, der Jahresdauerlinie annähern.

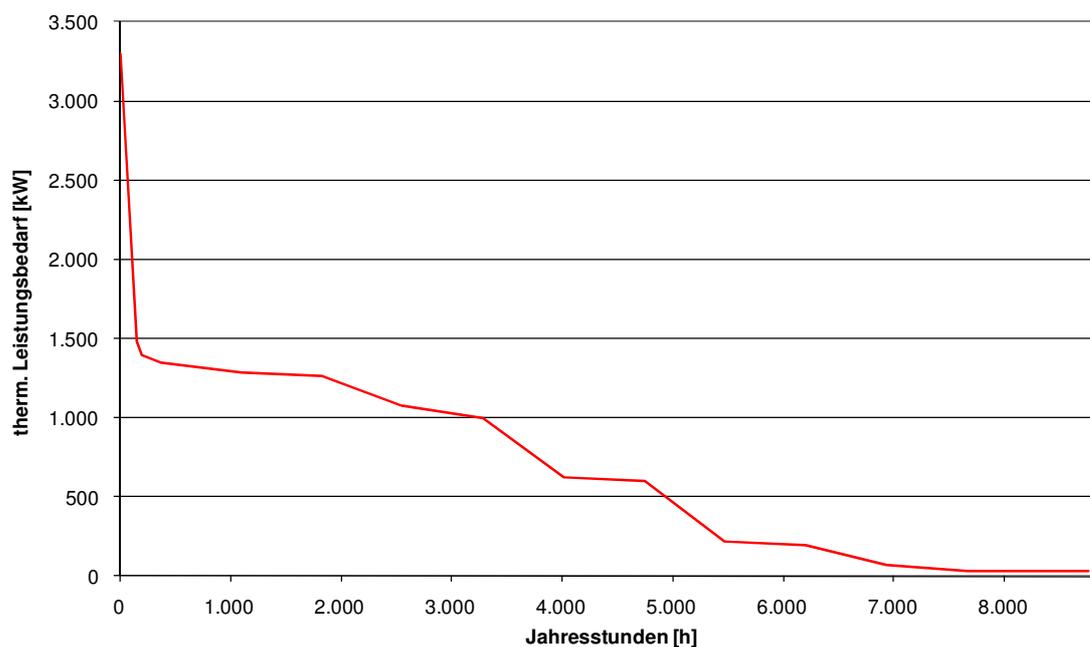


Abbildung 110: Die geordnete Jahresdauerlinie des thermischen Leistungsbedarfs des Nahwärmeverbundnetzes „Schulzentrum“

4.3.5.2 Die Versorgungsvarianten

Variante D.0: Dezentrale Erdgaskessel als Referenzvariante

Bei Variante D.0, die als Referenzvariante dient, wird die dezentrale Wärmeerzeugung in jeder Liegenschaft separat betrachtet.

Variante D.1: Hackgutkessel mit Spitzenlastkessel

Bei Variante D.1 wird zur Grundlastabdeckung ein Hackgutkessel mit einer Nennwärmeleistung von 1.300 kW eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung kommt ein Erdgaskessel mit einer Nennwärmeleistung von 2.010 kW zum Einsatz. Abbildung 111 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher vorgesehen, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für den Hackgutkessel ergeben sich etwa 3.700 Vollbenutzungsstunden im Jahr.

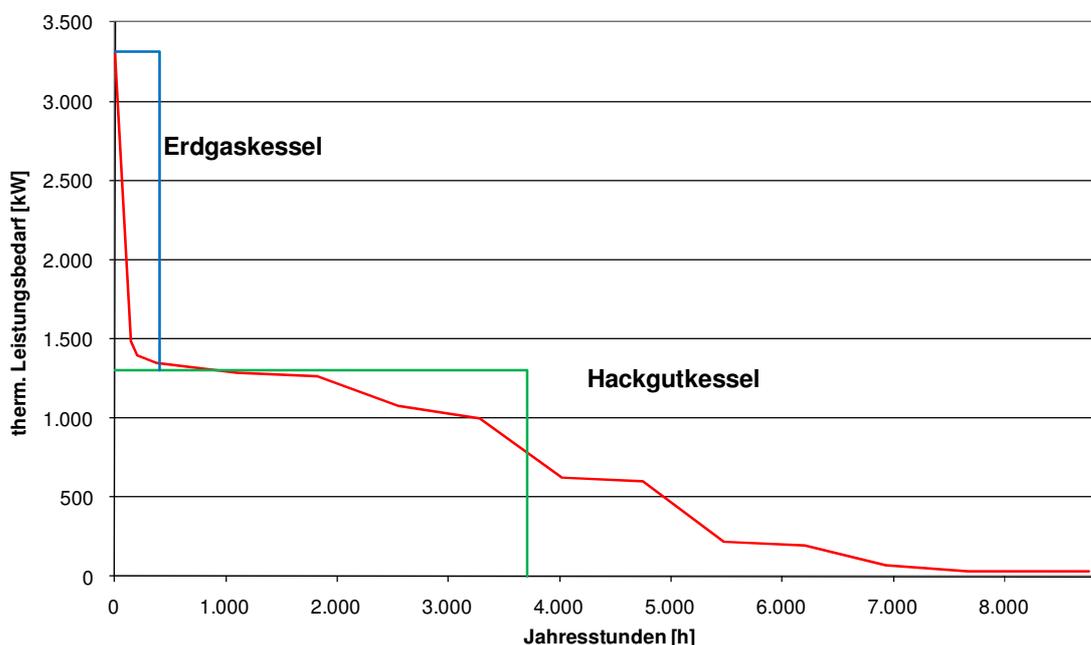


Abbildung 111: Das Nahwärmeverbundnetz „Schulzentrum“: Die Jahresdauerlinie der Variante D.1

Wärmeerzeuger		Hackgutkessel	Erdgaskessel
Nennwärmeleistung	[kW]	1.300	2.010
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	3.700	400
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	4.810.000	802.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	86	14

Variante D.2: Pflanzenöl-BHKW-Modul mit Hackgutkessel und Spitzenlastkessel

Bei Variante D.2 wird zur Grundlastabdeckung ein Pflanzenöl-BHKW-Modul mit einer thermischen Leistung von 150 kW und einer elektrischen Leistung von 150 kW eingesetzt. Zur Abdeckung der Mittellast wird ein Hackgutkessel mit einer Nennwärmeleistung von 1.200 kW installiert. Zur Deckung der Spitzenlast wird ein Erdgaskessel mit einer Nennwärmeleistung von 2.000 kW eingesetzt. Abbildung 112 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher vorgesehen, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für das Pflanzenöl-BHKW-Modul ergeben sich etwa 7.000 Vollbenutzungsstunden im Jahr. Der Hackgutkessel ist rund 3.200 Vollbenutzungsstunden im Einsatz.

Das Pflanzenöl-BHKW-Modul erzeugt jährlich rund 1.050.000 kWh an elektrischer Energie, die in das öffentliche Netz eingespeist und nach dem EEG (Erneuerbare Energien Gesetz) vergütet werden.

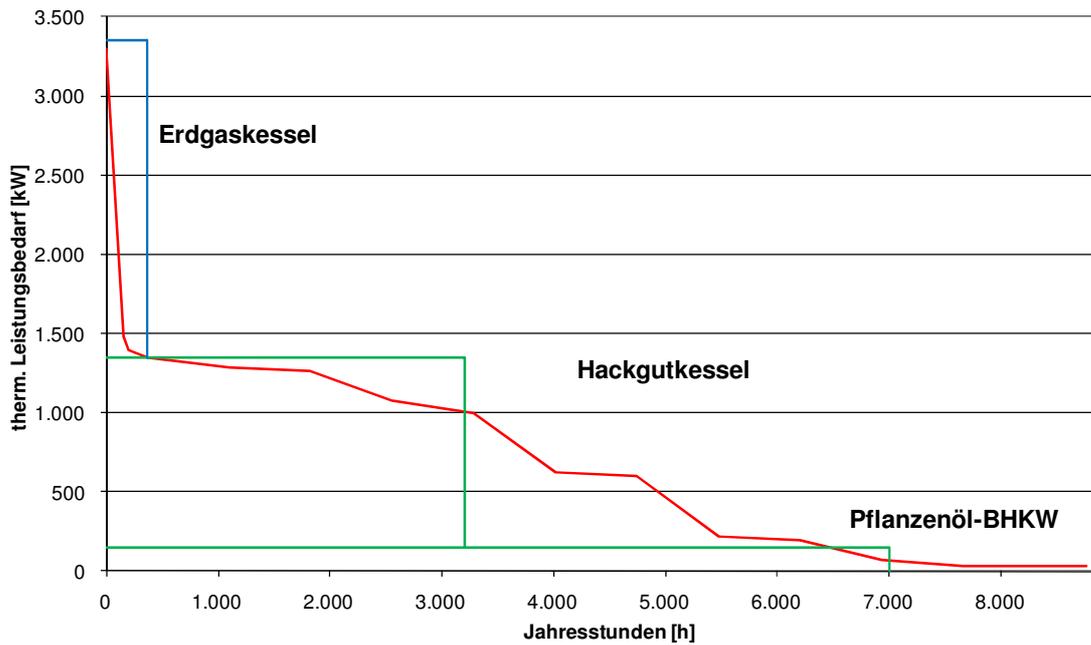


Abbildung 112: Das Nahwärmeverbundnetz „Schulzentrum“: Die Jahresdauerlinie der Variante D.2

Wärmeerzeuger		Pflanzenöl- BHKW	Hackgutkessel	Erdgaskessel
Nennwärmeleistung	[kW]	150	1.200	2.000
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	7.000	3.200	360
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	1.050.000	3.840.000	722.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	19	68	13

Variante D.3: Erdgas-BHKW-Modul mit Spitzenlastkessel

Bei Variante D.3 wird zur Grundlastabdeckung ein Erdgas-BHKW-Modul mit einer thermischen Leistung von 650 kW und einer elektrischen Leistung von 600 kW eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung wird ein Erdgaskessel mit einer Nennwärmeleistung von 2.700 kW eingesetzt. Abbildung 113 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher vorgesehen, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für das Erdgas-BHKW-Modul ergeben sich etwa 5.000 Vollbenutzungsstunden im Jahr.

Das Erdgas-BHKW-Modul erzeugt jährlich rund 3.000.000 kWh an elektrischer Energie, die zu 100 Prozent in das öffentliche Netz eingespeist werden und nach dem KWKG-Gesetz vergütet werden.

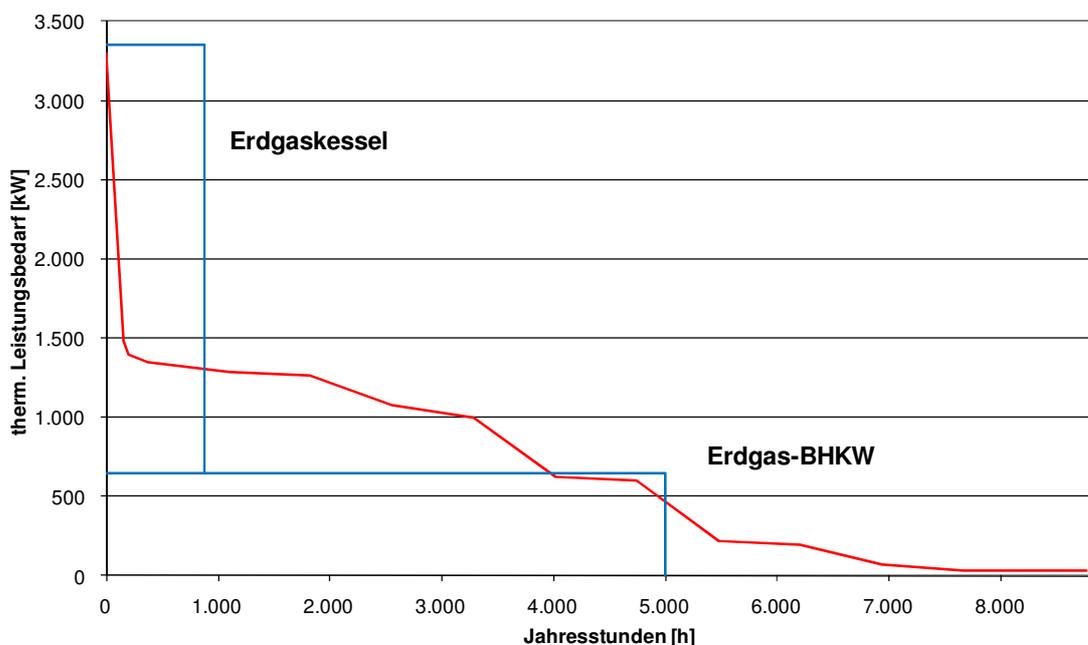


Abbildung 113: Das Nahwärmeverbundnetz „Schulzentrum“: Die Jahresdauerlinie der Variante D.3

Wärmeerzeuger		Erdgas- BHKW	Erdgaskessel
Nennwärmeleistung	[kW]	650	2.700
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	5.000	880
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	3.250.000	2.362.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	58	42

Variante D.4: Biomethan-BHKW mit Spitzenlastkessel

Bei Variante D.4 wird zur Grundlastabdeckung ein Biomethan-BHKW-Modul mit einer thermischen Leistung von 650 kW und einer elektrischen Leistung von 600 kW eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung wird ein Erdgaskessel mit einer Nennwärmeleistung von 2.700 kW eingesetzt. Abbildung 114 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher vorgesehen, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für das Biomethan-BHKW-Modul ergeben sich etwa 5.000 Vollbenutzungsstunden im Jahr.

Das Biomethan-BHKW-Modul erzeugt jährlich rund 3.000.000 kWh an elektrischer Energie, die in das öffentliche Netz eingespeist und nach dem EEG (Erneuerbare Energien Gesetz) vergütet werden.

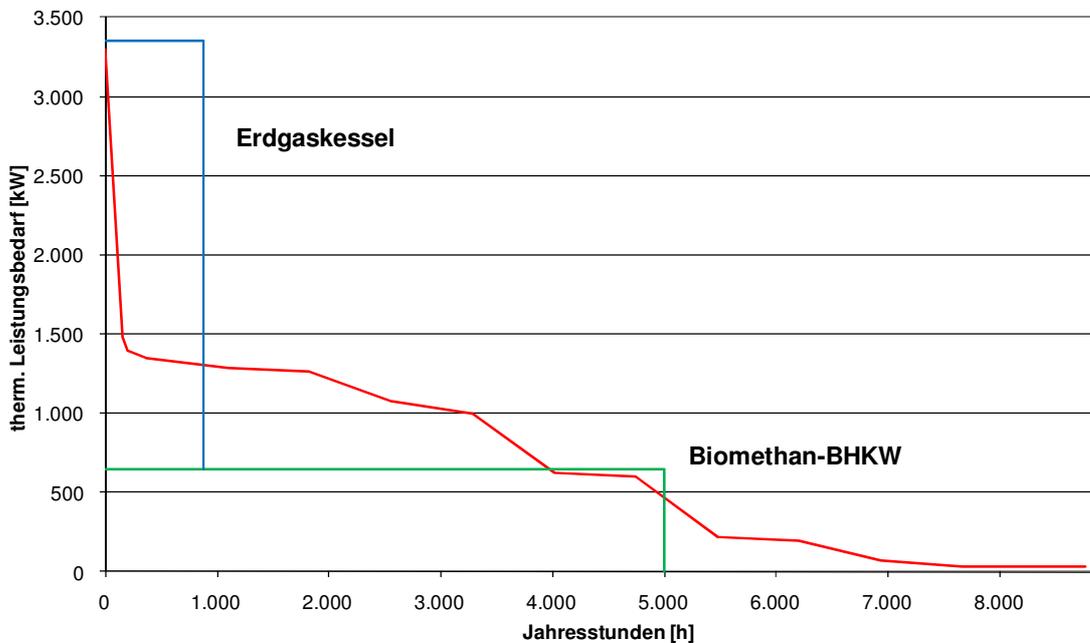


Abbildung 114: Das Nahwärmeverbundnetz „Schulzentrum“: Die Jahresdauerlinie der Variante D.4

Wärmeerzeuger		Biomethan- BHKW	Erdgaskessel
Nennwärmeleistung	[kW]	650	2.700
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	5.000	880
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	3.250.000	2.362.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	58	42

4.3.5.3 Die Investitionskostenprognose

In Abbildung 115 sind die prognostizierten Investitionskosten der einzelnen Varianten dargestellt. Die Investitionskosten der Variante D.0 sind mit rund 404.000 € am niedrigsten. Die höchsten Investitionskosten mit rund 2.230.000 € ergeben sich bei Variante D.2 mit dem Pflanzenöl-BHKW-Modul und dem Hackgutkessel.

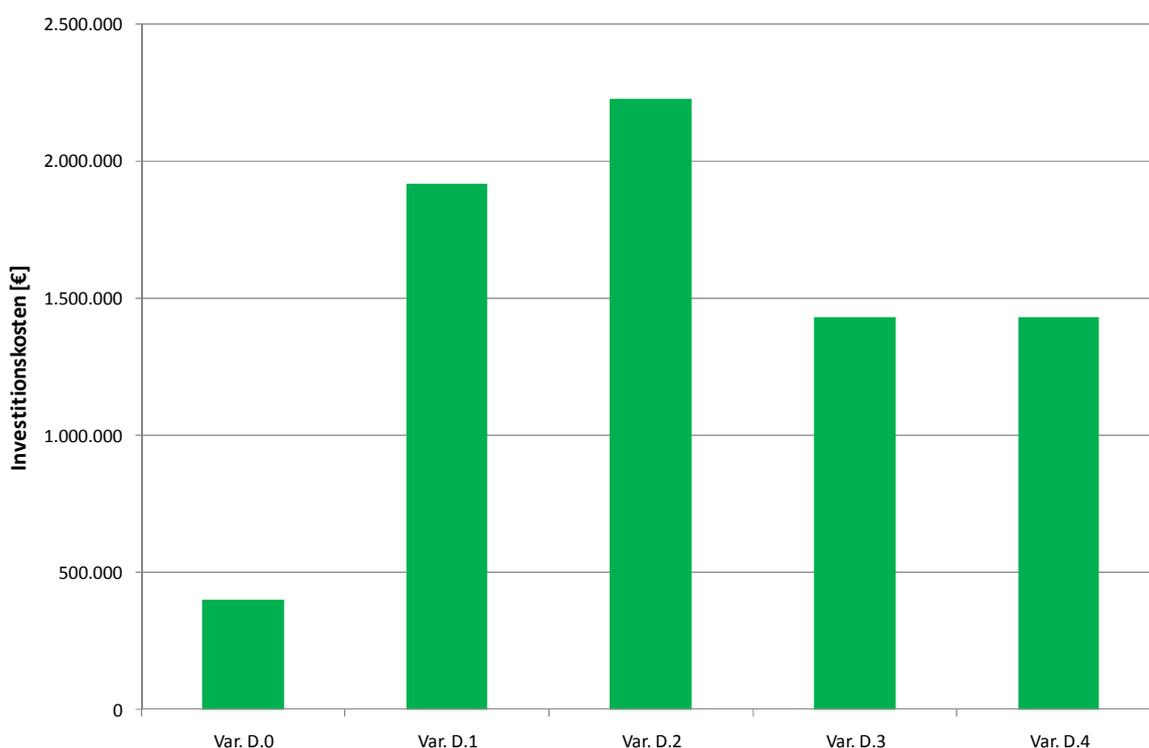


Abbildung 115: Das Nahwärmeverbundnetz „Schulzentrum“: Die prognostizierten Investitionskosten

V D.0	V D.1	V D.2	V D.3	V D.4
Erdgaskessel	Hackgutkessel	Pflanzenöl-BHKW	Erdgas-BHKW	Biomethan-BHKW
	Erdgaskessel	Hackgutkessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel
		Erdgaskessel		

4.3.5.4 Die Emissionsbilanz der Varianten

Für die verschiedenen neuen Energieversorgungsvarianten wird zur Beurteilung der ökologischen Verträglichkeit eine CO₂-Bilanzierung durchgeführt. Die folgende Aufstellung zeigt die angesetzten CO₂-Äquivalentwerte.

	Erdgas	Hackgut	Pflanzenöl	Biomethan	Strom
CO ₂ -Äquivalent [g/kWh _{END}]	244	35	129	90	633

Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Abbildung 116 dargestellt.

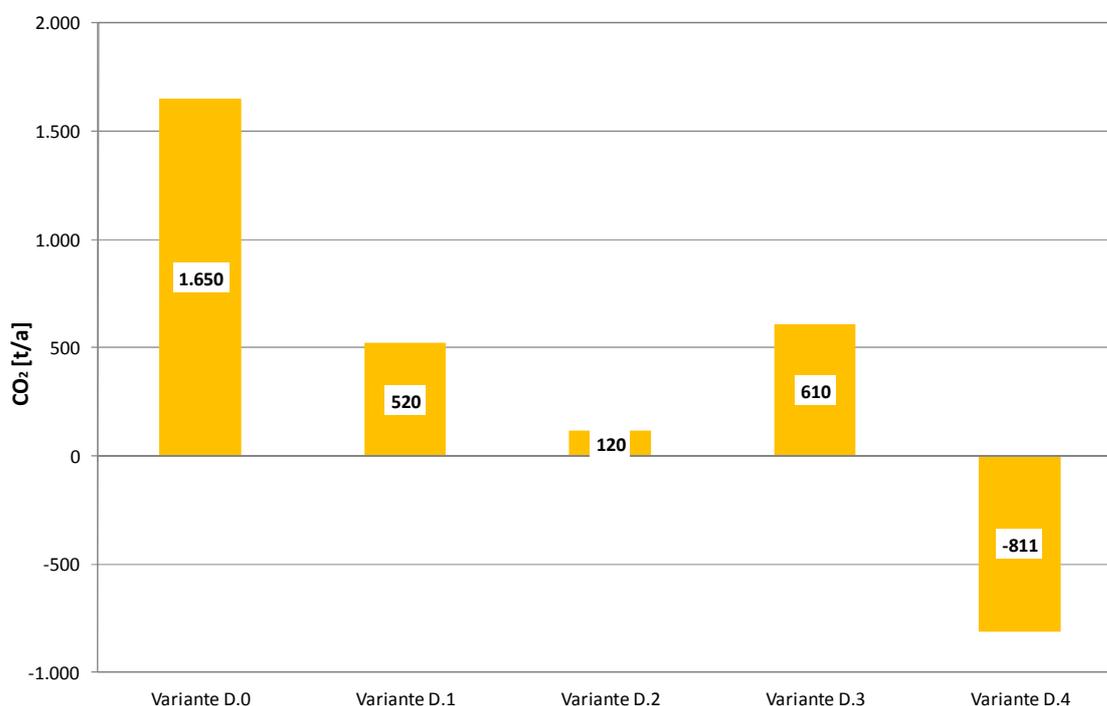


Abbildung 116: Das Nahwärmeverbundnetz „Schulzentrum“: Die CO₂-Bilanz der Varianten

V D.0	V D.1	V D.2	V D.3	V D.4
Erdgaskessel	Hackgutkessel Erdgaskessel	Pflanzenöl-BHKW Hackgutkessel Erdgaskessel	Erdgas-BHKW Erdgaskessel	Biomethan-BHKW Erdgaskessel

Die höchsten CO₂-Emissionen ergeben sich bei Variante D.0 (Referenz). Die niedrigsten CO₂-Emissionen ergeben sich bei Variante D.4 mit einem Biomethan-BHKW-Modul durch die gleichzeitige Produktion von Strom und Wärme sowie den Einsatz eines regenerativen Brennstoffes. Die negativen CO₂-Emissionen der Variante D.4 resultieren aus der Gutschrift bezüglich der Einspeisung des produzierten Stromes in das öffentliche Versorgungsnetz.

4.3.6 Variante E – lokales Nahwärmeverbundnetz „OT Gartenberg“

Im Nahwärmeverbundnetz „Gartenberg“ werden folgende kommunale Liegenschaften betrachtet:

- Hallenbad
- Bücherei mit Jugendzentrum
- Adalbert-Stifter-Hauptschule
- Gymnasium und Realschule Geretsried.

Diese kommunalen Liegenschaften werden alle in den Nahwärmeverbund integriert. Zusätzlich werden die Verbraucher der folgenden Straßen an das Nahwärmeverbundnetz angeschlossen:

- Karl-Lederer-Platz
- Adalbert-Stifter-Straße (teilweise)
- Egerlandstraße (teilweise)
- Böhmerwaldstraße (teilweise)
- Fasanenweg.

Zusätzlich werden alle Liegenschaften der Baugenossenschaft Geretsried, die in den betrachteten Straßen liegen, an das Nahwärmeverbundnetz angeschlossen. In Abbildung 117 ist ein möglicher Verlauf des Nahwärmeverbundnetzes dargestellt.

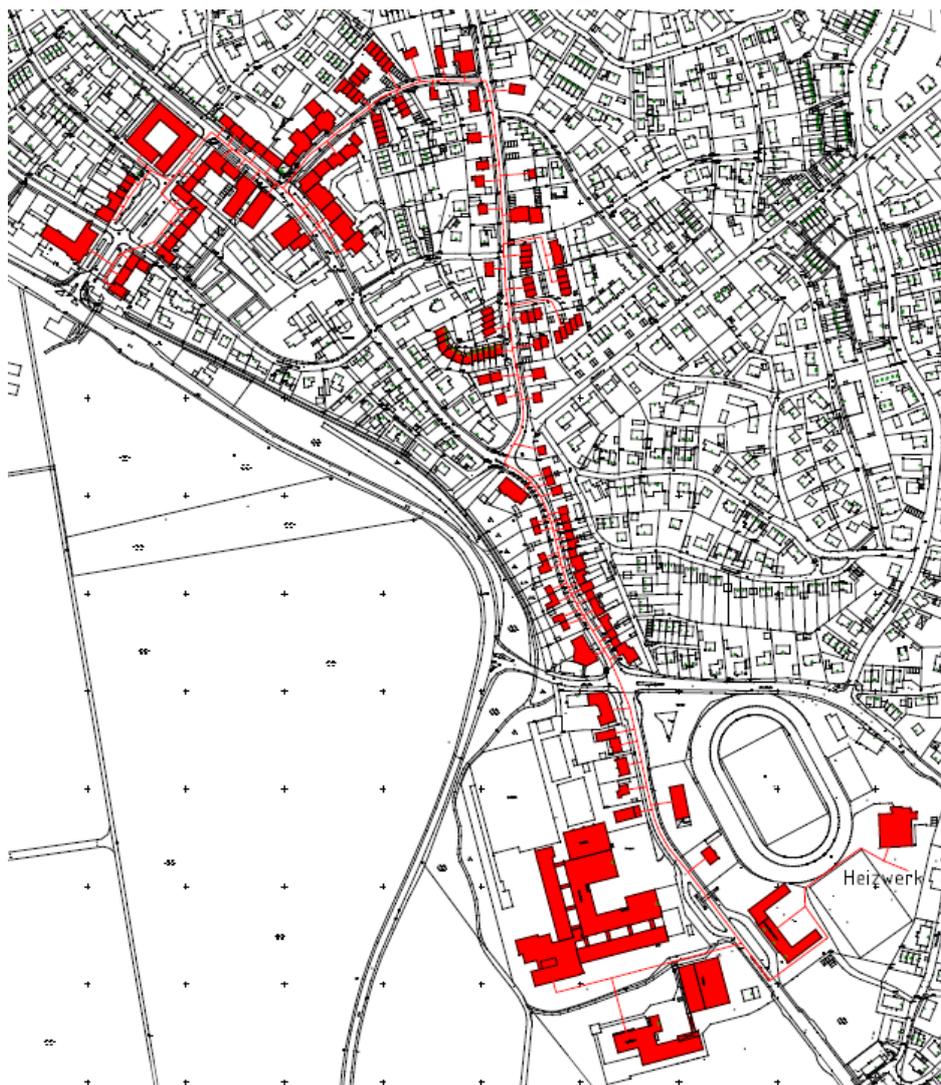


Abbildung 117: Der mögliche Verlauf des Nahwärmeverbundnetzes „OT Gartenberg“

In Tabelle 42 sind die Kenndaten des Nahwärmeverbundnetzes 4 dargestellt. Die zu installierende Spitzenleistung beträgt 10.000 kW. Das Netz hat eine Länge von etwa 4.300 Meter, die spezifische Wärmebelegung pro Meter und Jahr ist hoch, der Netzverlust beläuft sich mit jährlich rund 1.000.000 kWh auf ca. 6 % der bereitgestellten Nahwärme.

Tabelle 42: Die Kenndaten des Nahwärmeverbundnetzes E „OT Gartenberg“

Netzlänge	4.300	[m]
Heizleistung	10.000	[kW]
abgesetzte Nahwärme	16.000.000	[kWh/a]
Wärmebelegung	hoch	[-]

4.3.6.1 Der Gesamtwärmebedarf

Der jährliche Gesamtwärmebedarf des Nahwärmeverbundnetzes 4 ergibt sich aus dem Wärmebedarf der Abnehmer und dem Netzverlust. Mit einem Wärmebedarf von rund 16.000.000 kWh und einem Netzverlust von rund 1.000.000 kWh ergibt sich ein jährlicher Gesamtwärmebedarf von rund 17.000.000 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 118 ist der monatliche Gesamtwärmebedarf des Nahwärmeverbundnetzes 4 dargestellt.

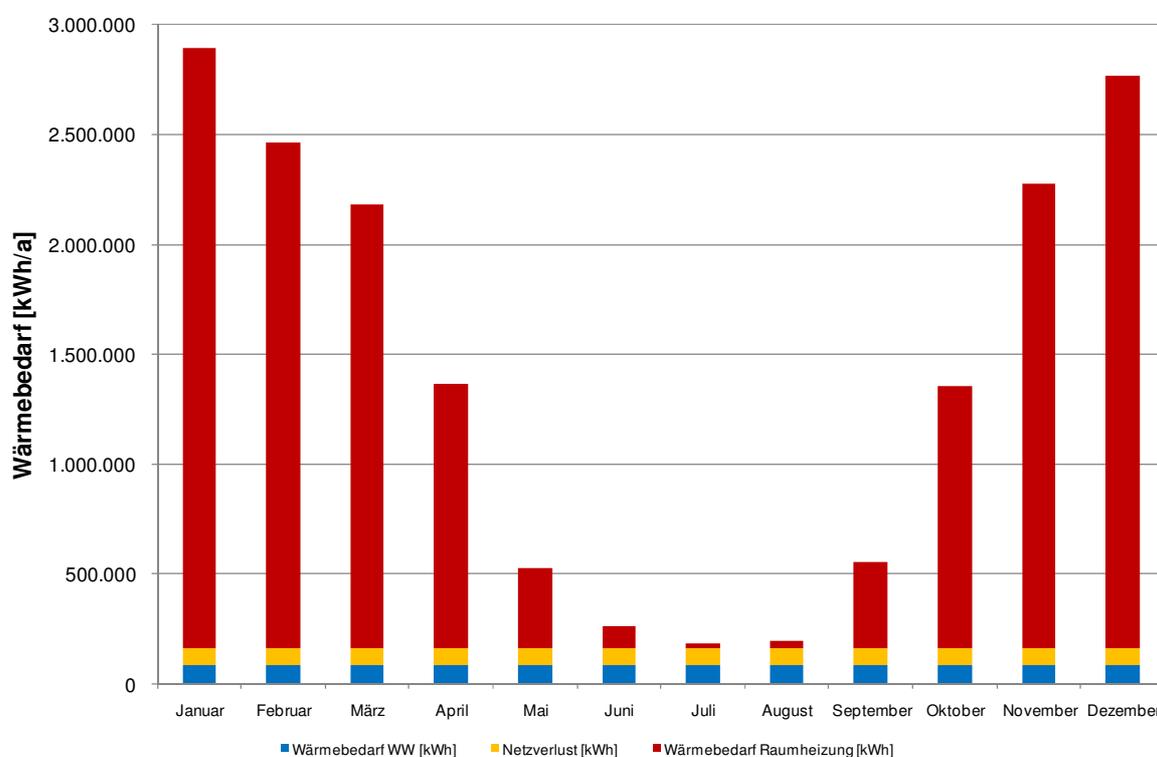


Abbildung 118: Der monatliche Gesamtwärmebedarf des Nahwärmeverbundnetzes

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 Jahresnutzwärmebedarf. Idealerweise sollten sich die meist modular aufgebauten, d.h. in Grund- und Spitzenlastabdeckung unterteilten Heizanlagen systeme, der Jahresdauerlinie annähern.

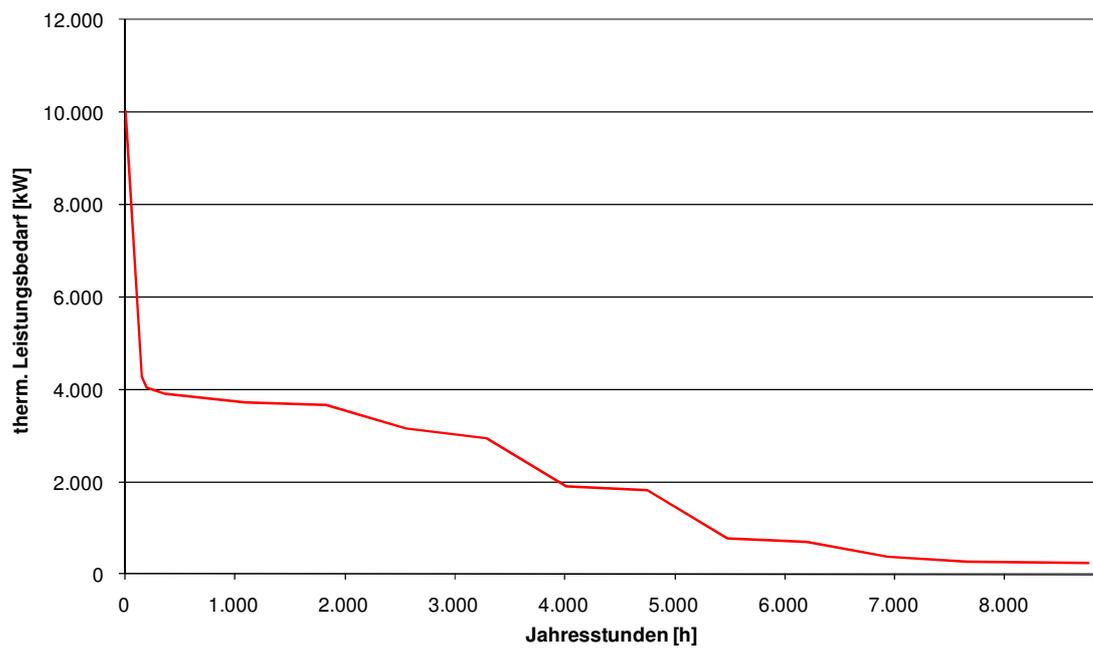


Abbildung 119: Die geordnete Jahresdauerlinie des thermischen Leistungsbedarfs des Nahwärmeverbundnetzes

4.3.6.2 Die Versorgungsvarianten

Variante E.0: Dezentrale Erdgaskessel als Referenzvariante

Bei Variante E.0, die als Referenzvariante dient, wird die dezentrale Wärmeerzeugung in jeder Liegenschaft separat betrachtet.

Variante E.1: Hackgutkessel mit Spitzenlastkessel

Bei Variante E.1 wird zur Grundlastabdeckung ein Hackgutkessel mit einer Nennwärmeleistung von 2.000 kW eingesetzt. Zur Abdeckung der Mittellast wird ein ebenfalls ein Hackgutkessel mit einer Nennwärmeleistung von 2.000 kW installiert. Zur Deckung der Spitzenlast wird ein Erdgaskessel mit einer Nennwärmeleistung von 6.000 kW eingesetzt. Abbildung 120 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher vorgesehen, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für den Hackgutkessel, der zur Deckung der Grundlast vorgesehen ist, ergeben sich etwa 5.000 Vollbenutzungsstunden im Jahr. Der Hackgutkessel, der zur Deckung der Mittellast installiert wird, ist rund 2.500 Vollbenutzungsstunden im Einsatz.

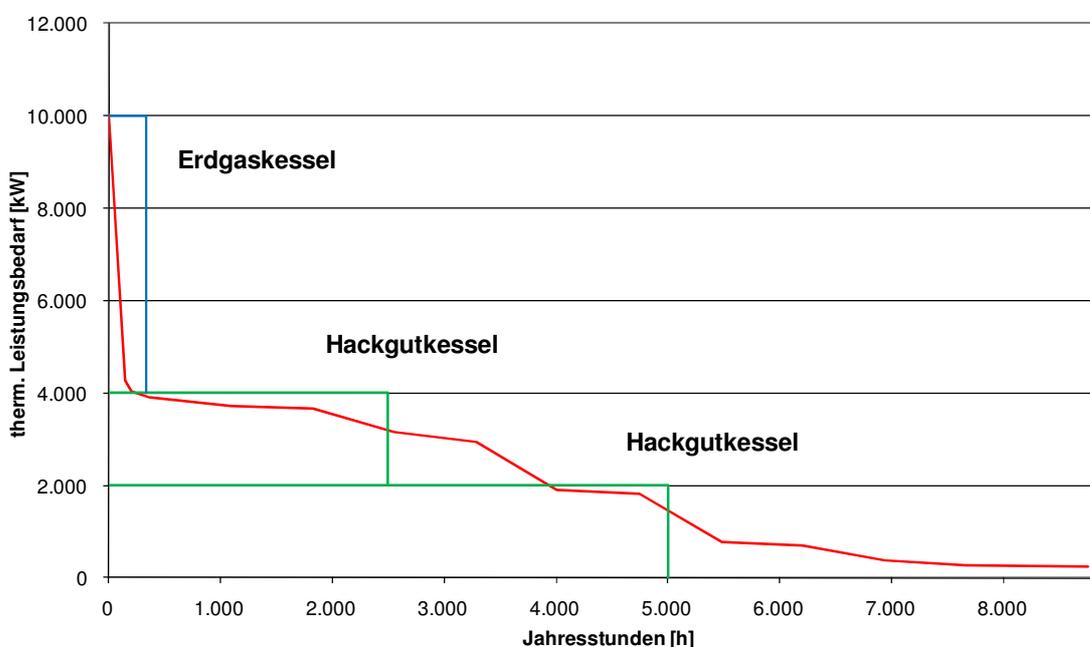


Abbildung 120: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Gartenberg“: Die Jahresdauerlinie der Variante E.1

Wärmeerzeuger		Hackgutkessel	Hackgutkessel	Erdgaskessel
Nennwärmeleistung	[kW]	2.000	2.000	6.000
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	5.000	2.500	340
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	10.000.000	5.000.000	2.024.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	59	29	12

Variante E.2: Pflanzenöl-BHKW-Modul mit Hackgutkessel und Spitzenlastkessel

Bei Variante E.2 wird zur Grundlastabdeckung ein Pflanzenöl-BHKW-Modul mit einer thermischen Leistung von 150 kW und einer elektrischen Leistung von 150 kW und ein Hackgutkessel mit einer Nennwärmeleistung von 2.000 kW eingesetzt. Zur Abdeckung der Mittellast wird ein Hackgutkessel mit einer Nennwärmeleistung von 2.000 kW installiert. Zur Deckung der Spitzenlast wird ein Erdgaskessel mit einer Nennwärmeleistung von 5.900 kW eingesetzt. Abbildung 121 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher vorgesehen, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für das Pflanzenöl-BHKW-Modul ergeben sich etwa 8.000 Vollbenutzungsstunden im Jahr. Für den Hackgutkessel, der zur Deckung der Grundlast vorgesehen ist, ergeben sich etwa 4.800 Vollbenutzungsstunden im Jahr. Der Hackgutkessel, der zur Deckung der Mittellast installiert wird, ist rund 2.300 Vollbenutzungsstunden im Einsatz.

Das Pflanzenöl-BHKW-Modul erzeugt jährlich rund 1.200.000 kWh an elektrischer Energie, die in das öffentliche Netz eingespeist und nach dem EEG (Erneuerbare Energien Gesetz) vergütet werden.

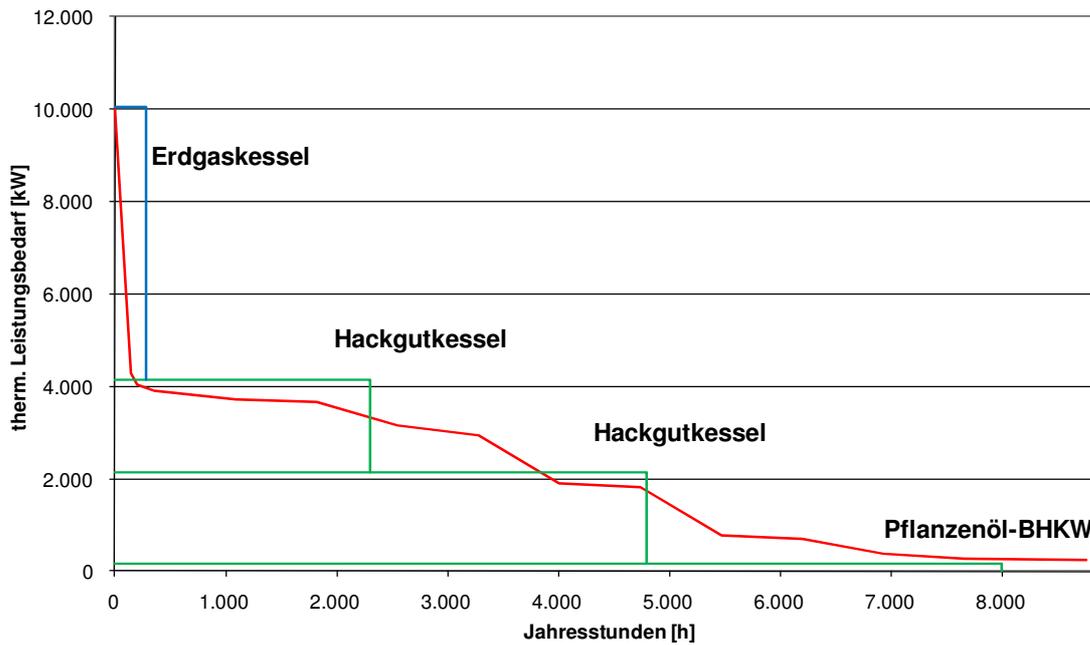


Abbildung 121: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Gartenberg“: Die Jahresdauerlinie der Variante E.2

Wärmeerzeuger		Pflanzenöl- BHKW	Hackgutkessel	Hackgutkessel	Erdgaskessel
Nennwärmeleistung	[kW]	150	2.000	2.000	5.900
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	8.000	4.800	2.300	275
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	1.200.000	9.600.000	4.600.000	1.624.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	7	56	27	10

Variante E.3: Erdgas-BHKW-Modul mit Spitzenlastkessel

Bei Variante E.3 wird zur Grundlastabdeckung ein Erdgas-BHKW-Modul mit einer thermischen Leistung von 2.000 kW und einer elektrischen Leistung von 2000 kW eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung wird ein Erdgaskessel mit einer Nennwärmeleistung von 8.000 kW eingesetzt. Abbildung 122 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher vorgesehen, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für das Erdgas-BHKW-Modul ergeben sich etwa 5.000 Vollbenutzungsstunden im Jahr.

Das Erdgas-BHKW-Modul erzeugt jährlich rund 10.000.000 kWh an elektrischer Energie, die zu 100 Prozent in das öffentliche Netz eingespeist werden und nach dem KWKG-Gesetz vergütet werden.

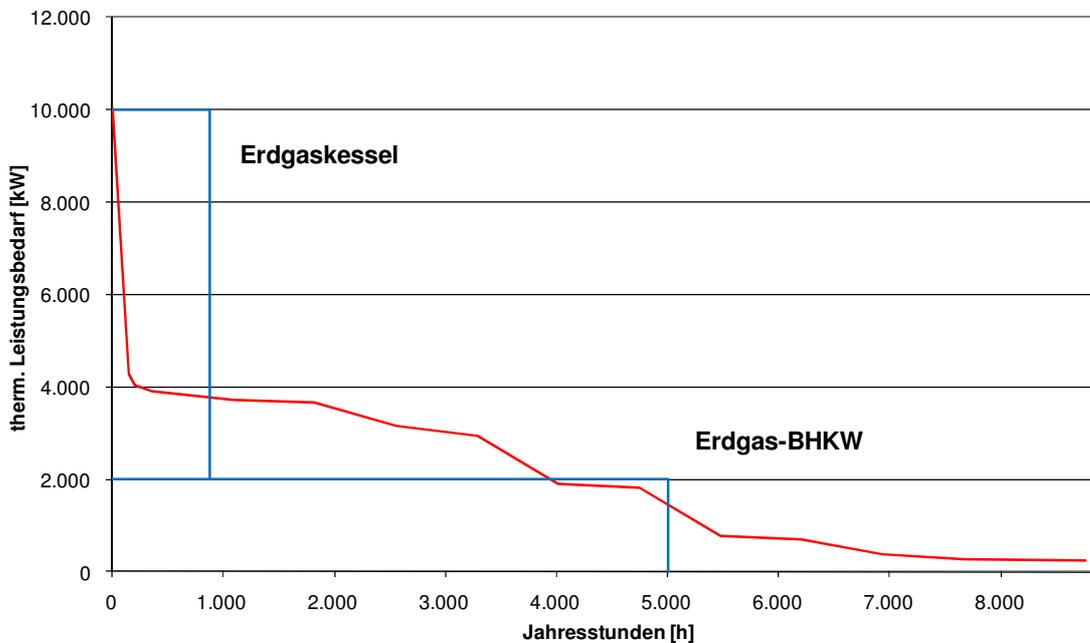


Abbildung 122: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Gartenberg“: Die Jahresdauerlinie der Variante E.3

Wärmeerzeuger		Erdgas- BHKW	Erdgaskessel
Nennwärmeleistung	[kW]	2.000	8.000
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	5.000	880
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	10.000.000	7.024.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	59	41

Variante E.4: Biomethan-BHKW-Modul mit Spitzenlastkessel

Bei Variante E.4 wird zur Grundlastabdeckung ein Biomethan-BHKW-Modul mit einer thermischen Leistung von 2.000 kW und einer elektrischen Leistung von 2000 kW eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung wird ein Erdgaskessel mit einer Nennwärmeleistung von 8.000 kW eingesetzt. Abbildung 123 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher vorgesehen, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für das Biomethan-BHKW-Modul ergeben sich etwa 5.000 Vollbenutzungsstunden im Jahr.

Das Biomethan-BHKW-Modul erzeugt jährlich rund 10.000.000 kWh an elektrischer Energie, die in das öffentliche Netz eingespeist und nach dem EEG (Erneuerbare Energien Gesetz) vergütet werden.

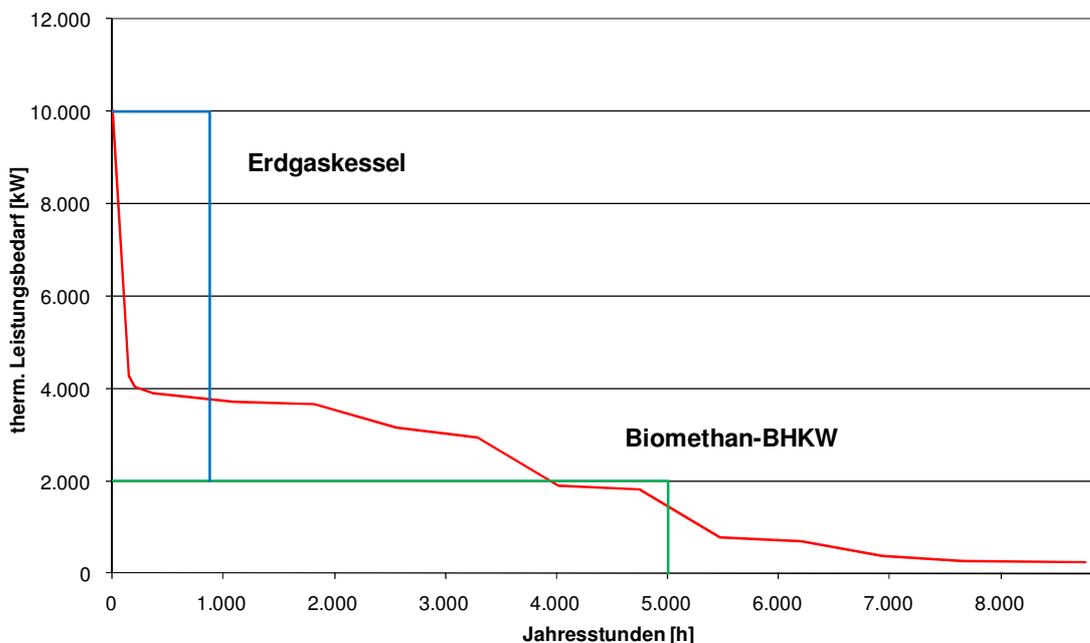


Abbildung 123: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Gartenberg“: Die Jahresdauerlinie der Variante E.4

Wärmeerzeuger		Biomethan- BHKW	Erdgaskessel
Nennwärmeleistung	[kW]	2.000	8.000
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	5.000	880
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	10.000.000	7.024.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	59	41

Variante E.5: Hackgut-ORC-Anlage mit Spitzenlastkessel

Bei Variante E.5 wird zur Grundlastabdeckung eine Hackgut-ORC-Anlage mit einer thermischen Leistung von 2.190 kW und einer elektrischen Leistung von 470 kW eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung kommt ein Erdgaskessel mit einer thermischen Nennwärmeleistung von 7.800 kW zum Einsatz. Abbildung 124 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher vorgesehen, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für die Hackgut-ORC-Anlage ergeben sich etwa 5.000 Vollbenutzungsstunden im Jahr.

Die Hackgut-ORC-Anlage erzeugt jährlich rund 2.350.000 kWh an elektrischer Energie, die in das öffentliche Netz eingespeist und nach dem EEG (Erneuerbare Energien Gesetz) vergütet werden.

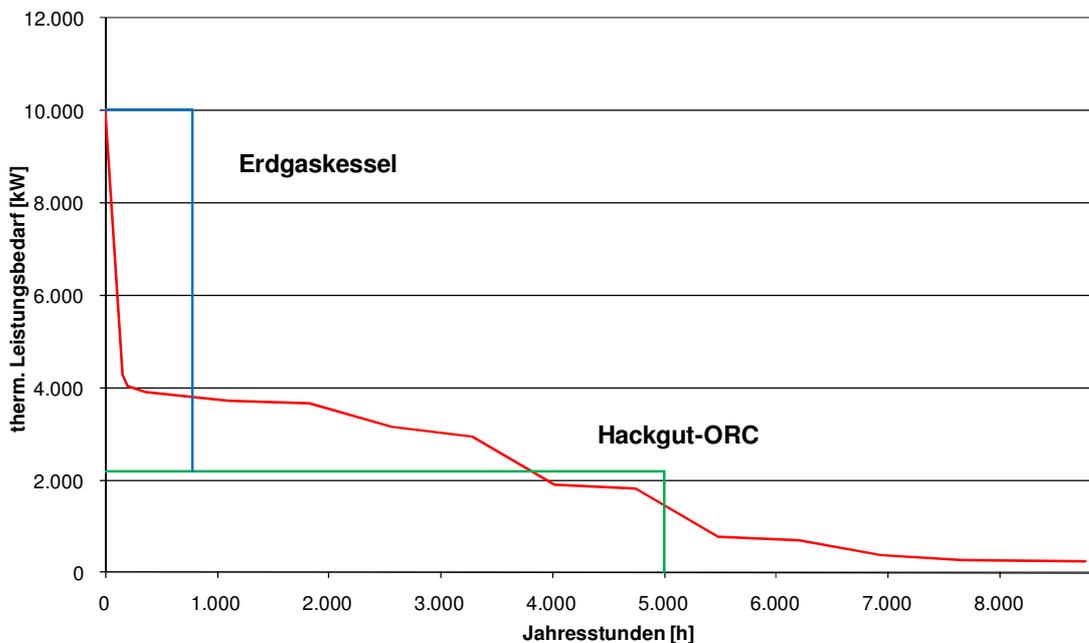


Abbildung 124: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Gartenberg“: Die Jahresdauerlinie der Variante E.5

Wärmeerzeuger		Hackgut ORC	Erdgaskessel
Nennwärmeleistung	[kW]	2.190	7.830
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	5.000	780
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	10.950.000	6.074.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	64	36

4.3.6.3 Die Investitionskostenprognose

In Abbildung 125 sind die prognostizierten Investitionskosten der einzelnen Varianten dargestellt. Die Investitionskosten der Variante E.0 sind mit rund 2.430.000 € am niedrigsten. Die höchsten Investitionskosten mit rund 8.300.000 € ergeben sich bei Variante E.5 mit der Hackgut-ORC-Anlage.

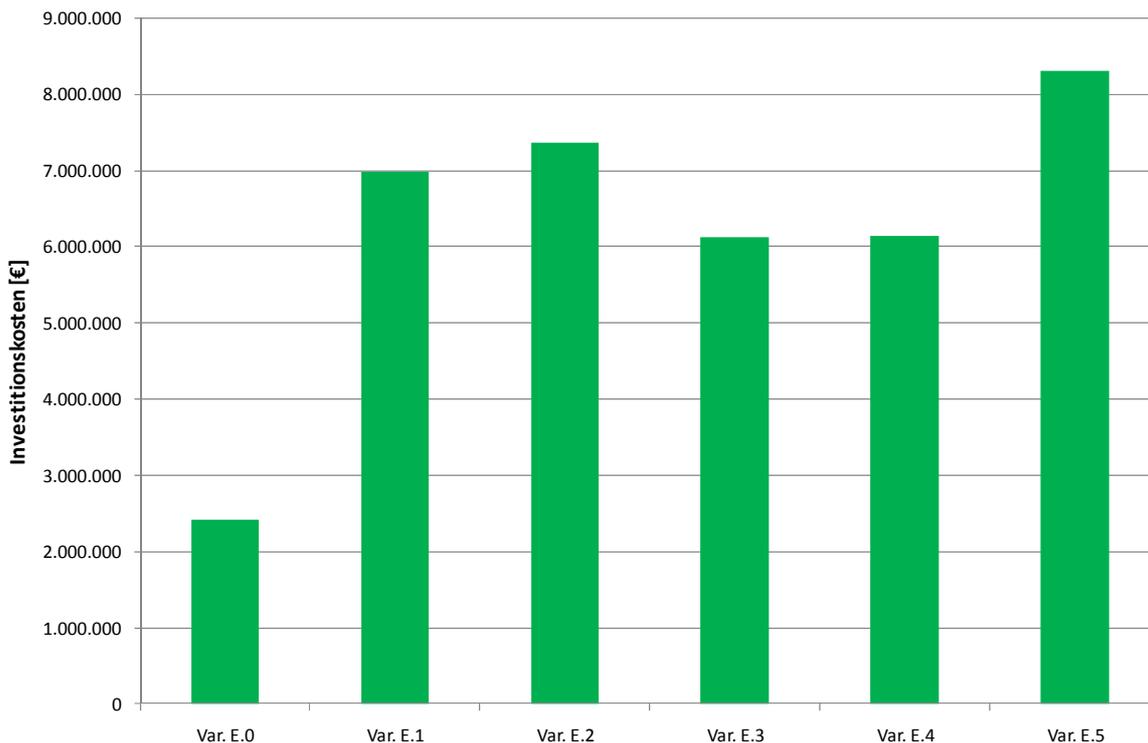


Abbildung 125: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Gartenberg“: Die prognostizierten Investitionskosten

V E.0	V E.1	V E.2	V E.3	V E.4	V E.5
Erdgaskessel	Hackgutkessel	Pflanzenöl-BHKW	Erdgas-BHKW	Biomethan-BHKW	Hackgut-ORC
	Hackgutkessel	Hackgutkessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel
	Erdgaskessel	Hackgutkessel			
		Erdgaskessel			

4.3.6.4 Die Emissionsbilanz der verschiedenen Varianten

Für die verschiedenen neuen Energieversorgungsvarianten wird zur Beurteilung der ökologischen Verträglichkeit eine CO₂-Bilanzierung durchgeführt. Die folgende Aufstellung zeigt die angesetzten CO₂-Äquivalentwerte.

	Erdgas	Hackgut	Pflanzenöl	Biomethan	Strom
CO ₂ -Äquivalent [g/kWh _{END}]	244	35	129	90	633

Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Abbildung 126 dargestellt.

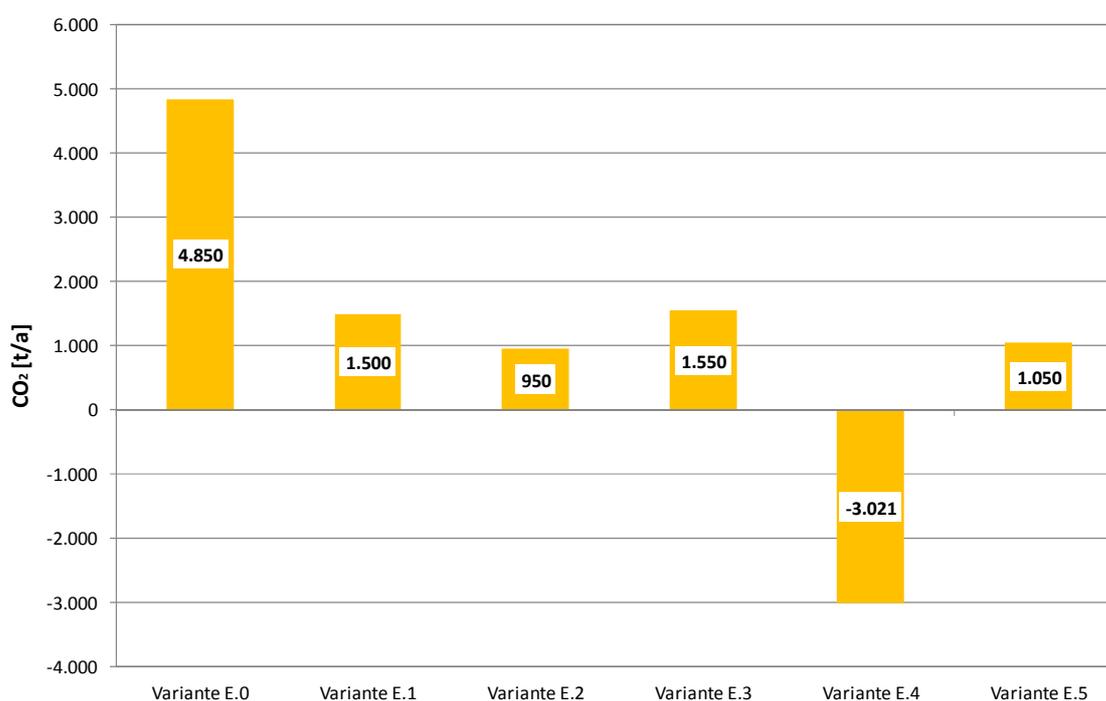


Abbildung 126: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Gartenberg“: Die CO₂-Bilanz der Varianten

V E.0	V E.1	V E.2	V E.3	V E.4	V E.5
Erdgaskessel	Hackgutkessel	Pflanzenöl-BHKW	Erdgas-BHKW	Biomethan-BHKW	Hackgut-ORC
	Hackgutkessel	Hackgutkessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel
	Erdgaskessel	Hackgutkessel			
		Erdgaskessel			

Die höchsten CO₂-Emissionen ergeben sich bei Variante E.0 (Referenz). Die niedrigsten CO₂-Emissionen ergeben sich bei Variante E.4 mit einem Biomethan-BHKW-Modul durch die gleichzeitige Produktion von Strom und Wärme sowie den Einsatz eines regenerativen Brennstoffes. Die negativen CO₂-Emissionen der Variante E.4 resultieren aus der Gutschrift bezüglich der Einspeisung des produzierten Stromes in das öffentliche Versorgungsnetz.

4.3.7 Variante F – Erneuerung der Wärmeerzeugung in der Isardammschule

Die Isardammschule befindet sich im nordöstlichen Bereich des Stadtteiles Gartenberg. Der Schulbetrieb wurde im Jahr 1970 aufgenommen, im Jahre 1991 wurde das Schulgebäude erweitert. 2004 wurden das Schulgebäude und die Turnhalle generalsaniert.

In Abbildung 127 ist die Frontansicht der Isardammschule dargestellt.



Abbildung 127: Die Isardammschule

4.3.7.1 Der Jahreswärmebedarf

Der jährliche Gesamtwärmebedarf der Isardammschule ergibt sich aus dem Wärmebedarf für Warmwasserbereitung und für die Beheizung des Schulgebäudes. Mit einem Wärmebedarf für die Raumheizung von rund 335.000 kWh und einem Wärmebedarf für Warmwasser von rund 33.000 kWh ergibt sich ein jährlicher Gesamtwärmebedarf von rund 368.000 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 128 ist der monatliche Gesamtwärmebedarf der Isardammschule dargestellt.

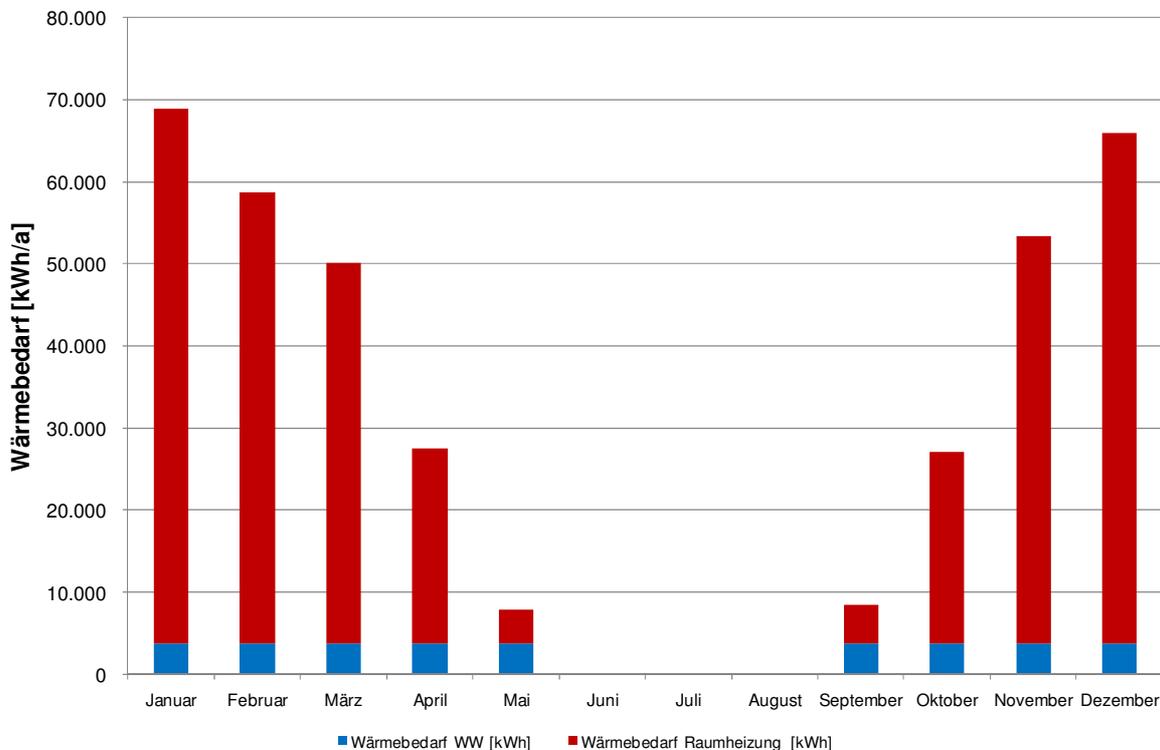


Abbildung 128: Der monatliche Gesamtwärmebedarf der Isardammschule

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 Jahresnutzwärmebedarf. Idealerweise sollten sich die meist modular aufgebauten, d.h. in Grund- und Spitzenlastabdeckung unterteilten Heizanlagensysteme, der Jahresdauerlinie annähern.

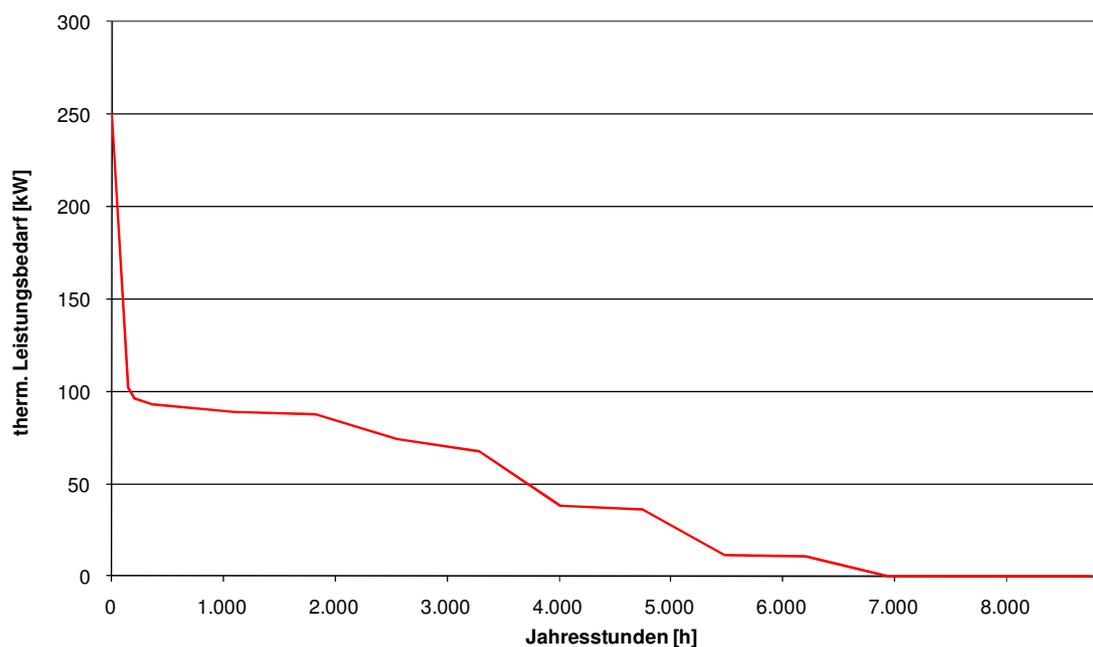


Abbildung 129: Die geordnete Jahresdauerlinie des thermischen Leistungsbedarfs der Isardammschule

4.3.7.2 Die Versorgungsvarianten

Variante F.0: moderner Erdgaskessel als Referenzvariante

Bei Variante F.0, die als Referenzvariante anzusehen ist, dient ein Erdgaskessel mit einer thermischen Nennwärmeleistung von 250 kW zur Abdeckung des Wärmebedarfs. Abbildung 130 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern.

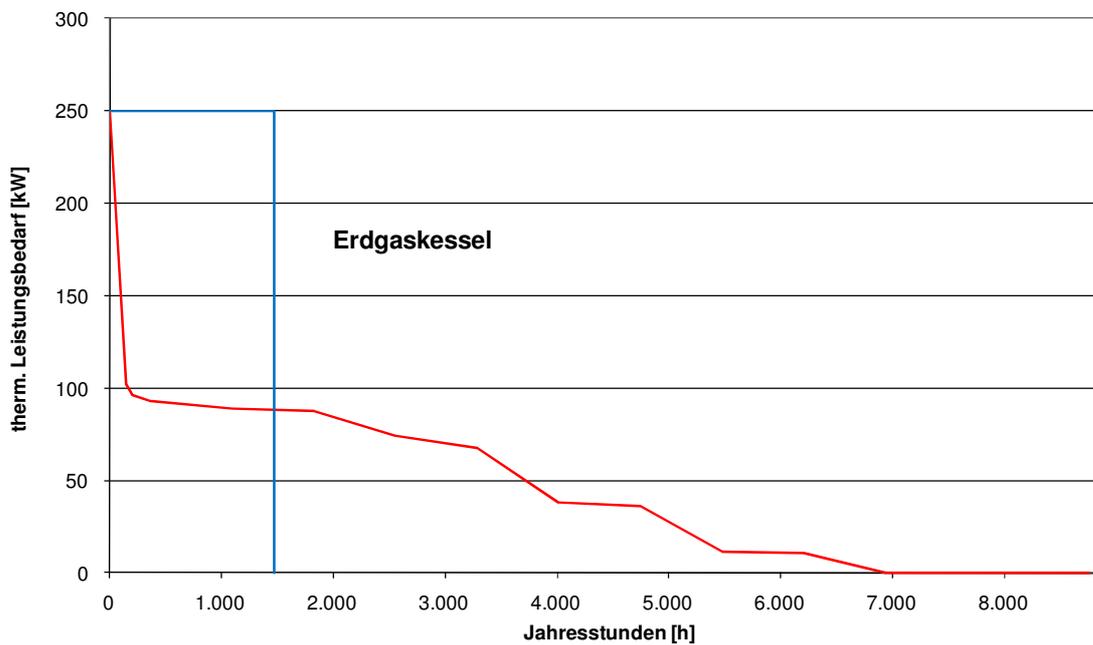


Abbildung 130: Die Isardammschule: Die Jahresdauerlinie der Variante F.0

Wärmeerzeuger		Erdgaskessel
Nennwärmeleistung	[kW]	250
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	1.480
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	368.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	100

Variante F.1: Hackgutkessel mit Spitzenlastkessel

Bei Variante F.1 wird zur Grundlastabdeckung ein Hackgutkessel mit einer Nennwärmeleistung von 100 kW eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung kommt ein Erdgaskessel mit einer Nennwärmeleistung von 150 kW zum Einsatz. Abbildung 131 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher vorgesehen, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für den Hackgutkessel ergeben sich etwa 3.000 Vollbenutzungsstunden im Jahr.

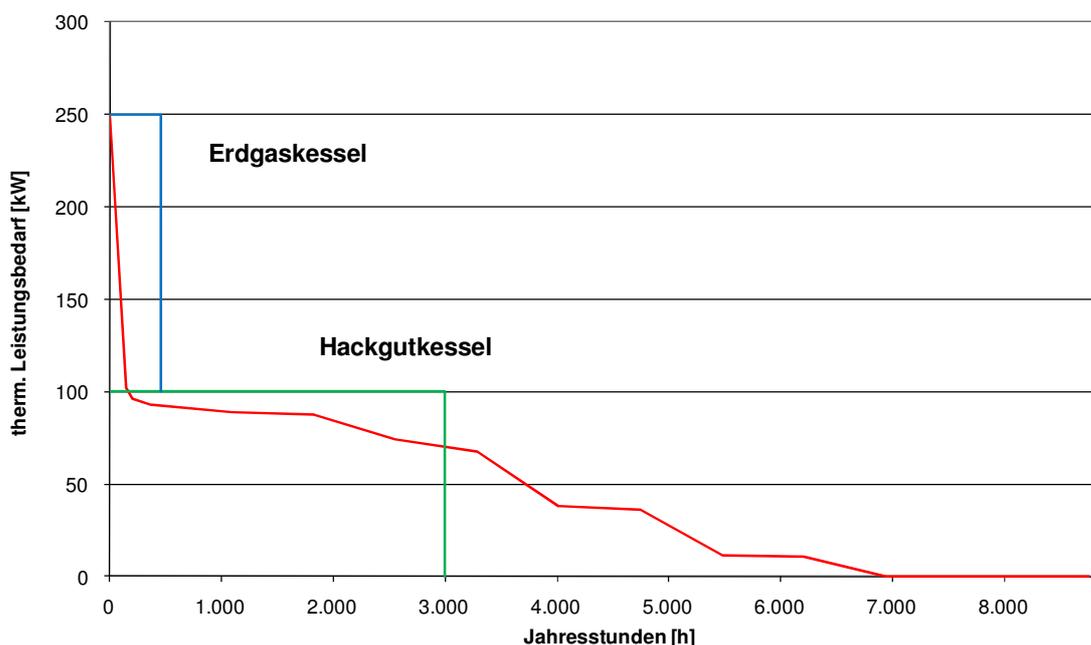


Abbildung 131: Die Isardammschule: Die Jahresdauerlinie der Variante F.1

Wärmeerzeuger		Hackgutkessel	Erdgaskessel
Nennwärmeleistung	[kW]	100	150
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	3.000	460
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	300.000	68.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	82	18

Variante F.2: Pelletkessel mit Spitzenlastkessel

Bei Variante F.2 wird zur Grundlastabdeckung ein Pelletkessel mit einer Nennwärmeleistung von 100 kW eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung kommt ein Erdgaskessel mit einer Nennwärmeleistung von 150 kW zum Einsatz. Abbildung 132 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Es wird ein Pufferspeicher vorgesehen, um Schwankungen im Wärmebedarf auszugleichen. Für den Pelletkessel ergeben sich etwa 3.000 Vollbenutzungsstunden im Jahr.

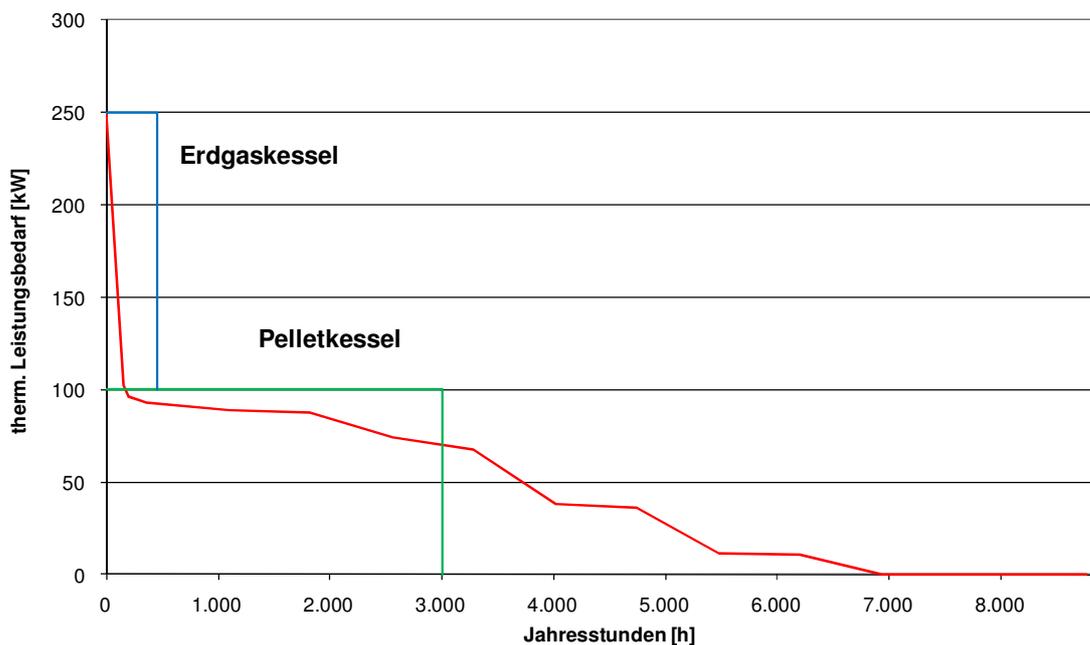


Abbildung 132: Die Isardammschule: Die Jahresdauerlinie der Variante F.2

Wärmeerzeuger		Pelletkessel	Erdgaskessel
Nennwärmeleistung	[kW]	100	150
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	3.000	460
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	300.000	68.000
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	82	18

4.3.7.3 Die Investitionskostenprognose

In Abbildung 133 sind die prognostizierten Investitionskosten der einzelnen Varianten dargestellt. Die Investitionskosten der Variante F.0 sind mit rund 34.000 € am niedrigsten. Die Investitionskosten der Varianten F.1 und F.2 sind mit grob 130.000 € ähnlich hoch.

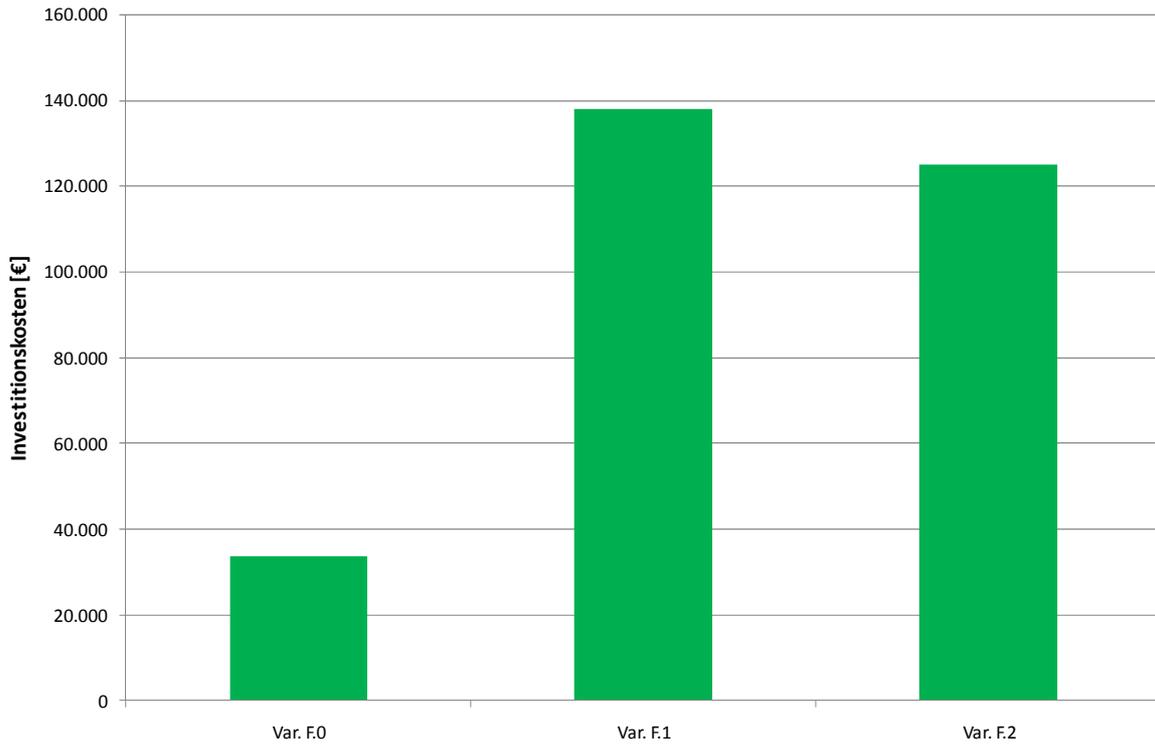


Abbildung 133: Die Isardammschule: Die prognostizierten Investitionskosten

V F.0	V F.1	V F.2
Erdgaskessel	Hackgutkessel	Pelletsessel
	Erdgaskessel	Erdgaskessel

4.3.7.4 Die Emissionsbilanz der verschiedenen Varianten

Für die verschiedenen neuen Energieversorgungsvarianten wird zur Beurteilung der ökologischen Verträglichkeit eine CO₂-Bilanzierung durchgeführt. Die folgende Aufstellung zeigt die angesetzten CO₂-Äquivalentwerte.

	Erdgas	Hackgut	Pellet
CO ₂ -Äquivalent [g/kWh _{END}]	244	35	41

Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Abbildung 134 dargestellt.

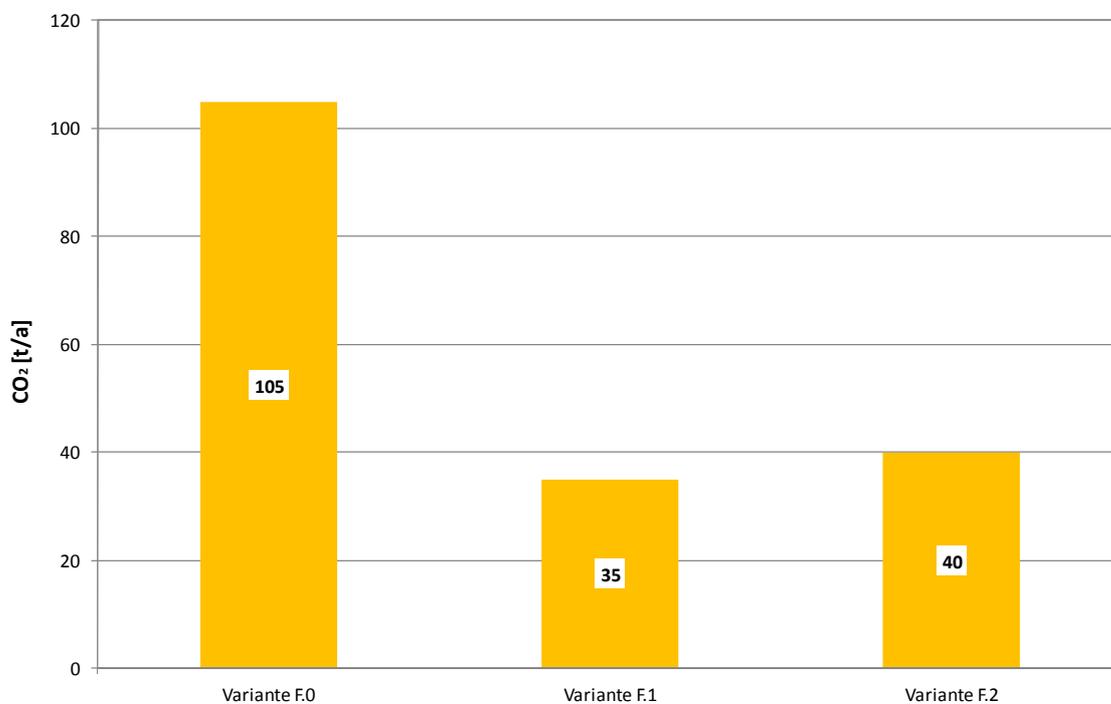


Abbildung 134: Die Isardammschule: Die CO₂-Bilanz der Varianten

V F.0	V F.1	V F.2
Erdgaskessel	Hackgutkessel	Pelletsessel
	Erdgaskessel	Erdgaskessel

Die höchsten CO₂-Emissionen ergeben sich bei Variante F.0 (Referenz). Die niedrigsten CO₂-Emissionen ergeben sich bei Variante F.1 mit einem Hackgutkessel durch den Einsatz eines regenerativen Brennstoffes.

4.3.8 Variante G – Sanierung der Gebäudehülle an Bestandsgebäuden

Im folgenden Kapitel werden die Potentiale zur Energieeinsparung und somit zur Vermeidung von CO₂-Emissionen mittels energetischer Sanierung der bestehenden Gebäudehüllen untersucht. Diese Analyse wird für verschiedene Baualterklassen durchgeführt. Diese sind wie folgt aufgeteilt:

- Baualterklasse I: Baujahr bis 1918*
- Baualterklasse II: Baujahr 1919 bis 1948*
- Baualterklasse III: Baujahr 1949 bis 1968
- Baualterklasse IV: Baujahr 1969 bis 1978
- Baualterklasse V: Baujahr 1979 bis 1983
- Baualterklasse VI: Baujahr 1984 bis 1994

* Diese beiden Baualterklassen sind nicht von großer Relevanz, da die Stadt Geretsried aus den Ruinen des ansässigen Rüstungswerkes nach Ende des Zweiten Weltkrieges entstand.

Gebäude, die nach 1994 erbaut wurden, werden in dieser Potentialbetrachtung nicht berücksichtigt, da angenommen wird, dass diese noch keiner Sanierung der Gebäudehülle unterzogen werden.

Für die einzelnen Gebäudeteile dieser Baualterklassen gelten verschiedene U-Werte. Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Diese sind dem Computerprogramm „Energieberater Version 7.0.2“ für die geltenden Baujahre entnommen.

Weiterhin wurden für alle Baualterklassen allgemeine Annahmen getroffen, mit denen die anschließende Analyse durchgeführt wurde. Die allgemeinen Annahmen sind im Einzelnen:

- Gebäudetyp: freistehendes Einfamilienhaus
- Wohneinheiten: 1
- beheiztes Volumen: 600 m³
Das beheizte Volumen wurde gemäß EnEV unter Verwendung von Außenmaßen ermittelt.

- **Nutzfläche nach EnEV:** 192 m²
Die Nutzfläche wird aus dem Volumen des Gebäudes mit einem Faktor von 0,32 ermittelt. Dadurch unterscheidet sich die Nutzfläche im Allgemeinen von der tatsächlichen Fläche.
- **Lüftung:** Das Gebäude wird mittels Fensterlüftung belüftet.
- **Nutzerverhalten:** Für die nachfolgende Betrachtung wurde das EnEV-Standard-Nutzverhalten zugrundegelegt.
mittlere Temperatur: 19 °C
Luftwechselrate: 0,70 h⁻¹
- **Gebäudehülle:** In der nachfolgenden Tabelle sind die einzelnen Bauteile der Gebäudehülle mit ihren momentanen U-Werten dargestellt.

Tabelle 43: Die Aufteilung der Bauteile des Gebäudes mit den zugehörigen Flächen

Bauteil	Fläche [m ²]
oberste Geschossdecke	120
Außenwand	188
Einfachverglasung	32
Kellerdecke	120

In nachfolgender Abbildung 135 sind die für das Mustergebäude geltenden geometrischen Daten aufgezeigt.

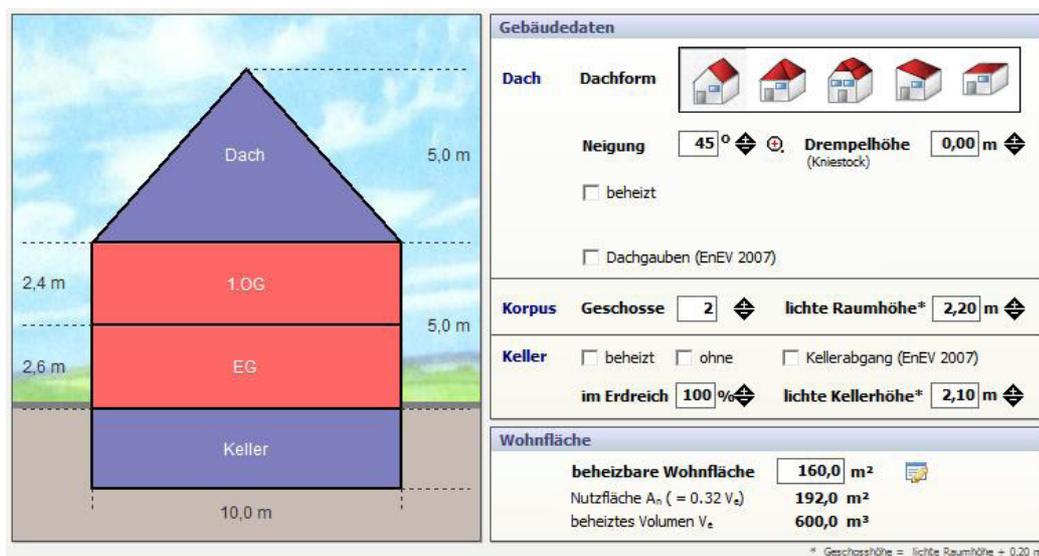


Abbildung 135: Die geometrischen Daten des Mustergebäudes

4.3.8.1 Baualterklasse I: Baujahr bis 1918

Die Bewertung des Mustergebäudes der Baualterklasse I erfolgt aufgrund des jährlichen spezifischen Heizenergiebedarfs pro m² Nutzfläche. Ausschlaggebend für den Heizenergieverbrauch sind die sog. Transmissionswärmeverluste der Gebäudehülle. Die Transmissionswärmeverluste sind abhängig vom U-Wert des verwendeten Baustoffs. In Tabelle 44 sind die typischen U-Werte verwendeter Bauteile der Gebäudehülle für die Baualterklasse I dargestellt.

Tabelle 44: Die U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile der Baualterklasse I im Ist-Zustand

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

Abbildung 136 zeigt die Einordnung des Heizwärmebedarfs für das Mustergebäude der Baualterklasse I. Der Heizwärmebedarf im Ist-Zustand beträgt rund 310 kWh/m²*a.

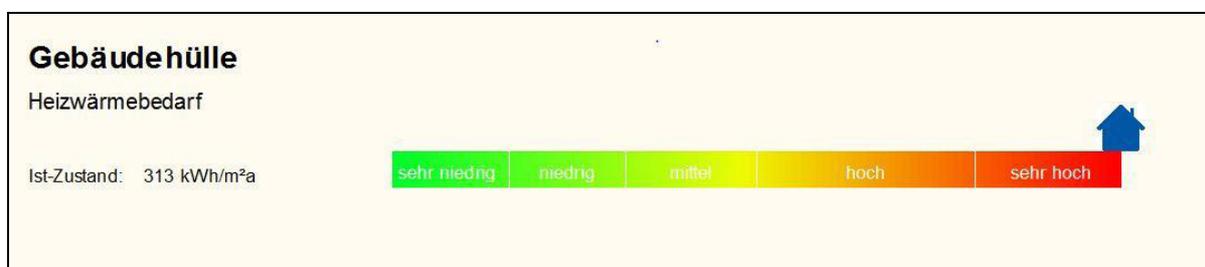


Abbildung 136: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse I im Ist-Zustand

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 45 sind die U-Werte im Ist-Zustand und nach der Sanierungsmaßnahme für die einzelnen Bauteile dargestellt.

Tabelle 45: Die U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile der Baualterklasse I im Ist-Zustand und im modernisierten Zustand

Bauteil	U-Wert Ist-Zustand [W/m ² *K]	U _{max} nach EnEV [W/m ² *K]	U-Wert nach Sanierung [W/m ² *K]
oberste Geschossdecke	2,30	0,24	0,20
Außenwand	2,00	0,24	0,22
Einfachverglasung	5,00	1,30	1,30
Kellerdecke	1,20	0,30	0,26

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen energetischen Sanierungsmaßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf für Heizwärme um 79 %. In Abbildung 137 ist die Veränderung des Heizwärmebedarfs des Mustergebäudes der Baualterklasse I vor und nach der Sanierung dargestellt.

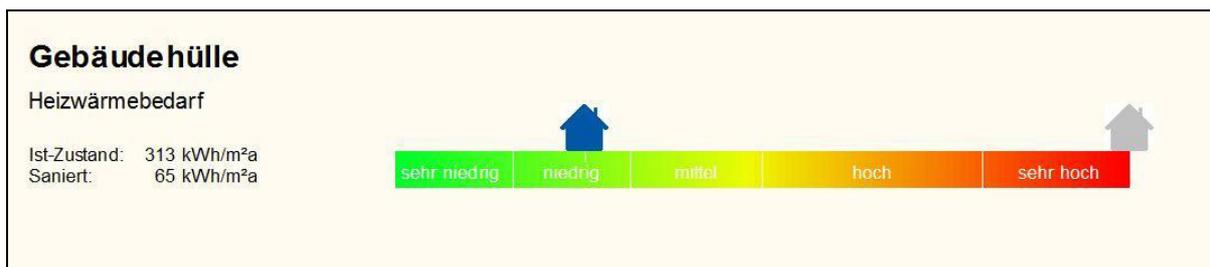


Abbildung 137: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse I im modernisierten Zustand

Der Endenergiebedarf zur Heizwärmeerzeugung beträgt im Ist-Zustand rund 61.000 kWh_{End} pro Jahr und reduziert sich durch die Sanierung der Gebäudehülle auf rund 13.000 kWh_{End}. Es ergibt sich somit eine jährliche Einsparung von rund 48.000 kWh_{End} unter der Voraussetzung des gleichen Nutzverhaltens und der gleichen Klimabedingungen.

Bei einem angenommenen Heizölpreis von 70 Cent/l ergeben sich jährliche Einsparungen von rund 3.300 Euro.

Die Investitionskostenprognose für die vorgeschlagenen energetischen Sanierungsmaßnahmen wurden anhand von allgemein anerkannten Baukostentabellen grob ermittelt und belaufen sich auf rund 80.000 €.

Dadurch ergibt sich unter den getroffenen Annahmen eine statische Amortisation der Sanierungsmaßnahmen von rund 24 Jahren.

4.3.8.2 Baualterklasse II: Baujahr 1919 bis 1948

Die Bewertung des Mustergebäudes der Baualterklasse II erfolgt aufgrund des jährlichen spezifischen Heizenergiebedarfs pro m² Nutzfläche. Ausschlaggebend für den Heizenergieverbrauch sind die s. g. Transmissionswärmeverluste der Gebäudehülle. Die Transmissionswärmeverluste sind abhängig vom U-Wert des verwendeten Baustoffs. In Tabelle 46 sind die typischen U-Werte verwendeter Bauteile der Gebäudehülle für die Baualterklasse II dargestellt.

Tabelle 46: Die U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile der Baualterklasse II im Ist-Zustand

Bauteil	U-Wert Ist-Zustand [W/m ² *K]
oberste Geschossdecke	2,10
Außenwand	1,70
Einfachverglasung	5,00
Kellerdecke	1,20

Abbildung 138 zeigt die Einordnung des Heizwärmebedarfs für das Mustergebäude der Baualterklasse II. Der Heizwärmebedarf im Ist-Zustand beträgt rund 300 kWh/m²a.

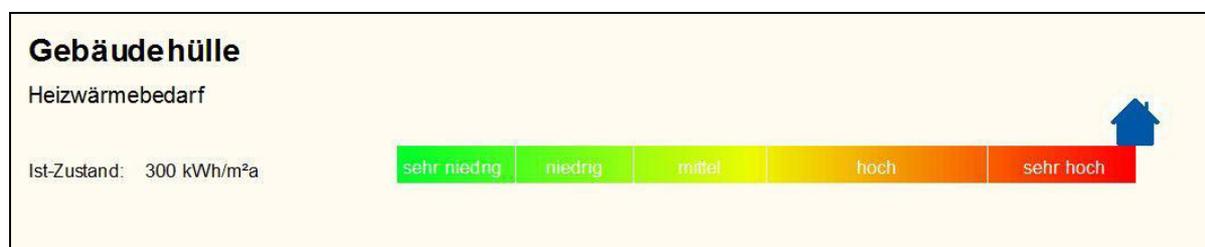


Abbildung 138: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse II im Ist-Zustand

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 47 sind die U-Werte im Ist-Zustand und nach der Sanierungsmaßnahme für die einzelnen Bauteile dargestellt.

Tabelle 47: Die U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile der Baualterklasse II im Ist-Zustand und im modernisierten Zustand

Bauteil	U-Wert Ist-Zustand [W/m ² *K]	U _{max} nach EnEV [W/m ² *K]	U-Wert nach Sanierung [W/m ² *K]
oberste Geschossdecke	2,10	0,24	0,20
Außenwand	1,70	0,24	0,22
Einfachverglasung	5,00	1,30	1,30
Kellerdecke	1,20	0,30	0,26

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen energetischen Sanierungsmaßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf für Heizwärme um 78 %. In Abbildung 139 ist die Veränderung des Heizwärmebedarfs des Mustergebäudes der Baualterklasse II vor und nach der Sanierung dargestellt.



Abbildung 139: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse II im modernisierten Zustand

Der Endenergiebedarf zur Heizwärmeerzeugung beträgt im Ist-Zustand rund 58.000 kWh_{End} pro Jahr und reduziert sich durch die Sanierung der Gebäudehülle auf rund 13.000 kWh_{End}. Es ergibt sich somit eine jährliche Einsparung von rund 45.000 kWh_{End} unter der Voraussetzung des gleichen Nutzverhaltens und der gleichen Klimabedingungen.

Bei einem angenommenen Heizölpreis von 70 Cent/l ergeben sich jährliche Einsparungen von rund 3.100 Euro.

Die Investitionskosten für die vorgeschlagenen energetischen Sanierungsmaßnahmen wurden anhand von allgemein anerkannten Baukostentabellen ermittelt und belaufen sich auf rund 80.000 €.

Dadurch ergibt sich unter den getroffenen Annahmen eine statische Amortisation der Sanierungsmaßnahmen von rund 25 Jahren.

4.3.8.3 Baualterklasse III: Baujahr 1949 bis 1968

Die Bewertung des Mustergebäudes der Baualterklasse III erfolgt aufgrund des jährlichen spezifischen Heizenergiebedarfs pro m² Nutzfläche. Ausschlaggebend für den Heizenergieverbrauch sind die s. g. Transmissionswärmeverluste der Gebäudehülle. Die Transmissionswärmeverluste sind abhängig vom U-Wert des verwendeten Baustoffs. In Tabelle 48 sind die typischen U-Werte verwendeter Bauteile der Gebäudehülle für die Baualterklasse III dargestellt.

Tabelle 48: Die U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile der Baualterklasse III im Ist-Zustand

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

Abbildung 140 zeigt die Einordnung des Heizwärmebedarfs für das Mustergebäude der Baualterklasse III. Der Heizwärmebedarf im Ist-Zustand beträgt rund 270 kWh/m²*a.

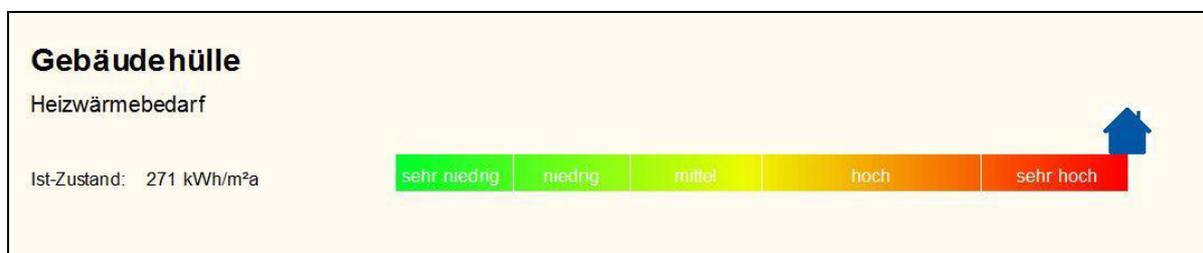


Abbildung 140: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse III im Ist-Zustand

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 49 sind die U-Werte im Ist-Zustand und nach der Sanierungsmaßnahme für die einzelnen Bauteile dargestellt.

Tabelle 49: Die U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile der Baualterklasse III im Ist-Zustand und im modernisierten Zustand

Bauteil	U-Wert Ist-Zustand [W/m ² *K]	U _{max} nach EnEV [W/m ² *K]	U-Wert nach Sanierung [W/m ² *K]
oberste Geschossdecke	2,00	0,24	0,20
Außenwand	1,40	0,24	0,21
Einfachverglasung	5,00	1,30	1,30
Kellerdecke	1,00	0,30	0,25

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen energetischen Sanierungsmaßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf für Heizwärme um 75 %. In Abbildung 141 ist die Veränderung des Heizwärmebedarfs des Mustergebäudes der Baualterklasse III vor und nach der Sanierung dargestellt.



Abbildung 141: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse III im modernisierten Zustand

Der Endenergiebedarf zur Heizwärmeerzeugung beträgt im Ist-Zustand rund 52.000 kWh_{End} pro Jahr und reduziert sich durch die Sanierung der Gebäudehülle auf rund 13.000 kWh_{End}. Es ergibt sich somit eine jährliche Einsparung von rund 39.000 kWh_{End} unter der Voraussetzung des gleichen Nutzverhaltens und der gleichen Klimabedingungen.

Bei einem angenommenen Heizölpreis von 70 Cent/l ergeben sich jährliche Einsparungen von rund 2.700 Euro.

Die Investitionskosten für die vorgeschlagenen energetischen Sanierungsmaßnahmen wurden anhand von allgemein anerkannten Baukostentabellen ermittelt und belaufen sich auf rund 80.000 €.

Dadurch ergibt sich unter den getroffenen Annahmen eine statische Amortisation der Sanierungsmaßnahmen von rund 29 Jahren.

4.3.8.4 Baualterklasse IV: Baujahr 1969 bis 1978

Die Bewertung des Mustergebäudes der Baualterklasse IV erfolgt aufgrund des jährlichen spezifischen Heizenergiebedarfs pro m² Nutzfläche. Ausschlaggebend für den Heizenergieverbrauch sind die s. g. Transmissionswärmeverluste der Gebäudehülle. Die Transmissionswärmeverluste sind abhängig vom U-Wert des verwendeten Baustoffs. In Tabelle 50 sind die typischen U-Werte verwendeter Bauteile der Gebäudehülle für die Baualterklasse IV dargestellt.

Tabelle 50: Die U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile der Baualterklasse IV im Ist-Zustand

Bauteil	U-Wert Ist-Zustand [W/m ² *K]
oberste Geschossdecke	0,60
Außenwand	1,00
Einfachverglasung	5,00
Kellerdecke	1,00

Abbildung 142 zeigt die Einordnung des Heizwärmebedarfs für das Mustergebäude der Baualterklasse IV. Der Heizwärmebedarf im Ist-Zustand beträgt rund 200 kWh/m²*a.

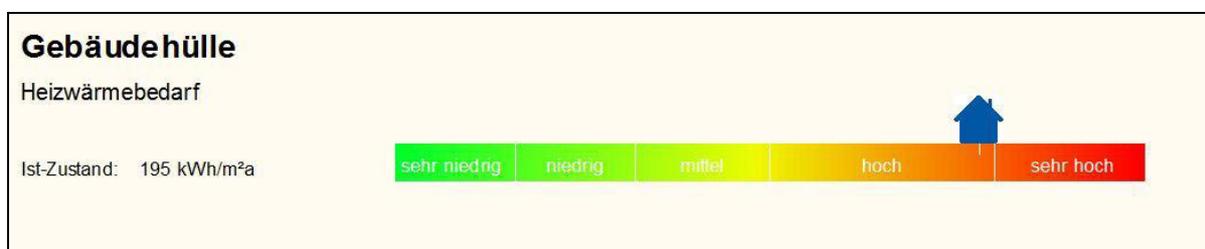


Abbildung 142: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse IV im Ist-Zustand

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 51 sind die U-Werte im Ist-Zustand und nach der Sanierungsmaßnahme für die einzelnen Bauteile dargestellt.

Tabelle 51: Die U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile der Baualterklasse IV im Ist-Zustand und im modernisierten Zustand

Bauteil	U-Wert Ist-Zustand [W/m ² *K]	U _{max} nach EnEV [W/m ² *K]	U-Wert nach Sanierung [W/m ² *K]
oberste Geschossdecke	0,60	0,24	0,16
Außenwand	1,00	0,24	0,20
Einfachverglasung	5,00	1,30	1,30
Kellerdecke	1,00	0,30	0,25

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen energetischen Sanierungsmaßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf für Heizwärme um 66 %. In Abbildung 143 ist die Veränderung des Heizwärmebedarfs des Mustergebäudes der Baualterklasse IV vor und nach der Sanierung dargestellt

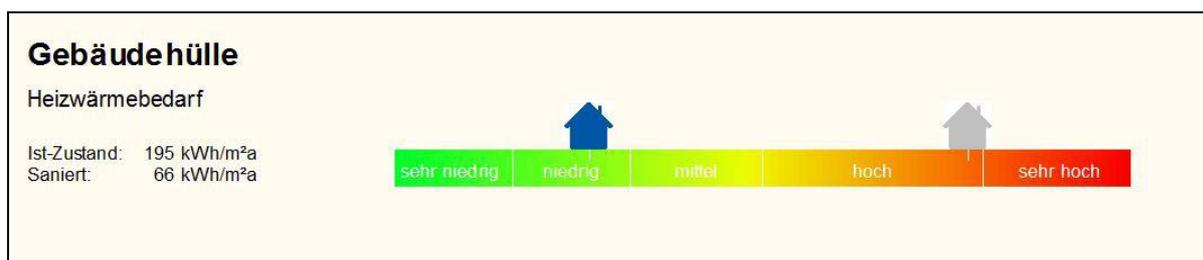


Abbildung 143: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse IV im modernisierten Zustand

Der Endenergiebedarf zur Heizwärmeerzeugung beträgt im Ist-Zustand rund 38.000 kWh_{End} pro Jahr und reduziert sich durch die Sanierung der Gebäudehülle auf rund 13.000 kWh_{End}. Es ergibt sich somit eine jährliche Einsparung von rund 25.000 kWh_{End} unter der Voraussetzung des gleichen Nutzverhaltens und der gleichen Klimabedingungen.

Bei einem angenommenen Heizölpreis von 70 Cent/l ergeben sich jährliche Einsparungen von rund 1.700 Euro.

Die Investitionskosten für die vorgeschlagenen energetischen Sanierungsmaßnahmen wurden anhand von allgemein anerkannten Baukostentabellen ermittelt und belaufen sich auf rund 80.000 €.

Dadurch ergibt sich unter den getroffenen Annahmen eine statische Amortisation der Sanierungsmaßnahmen länger als 30 Jahre.

4.3.8.5 Baualterklasse V: Baujahr 1979 bis 1983

Die Bewertung des Mustergebäudes der Baualterklasse V erfolgt aufgrund des jährlichen spezifischen Heizenergiebedarfs pro m² Nutzfläche. Ausschlaggebend für den Heizenergieverbrauch sind die s. g. Transmissionswärmeverluste der Gebäudehülle. Die Transmissionswärmeverluste sind abhängig vom U-Wert des verwendeten Baustoffs. In Tabelle 52 sind die typischen U-Werte verwendeter Bauteile der Gebäudehülle für die Baualterklasse V dargestellt.

Tabelle 52: Die U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile der Baualterklasse V im Ist-Zustand

Bauteil	U-Wert Ist-Zustand [W/m ² *K]
oberste Geschossdecke	0,50
Außenwand	0,80
Einfachverglasung	4,00
Kellerdecke	0,80

Abbildung 144 zeigt die Einordnung des Heizwärmebedarfs für das Mustergebäude der Baualterklasse V. Der Heizwärmebedarf im Ist-Zustand beträgt rund 160 kWh/m²*a.



Abbildung 144: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse V im Ist-Zustand

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 53 sind die U-Werte im Ist-Zustand und nach der Sanierungsmaßnahme für die einzelnen Bauteile dargestellt.

Tabelle 53: Die U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile der Baualterklasse V im Ist-Zustand und im modernisierten Zustand

Bauteil	U-Wert Ist-Zustand [W/m ² *K]	U _{max} nach EnEV [W/m ² *K]	U-Wert nach Sanierung [W/m ² *K]
oberste Geschossdecke	0,50	0,24	0,15
Außenwand	0,80	0,24	0,19
Einfachverglasung	4,00	0,30	1,30
Kellerdecke	0,80	0,30	0,24

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen energetischen Sanierungsmaßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf für Heizwärme um 58 %. In Abbildung 145 ist die Veränderung des Heizwärmebedarfs des Mustergebäudes der Baualterklasse V vor und nach der Sanierung dargestellt.

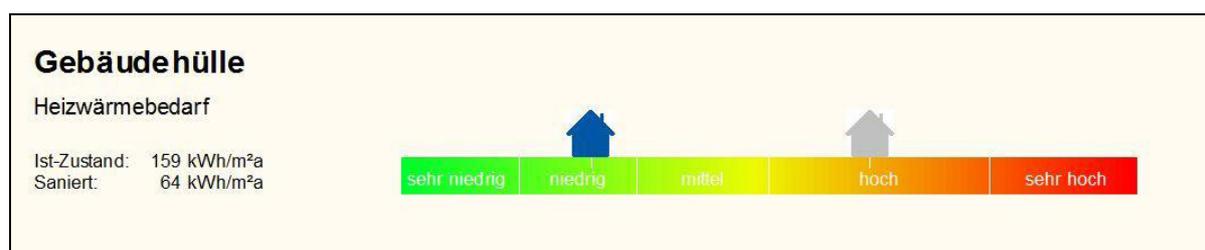


Abbildung 145: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse V im modernisierten Zustand

Der Endenergiebedarf zur Heizwärmeerzeugung beträgt im Ist-Zustand rund 31.000 kWh_{End} pro Jahr und reduziert sich durch die Sanierung der Gebäudehülle auf rund 13.000 kWh_{End}. Es ergibt sich somit eine jährliche Einsparung von rund 18.000 kWh_{End} unter der Voraussetzung des gleichen Nutzverhaltens und der gleichen Klimabedingungen.

Bei einem angenommenen Heizölpreis von 70 Cent/l ergeben sich jährliche Einsparungen von rund 1.200 Euro.

Die Investitionskosten für die vorgeschlagenen energetischen Sanierungsmaßnahmen wurden anhand von allgemein anerkannten Baukostentabellen ermittelt und belaufen sich auf rund 80.000 €.

Dadurch ergibt sich unter den getroffenen Annahmen eine statische Amortisation der Sanierungsmaßnahmen länger als 30 Jahre.

4.3.8.6 Baualterklasse VI: Baujahr 1984 bis 1994

Die Bewertung des Mustergebäudes der Baualterklasse VI erfolgt aufgrund des jährlichen spezifischen Heizenergiebedarfs pro m² Nutzfläche. Ausschlaggebend für den Heizenergieverbrauch sind die s. g. Transmissionswärmeverluste der Gebäudehülle. Die Transmissionswärmeverluste sind abhängig vom U-Wert des verwendeten Baustoffs. In Tabelle 54 sind die typischen U-Werte verwendeter Bauteile der Gebäudehülle für die Baualterklasse VI dargestellt.

Tabelle 54: Die U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile der Baualterklasse VI im Ist-Zustand

Bauteil	U-Wert Ist-Zustand [W/m ² *K]
oberste Geschossdecke	0,40
Außenwand	0,60
Einfachverglasung	3,50
Kellerdecke	0,60

Abbildung 146 zeigt die Einordnung des Heizwärmebedarfs für das Mustergebäude der Baualterklasse VI. Der Heizwärmebedarf im Ist-Zustand beträgt rund 130 kWh/m²*a.

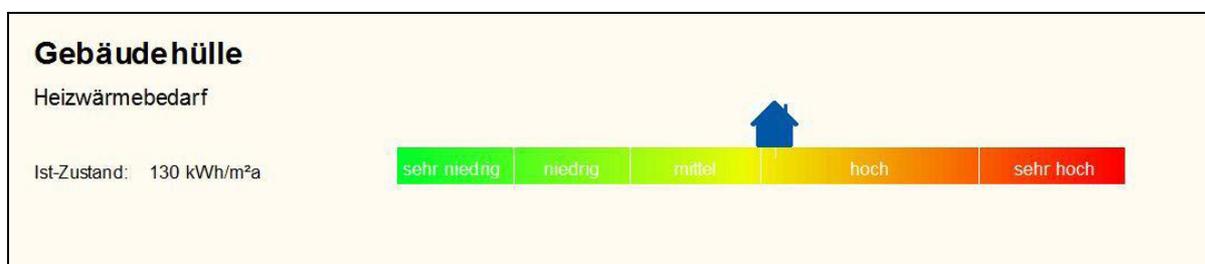


Abbildung 146: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse VI im Ist-Zustand

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 55 sind die U-Werte im Ist-Zustand und nach der Sanierungsmaßnahme für die einzelnen Bauteile dargestellt.

Tabelle 55: Die U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile der Baualterklasse VI im Ist-Zustand und im modernisierten Zustand

Bauteil	U-Wert Ist-Zustand [W/m ² *K]	U _{max} nach EnEV [W/m ² *K]	U-Wert nach Sanierung [W/m ² *K]
oberste Geschossdecke	0,40	0,24	0,14
Außenwand	0,60	0,24	0,18
Einfachverglasung	3,50	1,30	1,30
Kellerdecke	0,60	0,30	0,21

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen energetischen Sanierungsmaßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf für Heizwärme um 48 %. In Abbildung 147 ist die Veränderung des Heizwärmebedarfs des Mustergebäudes der Baualterklasse VI vor und nach der Sanierung dargestellt.

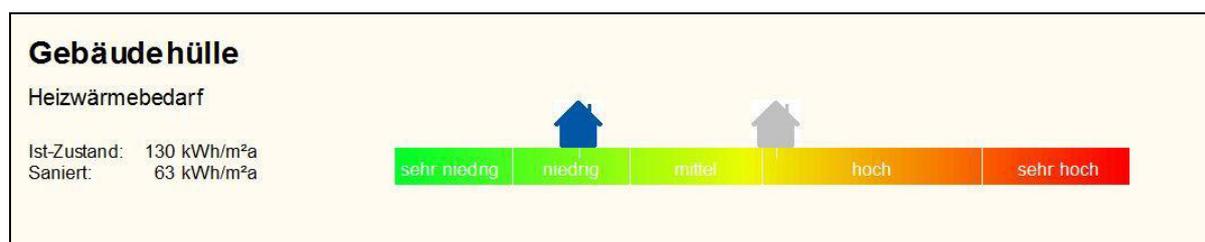


Abbildung 147: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse VI im modernisierten Zustand

Der Endenergiebedarf zur Heizwärmeerzeugung beträgt im Ist- Zustand rund 25.000 kWh_{End} pro Jahr und reduziert sich durch die Sanierung der Gebäudehülle auf rund 13.000 kWh_{End}. Es ergibt sich somit eine jährliche Einsparung von rund 12.000 kWh_{End} unter der Voraussetzung des gleichen Nutzverhaltens und der gleichen Klimabedingungen.

Bei einem angenommenen Heizölpreis von 70 Cent/l ergeben sich jährliche Einsparungen von rund 800 Euro.

Die Investitionskosten für die vorgeschlagenen energetischen Sanierungsmaßnahmen wurden anhand von allgemein anerkannten Baukostentabellen ermittelt und belaufen sich auf rund 80.000 €.

Dadurch ergibt sich unter den getroffenen Annahmen eine statische Amortisation der Sanierungsmaßnahmen länger als 30 Jahre.

4.3.8.7 Zusammenfassung: Sanierung der Gebäudehülle an Bestandsgebäuden

In diesem Abschnitt wurden die Potentiale der energetischen Sanierungen von Bestandsgebäuden ermittelt. Dazu wurden die Liegenschaften exemplarisch in verschiedene Baualterklassen unterteilt.

- Baualterklasse I: Baujahr bis 1918
- Baualterklasse II: Baujahr 1918 bis 1948
- Baualterklasse III: Baujahr 1949 bis 1968
- Baualterklasse IV: Baujahr 1969 bis 1978
- Baualterklasse V: Baujahr 1979 bis 1983
- Baualterklasse VI: Baujahr 1984 bis 1994

Baualterklassenspezifisch wurde für ein Referenzgebäude der Heizwärmebedarf im Ist-Zustand berechnet, der Sanierungsbedarf gemäß EnEV 2009 dargestellt und die sich daraus ergebende Brennstoffeinsparung ermittelt. Anhand der Sanierungskosten und der jährlich vermiedenen Brennstoffkosten wurde die statische Amortisationszeit der Sanierungsmaßnahme grob aufgezeigt. In Tabelle 56 sind die Ergebnisse zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 56: Die Auswirkungen energetischer Sanierungen gemäß EnEV Vorgaben auf die unterschiedlichen Baualterklassen

Baualterklasse	Heizenergieverbrauch		Amortisationsdauer [a]	CO ₂ -Einsparung [t/a]
	Ist-Zustand [kWh]	nach Sanierung [kWh]		
bis 1918	61.000	13.000	24	14,5
1918 bis 1948	58.000		25	13,6
1949 bis 1968	52.000		29	11,8
1969 bis 1978	38.000		> 30	7,6
1979 bis 1983	31.000		> 30	5,5
1984 bis 1994	25.000		> 30	3,7

Wie Tabelle 56 zeigt, weisen die verschiedenen Baualterklassen unterschiedliche Heizenergieverbräuche auf. Daraus resultieren unterschiedliche Einsparpotentiale, welche die verschiedenen Amortisationszeiten nach sich ziehen.

5 Zusammenfassung und Handlungsempfehlung

Kapitel 5 fasst die Ergebnisse eines integrierten Klimaschutzkonzeptes nach den Kriterien der Klimaschutzinitiative des BMU kompakt zusammen und beschreibt weitere Handlungsempfehlungen. Die Stadt Geretsried im Regierungsbezirk Oberbayern mit etwa 23.300 Einwohnern (2009) liegt 25 Kilometer südlich von München und ca. 10 km östlich des Starnberger Sees im Landkreis Bad Tölz-Wolfratshausen und besitzt eine Fläche von ca. 25 km².

Das Stadtgebiet wurde kategorisch in die Verbrauchergruppen

- private Haushalte,
- Industrie, Gewerbe und Sonderkunden,
- kommunale Liegenschaften,
- und Verkehr

unterteilt. Die Energieströme jeder Verbrauchergruppe wurden getrennt als leitungsgebundene (Strom, Erdgas), nicht leitungsgebundene (Heizöl, Biomasse,...) und erneuerbare Energieträger erfasst. Der gesamte jährliche Primärenergieumsatz beträgt aktuell **880.000.000 MWh**. Daraus resultiert ein jährlicher CO₂-Ausstoß von rund **220.000 Tonnen**.

Basierend auf der umfassenden Energie- und CO₂-Emissionsbilanz im Ist-Zustand in Kapitel 2 wurden in Kapitel 3 grundsätzliche CO₂-Minderungspotentiale verbrauchergruppenspezifisch unter Berücksichtigung demographischer und regionalplanerischer Aspekte aufgezeigt.

Durch die detailliert beschriebenen Maßnahmen (Erneuerung der Maschinen-, Anlagen- und Antriebstechnik; Effizienzsteigerung der Druckluftsysteme; Optimierung Lüftungs-, Klima-, Kälte- und Wärmetechnik; Erneuerung der Beleuchtungstechnik) könnte der Verbrauch an elektrischer Energie in der **Verbrauchergruppe „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“** um rund 35 Prozent gesenkt werden, was einer Einsparung von rund 19.000.000 kWh_{End} pro Jahr entspricht. Dies würde einer Einsparung von 12.000 Tonnen CO₂ pro Jahr entsprechen. Im Bereich des thermischen Energieverbrauchs ergeben sich Einsparpotentiale von rund 30 Prozent. Dies entspricht einer Einsparung von rund 39.000.000 kWh_{End} jährlich, was einem CO₂-Ausstoß von ca. 10.000 Tonnen CO₂ pro Jahr entspricht. In Summe ergibt sich in der Verbrauchergruppe „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“ ein Reduktionspotential von

22.000 Tonnen CO₂ / a, was einer CO₂-Einsparung von rund 10 Prozent bezogen auf den Gesamtausstoß entspricht.

Die größten Einsparpotentiale im Bereich der **privaten Haushalte** ergeben sich durch die Sanierung der Gebäudehülle sowie durch eine Erneuerung der Heiztechnik. In beiden Fällen ergeben sich Einsparpotentiale von rund 30 Prozent. Dies entspricht einer Einsparung von rund 28.000 Tonnen CO₂ pro Jahr. Der elektrische Energiebedarf könnte durch die ausgearbeiteten Maßnahmen (keine Nutzung der Stand-by-Funktion, Einsatz von Energiesparlampen, Erneuerung der Kühltechnik) verringert werden, was einer weiteren Einsparung von rund 4.000 Tonnen CO₂ jährlich entspricht. In Summe ergeben sich insgesamt CO₂-Einsparpotentiale von rund 32.000 Tonnen pro Jahr, was einer CO₂-Einsparung von rund 15 Prozent bezogen auf den Gesamtausstoß entspricht.

In der Verbrauchergruppe „**kommunale Liegenschaften**“ ergeben sich durch die Sanierung der Gebäudehülle, die Erneuerung der Heizungstechnik und der Straßenbeleuchtung die größten Einsparpotentiale. Durch die im Klimaschutzkonzept aufgezeigten Potentiale können die jährlichen CO₂-Emissionen um rund 1.000 Tonnen reduziert werden, was einer CO₂-Einsparung von rund 1 Prozent bezogen auf den Gesamtausstoß entspricht.

Zum Zeitpunkt der Erstellung des Klimaschutzkonzepts waren rund 15.000 Fahrzeuge in der Stadt Geretsried angemeldet. Die Potentialanalyse für die Verbrauchergruppe „**Verkehr**“ konzentriert sich auf drei Schwerpunkte zur Reduktion von Kohlenstoffdioxidemissionen:

- Erweiterung des öffentlichen Nahverkehrsnetzes
- Umstieg auf alternative Treibstoffe
- effizientere Treibstoffnutzung.

Durch die Umsetzung gezielter Maßnahmen lassen sich rund 25 Prozent des Endenergieverbrauchs einsparen. Dies führt zu einer Einsparung von rund 60.000.000 kWh_{End} pro Jahr, was einer CO₂-Einsparung von rund 18.000 Tonnen CO₂ jährlich bzw. 8 % bezogen auf den Gesamtausstoß entspricht.

Die Untersuchung grundsätzlicher Potentiale zur Reduzierung des CO₂ Ausstoßes in Kapitel 3 setzt sich mit dem **Ausbaupotential erneuerbarer Energieformen** fort.

Die Errichtung von **Windkraftanlagen** wäre grundsätzlich in zwei ausgewiesenen Gebieten möglich. Durch das vorhandene Windenergiepotential könnten theoretisch mit 6 Anlagen jährlich rund 54.000.000 kWh elektrische Energie erzeugt werden, und somit bilanziell rund 50 % des Strombedarfs in der Stadt Geretsried gedeckt werden. Dies würde einer Einsparung von rund 30.000 t / CO₂ pro Jahr bzw. rund 14 % des gesamten CO₂-Ausstosses entsprechen.

Bei der **Nutzung der Sonnenenergie** auf den theoretisch nutzbaren Dachflächen (Ausbaugrad 16 %) wurden 2 Varianten unterschieden. Variante 1 beschreibt den vorrangigen Ausbau von Solarthermieranlagen zur Brauchwasserbereitung. Die restlichen zu Verfügung stehenden Dachflächen werden mit Photovoltaikmodulen zur bevorzugten Eigenstromnutzung belegt. Durch diese Variante könnten jährlich rund 7.500 t/CO₂ eingespart werden. Variante 2 beschreibt den Komplettausbau der zur Verfügung stehenden Dachflächen mit Photovoltaiksystemen. Dadurch könnten jährlich rund 6.400 t/CO₂ eingespart werden.

Das Potential in Form von **Holz** für energetische Nutzung beträgt bei einer Waldfläche von rund 850 ha rund 3.000.000 kWh_{th}/a. Berücksichtigt man den durchschnittliche Altholzanfall, so ergeben sich zusätzlich rund 10.000.000 kWh_{th}/a Energieäquivalent. Das Einsparpotential durch feste Biomasse beträgt in Summe 3.900 t CO₂ /a.

Die Potentiale der **flüssigen Biomasse** in Form von Pflanzenöl betragen rund 1.050.000 kWh_{el} und 1.500.000 kWh_{th}. Durch die effiziente Nutzung in Blockheizkraftwerken ergibt sich eine Einsparung der CO₂-Emissionen von rund 1.100 Tonnen jährlich.

Werden auf rund 200 ha, d. h. auf etwa ¼ der landwirtschaftlichen Nutzflächen in der Gemeinde Geretsried, Substrate für die **Biogasgewinnung** angebaut, und das gewonnene Biogas in Blockheizkraftwerken eingesetzt, ergibt sich eine jährliche CO₂-Einsparung von rund 2.600 t. Das jährliche CO₂-Minderungspotential durch Nutzung der tierischen Ausscheidprodukte im Biogasprozess und der anschließenden Verstromung im BHKW beläuft sich auf rund 700 t/a.

Durch das in Planung befindliche Geothermie-Projekt könnten jährlich rund 24.000 MWh elektrische Energie erzeugt werden. Dies entspricht rund 22 Prozent des jährlichen Bedarfs an elektrischer Energie in der Stadt Geretsried. Das Geothermie Kraftwerk könnte dabei jährlich rund 56.000 MWh thermische Energie bereitstellen. Die bisherige Betrachtung stützt sich auf eine stromgeführtes Geothermiekonzept. Bei einem wärmegeführten Geothermiekonzept würde eine Wärmemenge von rund 250.000 MWh/a zur Verfügung stehen. Davon könnten in einer „großen“ Geothermielösung rund 150.000 MWh/a genutzt werden, wodurch jährlich rund 45.000 t CO₂ eingespart werden könnten.

Durch das Stadtgebiet der Stadt Geretsried fließt westlich der Fluss Loisach und östlich der Fluss Isar. Im Stadtgebiet von Geretsried existieren keine **Wasserkraftanlagen**. Obwohl der Neubau von Wasserkraftanlagen rechtlich und ökologisch schwierig ist, wird zur Bewertung des theoretischen Potentials aufgrund der Untersuchungen zu Grunde gelegt, dass eine elektrische Leistung von 5 MW installiert werden könnte. Dadurch könnten rund 22.000 Tonnen CO₂ jährlich eingespart werden.

In Abbildung 148 sind die potentiellen CO₂-Einsparpotentiale durch den Einsatz erneuerbarer Energien in der Stadt Geretsried dargestellt.

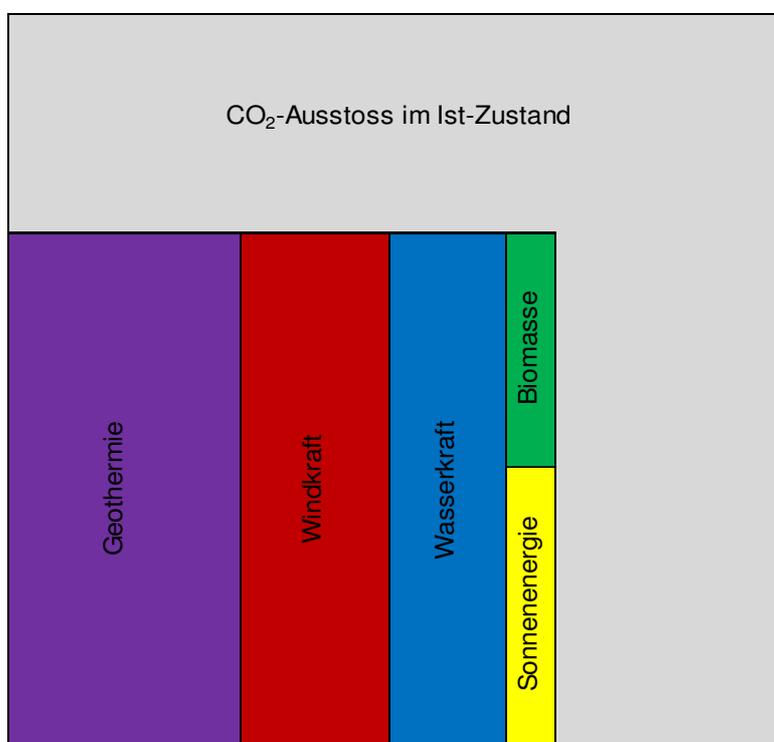


Abbildung 148: Die potentiellen CO₂-Einsparpotentiale durch den Einsatz erneuerbarer Energien

Kapitel 4 beschreibt detaillierte Maßnahmenkataloge in den Verbrauchergruppen und untersucht umfassend verbrauchergruppenübergreifende Maßnahmen, insbesondere die Bildung von Nahwärmeverbundnetzen. Die Basis schafft ein flächendeckender Wärmealas im Stadtgebiet bei unterschiedlichen Wärmebelegungsdichten. Verbrauchergruppenübergreifend wurden verschiedene Nahwärmeverbundlösungen erarbeitet und Wärmeerzeuger dimensioniert. Die unterschiedlichen konkurrierenden Wärmeerzeugungsvarianten wurden hinsichtlich Investition und CO₂-Ausstoß mit einer Referenzvariante verglichen. Zudem wurden für jede Wärmeerzeugungsvariante die klimaschutzbedingten Mehrkosten pro Tonne eingesparter CO₂-Emissionen ermittelt.

Die Nahwärmeverbundlösung „Geothermie“ – Netzvarianten A.X

In einer ersten Netzvariante A.X wurden unterschiedliche Versorgungskonzepte mittels des geplanten Geothermiekraftwerks untersucht:

- Variante A.1:** „große“ Versorgungslösung (Wärmebelegung größer als 1.500 kWh/m²a und eine Anschlussdichte von 60 %)
- Variante A.2:** wie Variante A.1, jedoch 40 % weniger Abnehmer (effektive Anschlussdichte von 36 % bei gleicher Netzlänge und einer Wärmebelegung größer als 1.500 kWh/m²a)
- Variante A.3:** „kleine“ Versorgungslösung (Wärmebelegung größer als 1.500 kWh/m²a, eine Anschlussdichte von 60%, jedoch verringerte Netzlänge von 60 %)
- Variante A.4:** wie Variante A.3, jedoch 40 % weniger Abnehmer (effektive Anschlussdichte von 36 % bei gleicher Netzlänge und einer Wärmebelegung größer als 1.500 kWh/m²a)

Als die wirtschaftlichste Variante der „Geothermieslösung“ nach Betrachtung der potentiellen Investitionskosten erweist sich Variante A.1, „große“ Versorgungslösung, mit einer Wärmebelegung größer als 1.500 kWh/m²a und einer Anschlussdichte von 60 %. Bezüglich der Einsparung von CO₂ kann festgestellt werden, dass sich diese, beginnend bei Variante A.0 mit der größten, Einsparung, bis zu Variante A.4 mit den niedrigsten Einsparungen, verringert.

Konkurrierend dazu könnten Bereiche hoher spezifischer Wärmebelegungsdichte auch über kleinere Wärmeverbundnetze versorgt werden.

Die Nahwärmeverbundlösung „OT Stein“ – Netzvarianten B.X

Die Netzvariante B.X betrachtet den Ortsteil Stein mit Liegenschaften am Steiner Ring, Kochelseeweg, Osternseeweg und Tegernseeweg. Als Referenzvariante wurde die dem Ist-Zustand entsprechende dezentrale Wärmeversorgung in den Liegenschaften herangezogen. Es wurden folgende Versorgungsvarianten technisch dimensioniert.

- Variante B.0:** Installation moderner Erdgasfeuerungen dezentral in allen Liegenschaften als Referenzvariante
- Variante B.1:** Hackgutkessel im Grundlastbetrieb und Erdgaskessel im Spitzenlastbetrieb
- Variante B.2:** Pflanzenöl-BHKW-Modul im Netzparallelbetrieb und Stromeinspeisung nach EEG zur Deckung der Grundlast, Hackgutkessel im Mittellastbetrieb und Erdgaskessel im Spitzenlastbetrieb
- Variante B.3:** Erdgas-BHKW-Modul im Netzparallelbetrieb nach KWKG ohne Eigenstromnutzung und Erdgaskessel im Spitzenlastbetrieb
- Variante B.4:** Biomethan-BHKW-Modul im Netzparallelbetrieb und Stromeinspeisung nach EEG zur Deckung der Grund- und Mittellast und Erdgaskessel im Spitzenlastbetrieb

In Tabelle 57 sind die Investitionskosten, die CO₂-Emissionen sowie die daraus entstehenden Klimaschutzbedingten Mehrkosten der Varianten B.0 bis B.5 dargestellt.

Tabelle 57: Die klimaschutzbedingten Mehrkosten der Varianten B.0 bis B.5

	Variante B.0	Variante B.1	Variante B.2	Variante B.3	Variante B.4	Variante B.5
Investitionskosten [€]	1.682.000	5.072.000	5.311.000	4.727.000	4.727.000	6.224.000
CO ₂ -Emissionen [t/a]	2.870	990	410	1.040	-1.720	930
klimaschutzbedingte Mehrkosten [€/t]	0	15	21	127	17	21

Die Nahwärmeverbundlösung „OT Geretsried“ – Netzvarianten C.X

In der Nahwärmeverbundlösung C.X „OT Geretsried“ wurden Liegenschaften in den Straßen Robert-Schumann-Weg, Johann-Sebastian-Bach-Straße, Carl-Maria-von-Weber-Weg, Kalmanweg, Händelstraße, Berliner Weg, Sudetenstraße und Adalbert-Stifter-Straße sowie den kommunale Liegenschaften Karl-Lederer Grund- und Hauptschule, Pavillons, Mariahilf-Kirche mit Pfarramt und Kindergarten entwickelt. In diesem Fall wurden folgende Versorgungsvarianten technisch dimensioniert.

- Variante C.0:** Installation moderner Erdgasfeuerungsanlagen dezentral in allen Liegenschaften als Referenzvariante
- Variante C.1:** zwei Hackgutkessel im Grundlastbetrieb und Erdgaskessel im Spitzenlastbetrieb
- Variante C.2:** Pflanzenöl-BHKW-Modul im Netzparallelbetrieb und Stromeinspeisung nach EEG zur Deckung der Grundlast, zwei Hackgutkessel im Mittellastbetrieb und Erdgaskessel im Spitzenlastbetrieb
- Variante C.3:** Erdgas-BHKW-Modul im Netzparallelbetrieb nach KWKG ohne Eigenstromnutzung und Erdgaskessel im Spitzenlastbetrieb
- Variante C.4:** Biomethan-BHKW-Modul im Netzparallelbetrieb und Stromeinspeisung nach EEG zur Deckung der Grundlast, Hackgutkessel im Mittellastbetrieb und Erdgaskessel im Spitzenlastbetrieb
- Variante C.5:** Hackgut-ORC-Anlage im Netzparallelbetrieb und Stromeinspeisung nach EEG zur Deckung der Grund- und Mittellast und Erdgaskessel im Spitzenlastbetrieb

In Tabelle 58 sind die Investitionskosten, die CO₂-Emissionen sowie die daraus entstehenden klimaschutzbedingten Mehrkosten der Varianten C.0 bis C.5 dargestellt.

Tabelle 58: Die klimaschutzbedingten Mehrkosten der Varianten C.0 bis C.5

		Variante C.0	Variante C.1	Variante C.2	Variante C.3	Variante C.4	Variante C.5
Investitionskosten	[€]	3.364.000	7.954.000	8.231.000	6.717.000	6.743.000	9.131.000
CO ₂ -Emissionen	[t/a]	5.750	1.700	980	2.300	-2.250	1.800
klimaschutzbedingte Mehrkosten	[€/t]	0	-62	-45	28	-32	-72

Die Nahwärmeverbundlösung „Schulzentrum“ – Netzvarianten D.X

In der Nahwärmeverbundlösung D.X „Schulzentrum“ wurden die kommunalen Liegenschaften Hallenbad, Bücherei mit Jugendzentrum, Adalbert-Stifter Hauptschule und Gymnasium Geretsried betrachtet. In diesem Fall wurden folgende Versorgungsvarianten technisch dimensioniert

- Variante D.0:** Installation moderner Erdgasfeuerungsanlagen dezentral in allen Liegenschaften als Referenzvariante
- Variante D.1:** Hackgutkessel im Grundlastbetrieb und Erdgaskessel im Spitzenlastbetrieb
- Variante D.2:** Pflanzenöl-BHKW-Modul im Netzparallelbetrieb und Stromeinspeisung nach EEG zur Deckung der Grundlast, Hackgutkessel im Mittellastbetrieb und Erdgaskessel im Spitzenlastbetrieb
- Variante D.3:** Erdgas-BHKW-Modul im Netzparallelbetrieb nach KWKG ohne Eigenstromnutzung und Erdgaskessel im Spitzenlastbetrieb
- Variante D.4:** Biomethan-BHKW-Modul im Netzparallelbetrieb und Stromeinspeisung nach EEG zur Deckung der Grundlast, Hackgutkessel im Mittellastbetrieb und Erdgaskessel im Spitzenlastbetrieb

In Tabelle 59 sind die Investitionskosten, die CO₂-Emissionen sowie die daraus entstehenden Klimaschutzbedingten Mehrkosten der Varianten D.0 bis D.4 dargestellt.

Tabelle 59: Die klimaschutzbedingten Mehrkosten der Varianten D.0 bis D.4

		Variante D.0	Variante D.1	Variante D.2	Variante D.3	Variante D.4
Investitionskosten	[€]	404.000	1.917.000	2.230.000	1.431.000	1.431.000
CO ₂ -Emissionen	[t/a]	1.650	520	120	610	-820
klimaschutzbedingte Mehrkosten	[€/t]	0	69	93	148	-9

Die Nahwärmeverbundlösung „OT Gartenberg“ – Netzvarianten E.X

In der Nahwärmeverbundlösung E.X „OT Gartenberg“ werden neben den kommunalen Liegenschaften Hallenbad, Bücherei mit Jugendzentrum, Adalbert-Stifter Hauptschule und Gymnasium Geretsried noch Liegenschaften am Karl-Lederer-Platz, der Adalbert-Stifter-Straße, Egerlandstraße, Böhmerwaldstraße und Fasanenweg betrachtet. In diesem Fall wurden folgende Versorgungsvarianten technisch dimensioniert.

- Variante E.0:** Installation moderner Erdgasfeuerungsanlagen dezentral in allen Liegenschaften als Referenzvariante
- Variante E.1:** zwei Hackgutkessel im Grundlastbetrieb und Erdgaskessel im Spitzenlastbetrieb
- Variante E.2:** Pflanzenöl-BHKW-Modul im Netzparallelbetrieb und Stromeinspeisung nach EEG zur Deckung der Grundlast, zwei Hackgutkessel im Mittellastbetrieb und Erdgaskessel im Spitzenlastbetrieb
- Variante E.3:** Erdgas-BHKW-Modul im Netzparallelbetrieb nach KWKG mit Eigenstromnutzung und Erdgaskessel im Spitzenlastbetrieb
- Variante E.4:** Biomethan-BHKW-Modul im Netzparallelbetrieb und Stromeinspeisung nach EEG zur Deckung der Grundlast, Hackgutkessel im Mittellastbetrieb und Erdgaskessel im Spitzenlastbetrieb
- Variante E.5:** Hackgut-ORC-Anlage im Netzparallelbetrieb und Stromeinspeisung nach EEG zur Deckung der Grund- und Mittellast und Erdgaskessel im Spitzenlastbetrieb

In Tabelle 60 sind die Investitionskosten, die CO₂-Emissionen sowie die daraus entstehenden klimaschutzbedingten Mehrkosten der Varianten E.0 bis E.4 dargestellt.

Tabelle 60: Die klimaschutzbedingten Mehrkosten der Varianten E0 bis E.5

		Variante E.0	Variante E.1	Variante E.2	Variante E.3	Variante E.4	Variante E.5
Investitionskosten	[€]	2.430.000	6.985.000	7.370.000	6.120.000	6.147.000	8.300.000
CO ₂ -Emissionen	[t/a]	4.850	1.500	950	1.550	-3.030	1.050
klimaschutzbedingte Mehrkosten	[€/t]	0	-9	11	91	-9	-48

Dezentrale Versorgung der Isardammsschule – Varianten F.X

In einer weiteren Untersuchung F.X wurde die dezentrale Versorgung der Isardammsschule in Geretsried betrachtet. In diesem Fall wurden folgende Versorgungsvarianten technisch dimensioniert.

- Variante F.0:** Installation einer modernen Erdgasfeuerungsanlage als Referenzvariante
- Variante F.1:** Hackgutkessel im Grundlastbetrieb und Erdgaskessel im Spitzenlastbetrieb
- Variante F.2:** Holzpelletkessel im Grundlastbetrieb und Erdgaskessel im Spitzenlastbetrieb

In Tabelle 61 sind die Investitionskosten, die CO₂-Emissionen sowie die daraus entstehenden Klimaschutzbedingten Mehrkosten der Varianten F.0 bis F.2 dargestellt.

Tabelle 61: Die klimaschutzbedingten Mehrkosten der Varianten F0 bis F.2

		Variante F.0	Variante F.1	Variante F.2
Investitionskosten	[€]	34.000	138.000	125.000
CO ₂ -Emissionen	[t/a]	105	35	40
klimaschutzbedingte Mehrkosten	[€/t]	0	143	137

Aufbauend auf der Dimensionierung können in allen Netzvarianten die Anlagenlaufzeiten und der Brennstoffbedarf prognostiziert werden. Dies legt die Basis für eine umfassende Vollkostenrechnung aller Varianten in Anlehnung an die VDI 2067. Unter Berücksichtigung der Kapital-, Brennstoff-, Wartungs-, Betriebs- und Verwaltungskosten sowie möglicher Stromeinnahmen in KWK-Varianten können durchschnittliche Wärmegestehungskosten in allen Versorgungskonzepten vergleichend kalkuliert werden. Mögliche Förderungen wurden gesondert betrachtet.

Energetische Sanierung von Bestandsgebäuden

Als weiter Schwerpunkt wurden in Kapitel 4 die Potentiale der energetischen Sanierung von Bestandsgebäuden ermittelt. Dazu wurden die Liegenschaften in verschiedene Baualterklassen unterteilt.

- Baualterklasse I: Baujahr bis 1918
- Baualterklasse II: Baujahr 1919 bis 1948
- Baualterklasse III: Baujahr 1949 bis 1968
- Baualterklasse IV: Baujahr 1969 bis 1978
- Baualterklasse V: Baujahr 1979 bis 1983
- Baualterklasse VI: Baujahr 1984 bis 1994

Baualterklassenspezifisch wurde für ein Referenzgebäude der Heizwärmebedarf im Ist-Zustand berechnet, der Sanierungsbedarf gemäß EnEV 2009 dargestellt, und die sich daraus ergebende Brennstoffeinsparung ermittelt. Anhand der Sanierungskosten und der jährliche vermiedenen Brennstoffkosten wurde die statische Amortisation der Sanierungsmaßnahme beispielhaft aufgezeigt. In Tabelle 62 sind die Ergebnisse zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 62: Die Auswirkungen energetischer Sanierungen gemäß den EnEV Vorgaben auf die unterschiedliche Baualterklassen

Baualterklasse	Heizenergieverbrauch		Amortisationsdauer [a]	CO ₂ -Einsparung [t/a]
	Ist-Zustand [kWh]	nach Sanierung [kWh]		
bis 1918	61.000	13.000	24	14,5
1918 bis 1948	58.000		25	13,6
1949 bis 1968	52.000		29	11,8
1969 bis 1978	38.000		> 30	7,6
1979 bis 1983	31.000		> 30	5,5
1984 bis 1994	25.000		> 30	3,7

Handlungsempfehlungen

Resultierend aus den bisherigen Betrachtungen lassen sich folgende **Handlungsempfehlungen** ableiten, um den aktuellen CO₂-Ausstoß von 220.000 t/a ökonomisch sinnvoll schrittweise zu reduzieren.

Das Reduktionspotential von 22.000 t CO₂/a in der Verbrauchergruppe „**Gewerbe, Industrie und Sonderkunden**“ kann durch innerbetriebliche Effizienzsteigerung wirtschaftlich sinnvoll vor dem Hintergrund steigender Energiekosten erschlossen werden. Die Betriebe sollten im Zuge einer gesonderten Veranstaltung (siehe Punkt 8: Öffentlichkeitsarbeit) unter Einbindung der IHK und HWK über Best-Practice-Projekte und die gängigen Förderprogramme des STMWIVT (z.B. Rationelle Energieverwendung, Innovationsgutschein), bzw. der KfW (Sonderfond Energieeffizienz in KMU) oder der AIF (ProInno) u.a. zur Effizienzverbesserung informiert werden um eine Umsetzung zu forcieren.

Das Reduktionspotential von 32.000 t CO₂/a in der Verbrauchergruppe der „**privaten Haushalte**“ resultiert im Wesentlichen aus der Gebäudesanierung. Vor diesem Hintergrund sollte auch hier im Zuge einer gesonderten Informationsveranstaltung unter Einbindung von Fachberatern auf Fördermöglichkeiten der KfW hingewiesen werden um den Eigentümer einen Überblick über Umsetzungshilfen zu verschaffen.

Das Reduktionspotential im Bereich der „**kommunalen Liegenschaften**“ liegt zwar nur bei 1.000 t CO₂/a. Durch modellhafte Gebäudesanierung kann dies jedoch weitere Sanierungsschritte im Bereich der privaten Haushalte initiieren.

Das Reduktionspotential in der Verbrauchergruppe „**Verkehr**“ wird im Wesentlichen durch den allgemeinen technischen Fortschritt bzw. die Einführung von alternativen Kraftstoffen bestimmt. Der Beitrag der Stadt Geretsried kann in der Erweiterung des öffentlichen Nahverkehrsnetzes liegen. Insbesondere sollte auf den Anschluss an die S-Bahnlinie 7 hingewirkt werden.

Der Ausbau der **Wind- und Wasserkraft** hat mit 30.000 t CO₂/a bzw. 22.000 t CO₂/a enorme Potentiale. Vor dem Hintergrund zeitintensiver Genehmigungsprozesse sollte hier die Bürgerakzeptanz und rechtliche Umsetzung geprüft werden um gegebenenfalls Einzelanlagen zu realisieren. Die Wirtschaftlichkeit einzelner Objekte ist im Detail zu prüfen.

Die zentrale Rolle nimmt der Aufbau von **Nahwärmenetzen** ein, weil dadurch effizient und nachhaltig Wärme aus regenerativen Energieträgern bereitgestellt werden und ein großer Anteil fossiler Energieträger bei der dezentralen Wärmeerzeugung substituiert werden kann. Der Anschluss an die geplante **Geothermieanlage** zeigt mit 41.100 t CO₂ /a enormes Reduktionspotential, wäre hochinnovativ und zukunftsweisend. Seitens der Stadt Geretsried wäre jedoch der Ausbau eines Nahwärmenetzes mit einer Investition von ca. 34.000.000 Euro nötig, der sich realistisch über einen Zeitraum von 10 Jahren erstrecken würde. Zum aktuellen Zeitpunkt wäre diese Investition seitens der Stadt Geretsried mit einem zu hohen Risiko verbunden, da weder eine Fehlbohrung noch die Ergiebigkeit der Wärmequelle kalkuliert werden kann. Vor diesem Hintergrund sollten die Verhandlungen mit der ENEX intensiv weiter geführt werden und insbesondere die Aufnahme in eine Fündigkeitsversicherung, sowie die Reduktion der jährlichen Fixkosten diskutiert werden.

Sollte die Versorgung durch die Geothermieanlage, die bei einem wirtschaftlichen Bezugspreis und zufriedenstellender Klärung aller Rahmenbedingungen vorzugswürdig wäre, nicht realisierbar sein, können alternativ einzelne wirtschaftlich sinnvolle Inselnetze mit hoher Wärmebelegungsdichte umgesetzt werden, die ein deutlich geringeres Investitionsrisiko aufweisen.

Im **Ortsteil Stein** könnte die Versorgung über einen Biomassegrundlastkessel wirtschaftlicher arbeiten als dezentrale Referenzanlagen. Der **Netzteil Geretsried** könnte ebenso über ein biomassebetriebenes Netz wirtschaftlich versorgt werden. Im **Schulzentrum** könnte die Versorgung über ein Biomethan BHKW wirtschaftlich betrieben werden. Im Nahwärmenetz **Gartenberg** könnte durch eine Biomasse ORC Anlage ein attraktiver Wärmepreis erzielt werden.

Die Umsetzung der alternativen Nahwärmenetze, vorausgesetzt das in Planung befindliche geothermische Kraftwerk wird nicht realisiert, sollte in Bezug auf die nachfolgend aufgeführten Klimaschutzbedingten Mehrkosten anlehnen.

6 Regionale Wertschöpfung durch die Umsetzung des kommunalen Klimaschutzkonzeptes durch Erneuerbare Energien

In der Erzeugung Erneuerbarer Energien (EE) liegen erhebliche Potenziale 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 Erdwärme stehen anschließend kostenlos und 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 fließen 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 geringe 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 Umstellung auf Erneuerbare Energien kann daher als ein endogenes Programm zur regionalen Wirtschaftsförderung verstanden werden. Statt hoher Subventionen, die beispielsweise in Form von Strukturprogrammen von außen in die Region fließen, können die in der Region bisher für die klassisch-konventionelle Energieversorgung aufzubringenden Gelder für Investitionen in der Region verwendet werden und dadurch neue regionale Multiplikatoreffekte auslösen. Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf die Studie „Kommunale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energie“ welche vom Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) mit Sitz in Berlin im September 2010 veröffentlicht wurde.

Der Begriff der Wertschöpfung wird in der Wirtschaftswissenschaft unterschiedlich verwendet. Im Rahmen dieser Ausführungen wird die kommunale Wertschöpfung als Summe aus den folgenden Bestandteilen gebildet:

- den erzielten Gewinnen (nach Steuern) beteiligter Unternehmen
- den Nettoeinkommen der beteiligten Beschäftigten und
- den auf Basis der betrachteten Wertschöpfungsschritte gezahlten Steuern.

Unter kommunaler Wertschöpfung wird dabei die Wertschöpfung verstanden, die die Stadt selbst oder deren Bewohner und die kommunalen Unternehmen generieren. In Abbildung 149 sind die zentralen Bestandteile der kommunalen Wertschöpfung dargestellt.

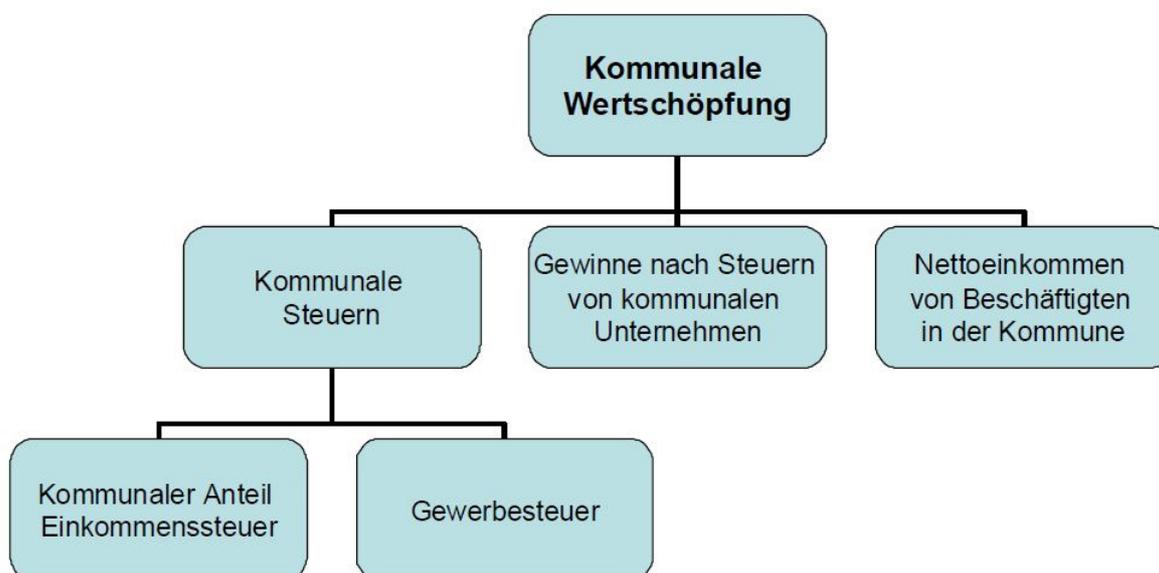


Abbildung 149: Zentrale Bestandteile kommunaler Wertschöpfung [39]

Die „kommunale Wertschöpfung“ ist eine Teilmenge der gesamten globalen Wertschöpfung, der durch die in Deutschland errichteten und produzierten EE-Anlagen und die dazu gehörigen Produktionsanlagen induziert 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.

In dieser Studie werden nur die direkt den Erneuerbaren Energien zurechenbaren Wertschöpfungseffekte betrachtet – indirekte Effekte (z.B. Produktionsanlagen oder auch Tourismus zu EE-Anlagen) und nicht direkt zuzuordnende Vorleistungen (wie z.B. Gläser für Solaranlagen) bleiben bezüglich ihrer jeweiligen Wertschöpfungseffekte (und ihrer Beschäftigungseffekte) außen vor. Des Weiteren bleiben bei der kommunalen Analyse von Wertschöpfungseffekten die durch EE verursachten Steuern und Abgaben von Bund und Ländern so-

wie weitere Wertschöpfungsschritte außen vor, die sich nicht direkt den EE-Wertschöpfungsketten anteilig zurechnen lassen (z.B. Bildung, Forschung und öffentliche Stellen). Zu letzterer Kategorie gehört auch der Biomasseanbau, da die Wertschöpfung aus der Energiepflanzenproduktion auch durch andere landwirtschaftliche Güter erzielt werden kann und somit nicht EE-spezifisch ist.

In Abbildung 150 sind die einzelnen Faktoren dargestellt, die auf die kommunale bzw. regionale Wertschöpfung Einfluss haben.

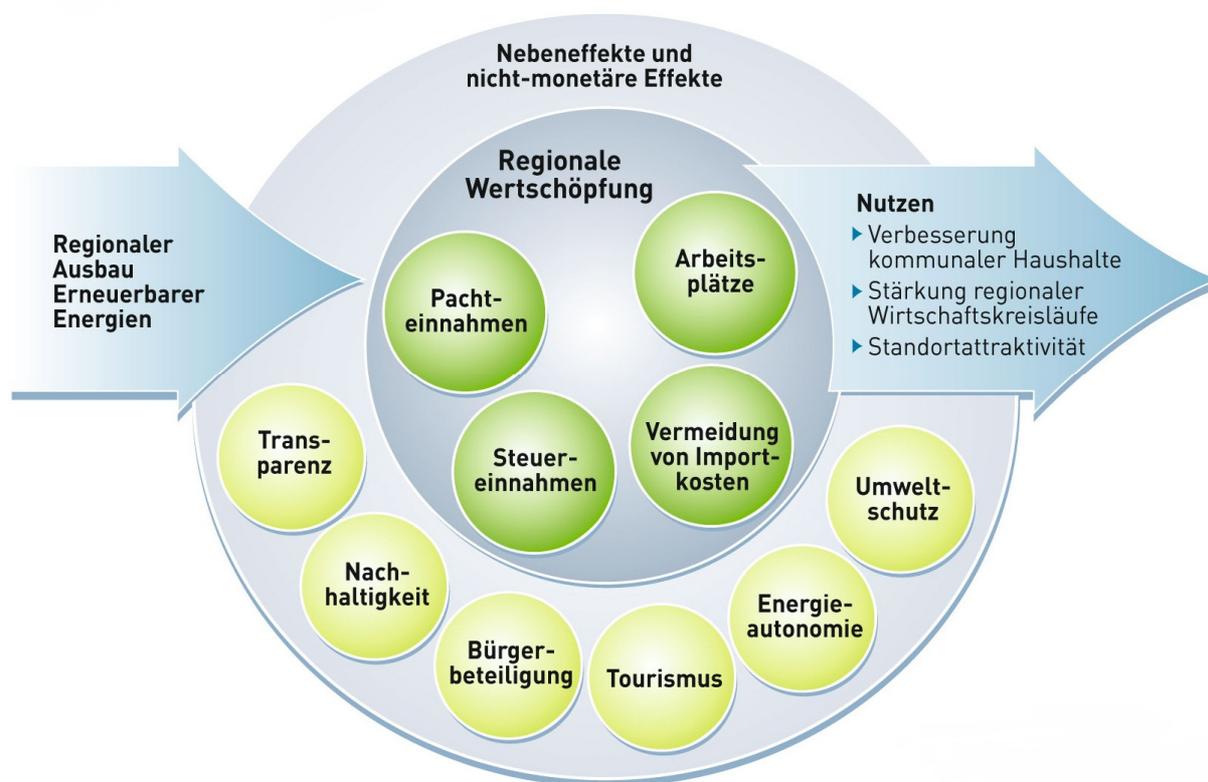


Abbildung 150: Einflussfaktoren auf die kommunale Wertschöpfung [38]

Nachfolgend werden die wesentlichen übergreifenden Berechnungsmethoden und Annahmen kurz erläutert, mit denen die Potentiale der kommunalen Wertschöpfung ermittelt wurden. Der Betrachtungszeitraum der einzelnen Wertschöpfungseffekte wurde auf 20 Jahre festgelegt.

Zentrale Grundlage für die Ermittlung der Wertschöpfung bildet eine Analyse der Umsätze bezogen auf die installierte Leistung (in kW) in den einzelnen Wertschöpfungsstufen. Hier ist zunächst zwischen den verschiedenen Stufen rund um die (einmalige) Investition einer EE-Anlage sowie dem Betrieb der Anlage zu unterscheiden, der jährlich betrachtet wird. Die Ermittlung der Umsatzstruktur der Investitionen erfolgte im Regelfall auf der Basis von Kosten-

strukturen der einzelnen Technologien, die aus der Literatur und Forschungsarbeiten entnommen wurden.

Die Umsätze durch den Betrieb der Anlagen fallen im Unterschied zu den Investitionskosten nicht einmalig, sondern jährlich über die gesamte Laufzeit an. Hier werden z.B. im Bereich Wartung & Instandhaltung auch anteilig durch den Ersatz von Komponenten Wertschöpfungsanteile in der Produktion während der Betriebsphase von Bestandsanlagen berücksichtigt. Bei der Finanzierung wird technologiespezifisch von einem Anteil an Fremdkapital ausgegangen. Die Kosten für das Eigenkapital werden vom Gewinn der Betreibergesellschaft bestritten. Die Kosten der Geschäftsführung werden in dem hier betrachteten Modell des Betreibers als GmbH & Co. KG von der KG, welche alle Gewinne verwaltet, an die GmbH ausgezahlt.

Aufbauend auf der derart ermittelten Umsatzstruktur in den Wertschöpfungsketten der einzelnen Technologien werden im Anschluss die Komponenten der Wertschöpfung ermittelt, d.h. die Gewinne, die Beschäftigungseffekte und die Steuern. Zur Ermittlung der Gewinne wurde primär die Umsatzrentabilität der Unternehmen herangezogen. Maßgeblich sind hier die Gewinne vor Steuern. Je nach Datenverfügbarkeit wurden zur Ermittlung dieser Gewinne unterschiedliche Berechnungsweisen angewendet, da im Regelfall keine empirische Grundlage für die EE-Unternehmen in den verschiedenen Branchen verfügbar ist. Wichtig waren hier u.a. Analogien zu statistischen Daten vergleichbarer Branchen sowie die Differenzierung von Kapital- und Personengesellschaften. Für die Finanzierung mit Fremdkapital, die Pacht sowie die Betreibergesellschaft wurden spezifische Berechnungsverfahren zur Gewinnermittlung entwickelt.

Die Bestimmung der Einkommen erfolgt über die Beschäftigungseffekte. Diese wiederum werden im Regelfall aus den Umsätzen hergeleitet. Hierbei sind Umsätze, die ausschließlich mit Dienstleistungen erwirtschaftet werden von Umsätzen ohne oder mit anteiligen Dienstleistungen zu differenzieren. Für den ersten Fall wurden nach einer Zuordnung von Berufsgruppen aus statistischen Daten die Einkommensniveaus bestimmt. Für den zweiten Fall wurden zunächst aus statistischen Beschäftigungsindikatoren vergleichbarer Wirtschaftszweige (Beschäftigte pro Umsatz) Beschäftigungseffekte je Stufe ermittelt und von diesen in der Folge wie im ersten Fall die Einkommensniveaus in Euro pro kW ermittelt. Auch hier mussten aufgrund der Datenlage für einzelne Stufen spezifische Ansätze entwickelt werden (dies waren Großhandel, Versicherungen, Kapitaldienst, Geschäftsführung der Betreibergesellschaft und Stromverbrauch).

Aus den zuvor ermittelten Werten lassen sich nun die kommunalen Steuern ermitteln. Dabei stellen die Gewerbesteuereinnahmen eine zentrale Steuereinnahme aus Erneuerbaren Energien dar. Als zweite maßgebliche Steuer wird der kommunale Anteil an der Einkommensteuer der sozialversicherungspflichtigen Arbeitnehmer ermittelt. Dabei werden auch Ost-West-Gewichtungen berücksichtigt. Weiterhin erfolgt die Berechnung des kommunalen Anteils an der veranlagten Einkommenssteuer, die aus dem Gewinnanteil der Gesellschafter von Personenunternehmen resultiert. Die Gewerbesteuer und der kommunale Anteil an der Einkommensteuer sind damit die für Stadt maßgeblichen Steuern, die im Rahmen verschiedenen Wertschöpfungsschritte überwiegend relevant sind. Vernachlässigbar gering ist demgegenüber die Umsatzsteuer, die nur bei den Anlagen zu berücksichtigen ist, bei denen der Betreiber keine Gewinnerzielungsabsicht hat bzw. bei der kein unternehmerischer Hintergrund vorliegt (wg. Vorsteuerabzug). Alle anderen Steuern fallen nicht bei der Stadt an bzw. können aufgrund der Umlagemechanismen zwischen Bund, Land und Stadt nicht mehr mit den Erneuerbaren Energien in Verbindung gebracht werden.

In nachfolgender Tabelle sind die Wertschöpfungseffekte für die einzelnen Formen der Erneuerbaren Energien zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 63: Die Zusammenfassung der Wertschöpfungseffekte für die verschiedenen Erneuerbare Energien [39]

Wertschöpfungsstufe		Nachsteuer-Gewinn [€/kW]	Netto-beschäftigung [€/kW]	Gewerbesteuer [€/kW]	Steuern an Kommune [€/kW]	Wertschöpfung maximum [€/kW]	Wertschöpfung minimum [€/kW]
Windkraft	Einmalige Effekte						
	Anlagenkomponenten	61	168	10	9	248	
	Planung Installation etc.	8	57	1	3	69	70
	Jährliche Effekte auf 20 Jahre hochgerechnet						
	Betriebskosten	231	132	14	11	388	
	Betreiber-gesellschaft	522	84	84	22	712	
	Summe	822	441	109	45	1.417	1.170
Photovoltaik	Einmalige Effekte						
	Anlagenkomponenten	129	376	22	22	549	
	Planung Installation etc.	37	241	6	11	295	143
	Jährliche Effekte auf 20 Jahre hochgerechnet						
	Betriebsführung	108	194	18	11	331	
	Betreiber-gesellschaft	1.801	0	0	111	1.912	
	Summe	2.075	811	46	155	3.087	2.386
Solarthermie	Einmalige Effekte *bezogen auf m² installierte Fläche						
	Investition	25	87	4	7	123	
	Planung Installation etc.	11	81	2	5	99	105
	Jährliche Effekte auf 20 Jahre hochgerechnet *bezogen auf m² installierte Fläche						
	Betriebsführung	15	44	3	3	65	
	Summe	40	131	7	10	188	170
Wärmepumpen / Geothermie	Einmalige Effekte						
	Investition	62	219	11	19	311	
	Planung Installation etc.	3	30	1	1	35	10
	Jährliche Effekte auf 20 Jahre hochgerechnet						
Betriebsführung	102	317	18	11	448		
	Summe	164	536	29	30	759	458
Wasserkraft	Einmalige Effekte						
	Anlagenkomponenten	113	485	20	25	643	
	Planung Installation etc.	428	292	8	15	743	741
	Jährliche Effekte auf 20 Jahre hochgerechnet						
	Betriebsführung	304	742	51	40	1.137	
Betreiber-gesellschaft	1.323	193	41	79	1.636		
	Summe	2.168	1.712	120	159	4.159	3.514
Biogas	Einmalige Effekte						
	Anlagenkomponenten	63	352	11	19	445	
	Planung Installation etc.	134	220	5	12	371	323
	Jährliche Effekte auf 20 Jahre hochgerechnet						
	Betriebskosten	336	1.545	57	52	1.990	
Betreiber-gesellschaft	3.950	0	342	62	4.354		
	Summe	4.483	2.117	415	145	7.160	6.667
Biomasse	Einmalige Effekte						
	Investition	42	144	7	12	205	
	Planung Installation etc.	6	35	1	2	44	45
	Jährliche Effekte auf 20 Jahre hochgerechnet						
Betriebsführung	73	298	13	23	407		
	Summe	115	442	20	35	612	452

Anschließend werden die einzelnen Potentiale der Erneuerbaren Energien, die in der Potentialbetrachtung ausgearbeitet wurden hinsichtlich ihrer kommunalen Wertschöpfung analysiert.

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf die Umsetzung der Potentiale im Bereich der Erneuerbaren Energien, die in Kapitel 3.6 detailliert ausgearbeitet wurden.

Grundsätzlich werden in der nachfolgenden Betrachtung zwei Varianten untersucht. In Variante 1 wird ein Zubau von solarthermischen Anlagen mit berücksichtigt, in Variante 2 wird dieser potentielle Zubau vernachlässigt.

In nachfolgender Tabelle 64 sind die Potentiale dargestellt, die im Rahmen der Potentialanalyse ausgearbeitet wurden. Zu beachten ist, dass hier Variante 1 (Berücksichtigung von solarthermischen Anlagen) dargestellt ist.

Tabelle 64: Die Potentiale im Bereich der Erneuerbaren Energien (Variante 1)

Form der Erneuerbaren Energie	installierte Leistung [kW]
Windenergie	27.000
Photovoltaik	10.000
Solarthermie	14.500 *
feste Biomasse	3.250
flüssige Biomasse	375
gasförmige Biomasse	1.100
Geothermie	30.000
Wasserkraft	5.000

* bezogen auf m² installierte Fläche

In Tabelle 65 ist die maximal mögliche und die minimale kommunale Wertschöpfung der Erneuerbaren Energien aufgelistet. In Summe ist eine maximale kommunale Wertschöpfung von rund 125.000.000 Euro umsetzbar. Hier muss jedoch beachtet werden, dass sich einzelne erneuerbare Energien konkurrieren.

Tabelle 65: Die maximale und minimale kommunale Wertschöpfung in der Stadt Geretsried (Variante 1)

Form der Erneuerbaren Energie	installierte Leistung	Nachsteuer-Gewinn	Netto-beschäftigung	Gewerbesteuer netto	Steuern an Kommune	maximale kommunale Wertschöpfung	minimale kommunale Wertschöpfung
Photovoltaik	10.000 [kW]	20.750.000	8.110.000	460.000	1.550.000	30.870.000	23.860.000
Solarthermie	14.500 [m ²]	580.000	1.899.500	101.500	145.000	2.726.000	2.465.000
Windkraft	27.000 [kW]	22.194.000	11.907.000	2.943.000	1.215.000	38.259.000	31.590.000
Biogasanlage	1.100 [kW]	4.931.300	2.328.700	456.500	159.500	7.876.000	7.333.700
Biomasse	3.625 [kW]	416.875	1.602.250	72.500	126.875	2.218.500	1.638.500
Geothermie	30.000 [kW]	4.920.000	16.080.000	870.000	900.000	22.770.000	13.740.000
Wasserkraft	5.000 [kW]	10.840.000	8.560.000	600.000	795.000	20.795.000	17.570.000

In Abbildung 151 ist die kommunale Wertschöpfung nach den einzelnen Sparten der Erneuerbaren Energien für die Variante 1 der Stadt Geretsried dargestellt.

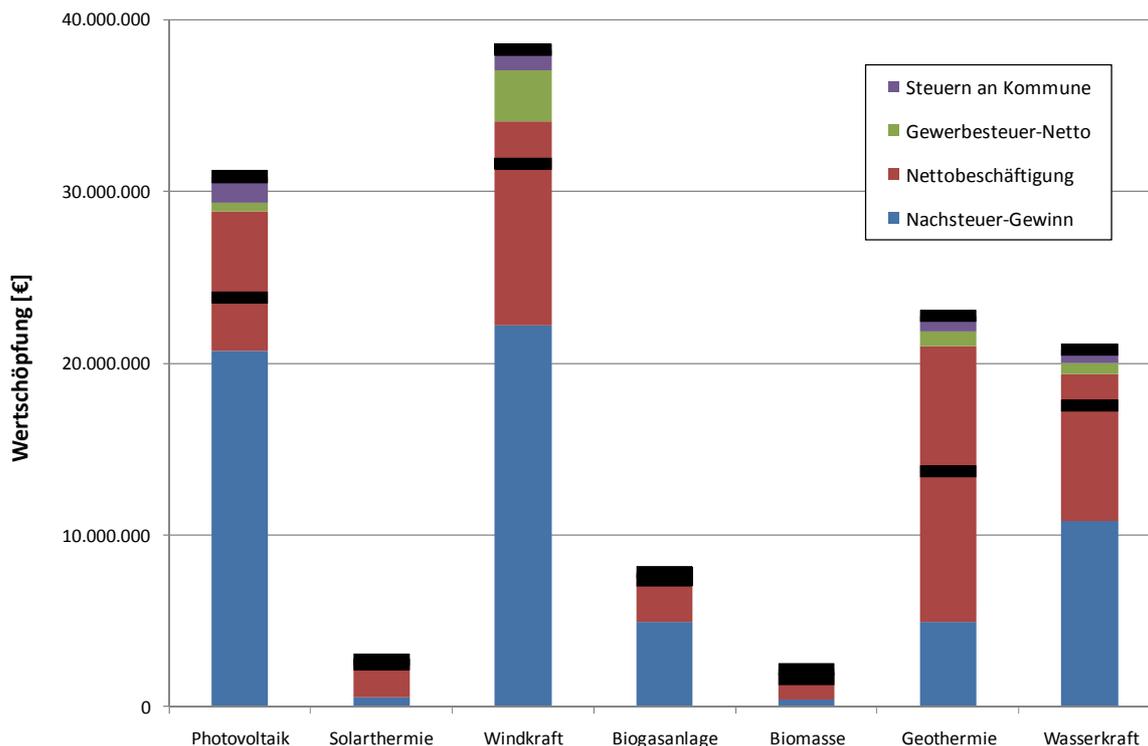


Abbildung 151: Die kommunale Wertschöpfung nach den einzelnen Sparten der Erneuerbaren Energien in der Stadt Geretsried (Variante 1 Solarthermieausbau)

Die schwarzen Querbalken der einzelnen Sparten grenzen die Wertschöpfung ein. Der untere Querbalken markiert die minimal mögliche Wertschöpfung, der obere Querbalken die maximale kommunale Wertschöpfung der betroffene Energieform.

Im Folgenden wird die regionale Wertschöpfung von Variante 2, ohne Solarthermieausbau, untersucht. In Tabelle 66 sind die Potentiale auf dem Sektor der Erneuerbaren Energien dargestellt, die im Rahmen der Potentialbetrachtung (Variante 2) erarbeitet wurden. In Variante 2 wurde auf einen Zubau von solarthermischen Anlagen verzichtet; hier wurde explizit nur ein Zubau von Photovoltaik betrachtet.

Tabelle 66: Die Potentiale im Bereich der Erneuerbaren Energien (Variante 2)

Form der Erneuerbaren Energie	installierte Leistung [kW]
Windenergie	27.000
Photovoltaik	11.300
feste Biomasse	3.250
flüssige Biomasse	375
gasförmige Biomasse	1.100
Geothermie	30.000
Wasserkraft	5.000

In Tabelle 67 ist die maximale und die minimale kommunale Wertschöpfung der Stadt Geretsried auf dem Sektor der Erneuerbaren Energien dargestellt. In Summe ist eine maximale Wertschöpfung von rund 126.000.000 Euro möglich.

Tabelle 67: Die maximale und minimale kommunale Wertschöpfung in der Stadt Geretsried (Variante 2)

Form der Erneuerbaren Energie	installierte Leistung	Nachsteuer-Gewinn	Netto-beschäftigung	Gewerbesteuer netto	Steuern an Kommune	maximale kommunale Wertschöpfung	minimale kommunale Wertschöpfung
Photovoltaik	11.300 [kW]	23.447.500	9.164.300	519.800	1.751.500	34.883.100	26.961.800
Windkraft	27.000 [kW]	22.194.000	11.907.000	2.943.000	1.215.000	38.259.000	31.590.000
Biogasanlage	1.100 [kW]	4.931.300	2.328.700	456.500	159.500	7.876.000	7.333.700
Biomasse	3.625 [kW]	416.875	1.602.250	72.500	126.875	2.218.500	1.638.500
Geothermie	30.000 [kW]	4.920.000	16.080.000	870.000	900.000	22.770.000	13.740.000
Wasserkraft	5.000 [kW]	10.840.000	8.560.000	600.000	795.000	20.795.000	17.570.000

Abbildung 152 zeigt die kommunale Wertschöpfung in Variante 2 der Stadt Geretsried aufgeteilt nach den einzelnen Sparten der Erneuerbaren Energien.

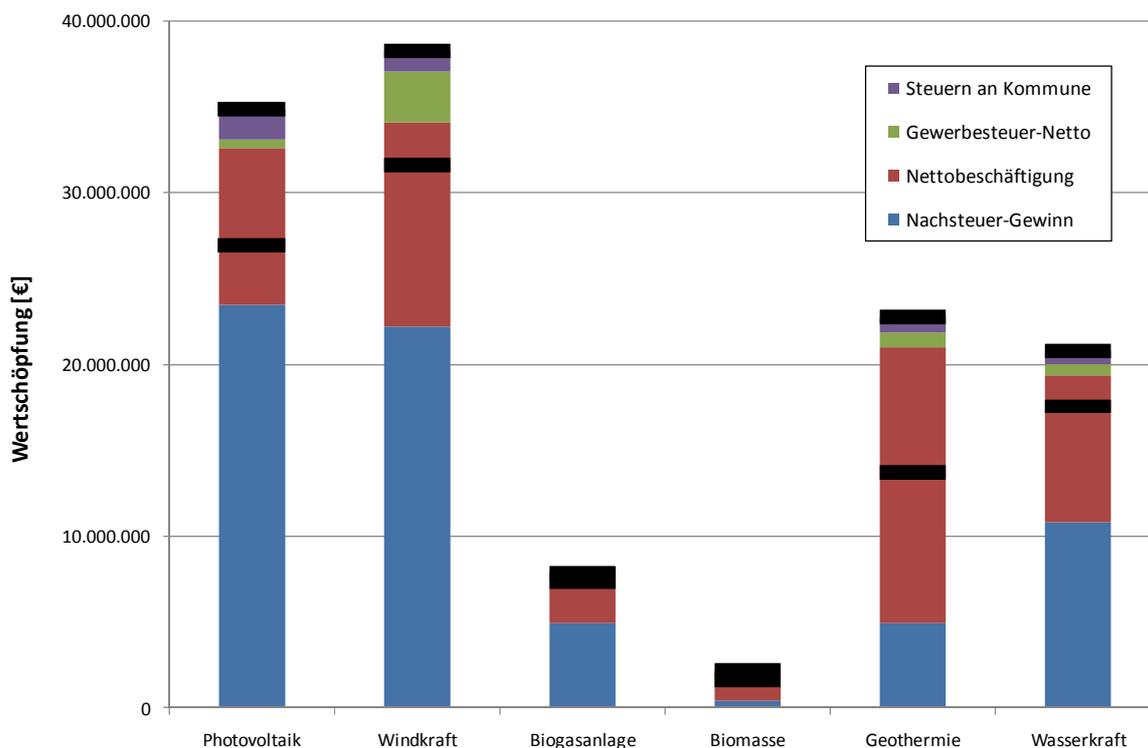


Abbildung 152: Die kommunale Wertschöpfung nach den einzelnen Sparten der Erneuerbaren Energien in der Stadt Geretsried (Variante 2 Photovoltaikausbau)

Abschließend wird die regionale Wertschöpfung betrachtet, die durch Realisierung von Nahwärmernetzen zu erwarten ist. Exemplarisch wird die

- Umsetzung von Variante B (lokales Nahwärmeverbundnetz „OT Stein“)
- und Umsetzung von Variante D (lokales Nahwärmeverbundnetz „Schulzentrum“)

untersucht.

In Variante B wird ein potentielles Nahwärmeverbundnetz im Ortsteil Stein der Stadt Geretsried betrachtet. Bei der Betrachtung der regionalen Wertschöpfung wird hier Variante B.1 (Hackgutkessel mit Spitzenlastkessel) herangezogen, da diese Variante mit 9,9 Cent/kWh die gleichen Wärmegestehungskosten aufzeigt, wie die Referenzvariante. Durch Umsetzung dieser Variante kann

- eine maximale regionale Wertschöpfung von rund 1.400.000 Euro
- eine minimale regionale Wertschöpfung von rund 1.000.000 Euro

erreicht werden.

Variante D betrachtet ein mögliches Nahwärmeverbundnetz der folgenden Liegenschaften:

- Hallenbad
- Bücherei mit Jugendzentrum
- Adalbert-Stifter-Hauptschule
- Gymnasium und Realschule Geretsried.

Bei der Betrachtung der regionalen Wertschöpfung wird hier Variante D.4 (Biomethan-BHKW mit Spitzenlastkessel) herangezogen, da diese Variante mit 5,8 Cent/kWh die niedrigsten Wärmegestehungskosten nach der Referenzvariante aufzeigt. Durch Umsetzung dieser Variante kann

- eine maximale regionale Wertschöpfung von rund 4.700.000 Euro
- eine minimale regionale Wertschöpfung von rund 4.300.000 Euro

erreicht werden.

7 Ausarbeitung eines Konzeptes zur Erstellung einer fortschreibbaren CO₂-Bilanz mit Controlling Konzept

Für die Erfolgskontrolle der grundlegenden und längerfristig definierten Klimaschutzziele, die die Stadt Geretsried beschließen muss, ist ein Kontrollkonzept notwendig. Das grundsätzliche Ziel einer fortschreibbaren CO₂-Bilanz ist die Darstellung der Verbrauchs- und Emissionsentwicklung für ein betreffendes Bilanzgebiet. Die Fortschreibungsbilanz soll primär zeigen, wie sich die CO₂-Emissionen aufgrund der Aktivitäten in der Stadt Geretsried mit der Zeit verändern bzw. wie sich die Emissionsreduktion einzelner Maßnahmen auswirkt.

Mit dem vorliegenden Klimaschutzkonzept wurde eine detaillierte Ausgangsbasis bezüglich des Energieumsatzes (elektrischer und thermischer Energieverbrauch) und der CO₂-Emissionen in den betrachteten Verbrauchergruppen der Stadt Geretsried geschaffen. Die Fortschreibung dieser grundlegenden Bilanzierung bietet eine Kontrollmöglichkeit zum Erreichen der Klimaschutzziele.

Grundvoraussetzung für die erfolgreiche Fortschreibung einer CO₂- 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 CO₂-Bilanz zur Verfügung stehen.

In den Bereich der leitungsgebundenen Energieträger werden Strom- und Erdgasverbräuche eingeordnet. Der elektrische Energieverbrauch der Stadt Geretsried kann vom derzeitigen Energieversorger, der E.ON Bayern AG, aufgelistet nach Tarif und Sonderkunden angefordert werden. Der Erdgasverbrauch kann von der Erdgas Südbayern GmbH angefordert werden. Dieser kann aufgeteilt nach Privat- und Firmenkunden bereitgestellt werden. Hier ist zu beachten, dass ein eventueller Ausbau des Erdgasnetzes in der Stadt Geretsried zu berücksichtigen ist. Des Weiteren müssen die gelieferten Daten witterungsbereinigt werden, um einen Vergleich mit zuvor erhaltenen Daten ziehen zu können. Der Erdgasverbrauch in der Verbrauchergruppe „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“ ist zudem von der wirtschaftlichen Lage abhängig, und daher entsprechend zu korrigieren.

Die Erfassung der nicht-leitungsgebundenen Energieverbräuche (Heizöl, Kohle, etc...) kann mithilfe der Kaminkehrerdaten (installierte Leistung pro Feuerstätte aufgeteilt nach der Brennstoffart) erfasst werden. Hier empfiehlt es sich, einen längeren Zeitraum (3 bis 5 Jahre) zu wählen.

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

- Photovoltaik: Anzahl der Anlagen, die installierte Leistung und die eingespeiste Energiemenge kann vom Netzbetreiber abgefragt werden.
- Solarthermische Anlagen: Diese können online auf der Seite <http://www.solaratlas.de> abgefragt werden.
- Wärmepumpen: Art (Luft-, Erdreich- und Grundwasserwärmepumpe), installierte Leistung sowie die bezogene Strommenge kann über den Netzbetreiber abgefragt werden.
- Windkraft, Wasserkraft: Derzeit existieren im Stadtgebiet Geretsried weder Windkraftanlagen noch Wasserkraftanlagen. Künftige Daten sind vom Netzbetreiber abzufragen.
- Biomasse-Heizsysteme: Anzahl und Leistung von Pelletheizsystemen sind vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle abzufragen. Für Hackschnitzelheizungen sind entsprechende Daten von den Kaminkehrern zu erhalten.
- Weitere BHKW Systeme nach dem KWKG-Gesetz sind vom Netzbetreiber abzufragen.

Um eine fortschreibbare CO₂-Bilanz in der Verbrauchergruppe „Verkehr“ erheben zu können, ist der Bestand an zugelassenen Fahrzeugen im Stadtgebiet Geretsried zu ermitteln. Dieser Datensatz (Art des Kraftfahrzeugs, Anzahl der Zulassungen aufgeteilt nach der Brennstoffart) kann von der zuständigen Zulassungsstelle 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. In Tabelle 68 sind die vorgeschlagenen Kennzahlen, die jährlich ermittelt werden können, dargestellt.

Tabelle 68: Die jährlich zu ermittelten Kennzahlen zur Erstellung einer fortschreibbaren CO₂ Bilanz mit aktuellem Wert

Kennzahl	Wert	Einheit
Stromverbrauch gesamt / Einwohner	4,56	MWh / EW
Stromverbrauch "private Haushalte" / Einwohner	2,06	MWh / EW
Stromverbrauch "Gewerbe, Industrie und Sonderkunden" / Beschäftigte	7,66	MWh / BE
Stromverbrauch "kommunale Liegenschaften" / Einwohner	0,11	MWh / EW
Gasverbrauch gesamt / Einwohner	7,89	MWh _{HS} / EW
Gasverbrauch "private Haushalte" / Einwohner	3,30	MWh _{HS} / EW
Gasverbrauch "Gewerbe, Industrie und Sonderkunden" / Beschäftigte	13,92	MWh _{HS} / BE
Gasverbrauch "kommunale Liegenschaften" / Einwohner	0,25	MWh _{HS} / EW
Primärenergieverbrauch "kommunale Liegenschaften" / Einwohner	0,58	MWh _{Prim} / EW
Primärenergieverbrauch "Verkehr" / Einwohner	11,38	MWh _{Prim} / EW
Endenergieverbrauch "kommunale Liegenschaften" / Einwohner	0,37	MWh _{End} / EW
Endenergieverbrauch "Verkehr" / Einwohner	10,22	MWh _{End} / EW
CO ₂ -Emissionen "kommunale Liegenschaften" / Einwohner	0,13	t / EW
CO ₂ -Emissionen "Verkehr" / Einwohner	3,11	t / EW

Neben den jährlich zu ermittelten Kennzahlen sollten alle drei bis fünf Jahre die in Tabelle 69 dargestellten Kennzahlen ermittelt werden.

Tabelle 69: Die mehrjährig zu ermittelten Kennzahlen für die Stadt Geretsried (drei bis fünf Jahre) zur Erstellung einer fortschreibbaren CO₂ Bilanz mit aktuellem Wert

Kennzahl	Wert	Einheit
Primärenergieverbrauch gesamt / Einwohner	37,69	MWh _{Prim} / EW
Primärenergieverbrauch "private Haushalte" / Einwohner	13,33	MWh _{Prim} / EW
Primärenergieverbrauch "Gewerbe, Industrie und Sonderkunden" / Beschäftigte	39,78	MWh _{Prim} / BE
Endenergieverbrauch gesamt / Einwohner	28,04	MWh _{End} / EW
Endenergieverbrauch "private Haushalte" / Einwohner	9,51	MWh _{End} / EW
Endenergieverbrauch "Gewerbe, Industrie und Sonderkunden" / Beschäftigte	25,49	MWh _{End} / BE
CO ₂ -Emissionen gesamt / Einwohner	9,42	t / EW
CO ₂ -Emissionen "private Haushalte" / Einwohner	3,25	t / EW
CO ₂ -Emissionen "Gewerbe, Industrie und Sonderkunden" / Beschäftigte	9,39	t / BE

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

Hier muss auf eine richtige Deutung der Veränderungen der einzelnen Kennzahlen hingewiesen werden, da z.B. eine Erhöhung des Primärenergieverbrauchs der Verbrauchergruppe „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“ nicht zwingend auf eine Verschlechterung der Energieeffizienz deutet, sondern diese Erhöhung auch eine Steigerung der Produktion (Aufnahme Schichtbetrieb, Ansiedelung neuer Betriebe) zur Folge haben kann.

8 Ausarbeitung eines Konzeptes zur Öffentlichkeitsarbeit

Eine effektive Umsetzung der in diesem Klimaschutzkonzept angeregten Maßnahmen setzt eine regelmäßige Erfolgskontrolle sowie eine begleitende Öffentlichkeitsarbeit voraus. Gerade beim Klimaschutz ist eine kontinuierliche Öffentlichkeitsarbeit wichtig, um Bewusstsein zu schaffen und Verhaltensänderung zu bewirken. Im Stadtgebiet Geretsried sind bereits Vereine und Arbeitsgruppen tätig (Tabelle 70), die im Zuge der Fortführung und Umsetzung des Klimaschutzkonzeptes mit eingebunden werden sollten. Dies betrifft insbesondere die vorgeschlagenen Maßnahmenpakete in den Bereichen der privaten Haushalte, Verkehr, der Wärmenetze sowie der Wasser- und Windkraft.

Wie in den verschiedenen verbrauchergruppenübergreifenden Maßnahmen sowie in den Konzepten für den Ausbau der erneuerbaren Energien aufgezeigt ist, ist die Vernetzung und Bewusstseinsbildung in den Verbrauchergruppen dringend erforderlich, um die gemeinsamen Ziele im Klimaschutz erreichen zu können. Nur durch die Einbindung und regelmäßige Information der beteiligten Personen sowie der Öffentlichkeit sind die dargestellten Maßnahmenpakete realisierbar.

Zielgruppen für die Öffentlichkeitsarbeit sind:

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

Tabelle 70: Überblick der bestehenden Akteure im Bereich Energie und Umweltschutz in der Stadt Geretsried

Energiewende Oberland	
Gegründet:	2005
Region:	Landkreise Bad Töl-Wolfratshausen und Miesbach
Ziel:	Durch Energieeinsparungen sowie den erhöhten und alleinigen Einsatz von regenerativen Energien auf dem Energiesektor bis zum Jahr 2035 autark zu werden.
Tätigkeitsfelder:	Energieeinsparung -> Vorrang vor Erzeugung Effizienzsteigerung -> Technische und nichttechnische Innovationen Erneuerbare Energien -> Regional erzeugen und nutzen
ARGE 21	
Gegründet:	1998, damals Arbeitskreis Wirtschaft
Region:	Landkreise Bad Töl-Wolfratshausen und Miesbach
Ziel:	Den Gedanken des Umweltschutzes laut Rio-Dokumentes von 1992 zu fördern
Tätigkeitsfelder:	Die Unternehmenspolitik möglichst vieler Unternehmen auf ein nachhaltiges Wirtschaften auszurichten Aufbau eines wirksamen betrieblichen Netzwerkes
Wirtschaftsforum Oberland	
Gegründet:	2004
Region:	Wirtschaftsraum Bad Tölz- Geretsried- Wolfratshausen
Ziel:	Der Verein hat sich das Ziel gesetzt, die Zusammenarbeit der Unternehmen, Verbände und Kammern, der Städte und des Landkreises zu intensivieren und neue Synergien freizusetzen
Tätigkeitsfelder:	Die beteiligten Unternehmen haben sich zu einer Projektgruppe zusammengeschlossen, in der konkrete Umsetzungsmaßnahmen zum Thema Nachhaltigkeit initiiert werden
Bund Naturschutz Kreisgruppe Bad Tölz/Wolfratshausen	

Die Ziele der Öffentlichkeitsarbeit können in folgenden Punkten zusammengefasst werden:

Bewusstsein schaffen

Die Bewusstseinsbildung zur Notwendigkeit und Sinnhaftigkeit des kommunalen Klimaschutzes ist zentrale Aufgabe der Öffentlichkeitsarbeit. Klimaschutz muss als selbstverständliche Komponente des alltäglichen Handelns verstanden werden.

Beratung weiter ausbauen

Beratungsbedarf hinsichtlich Gesetze, Verordnungen und Fördermöglichkeiten besteht bei Bürgern, Kunden und Mietern, Hauseigentümern und Unternehmen. Diese Beratung sollte wie bisher von einer zentralen Stelle koordiniert werden und den Bürgern der Stadt Geretsried einen kompetenten, kostengünstigen und klaren Überblick verschaffen.

Handlungsanreize schaffen

Die Öffentlichkeitsarbeit des Klimaschutzkonzeptes soll Anreize zu klimagerechtem Handeln u. a. durch Informationsbereitstellung schaffen. Des Weiteren sollten finanzielle Anreize geschaffen werden. Dies können Mittel Dritter wie (EEG, KWKG, KfW...) sein. Darüber hinaus könnte die Stadt Geretsried zudem weitere Anreize durch die Vermietung von Dachflächen städtischer Liegenschaften für eine Bürgersolaranlage schaffen, bzw. Vergünstigungen bei der Grund- und Gewerbesteuer für klimafreundliches Verhalten beschließen, und besondere Projekte im privaten Bereich (z.B. durch eine grüne Hausnummer) oder im gewerblichen Bereich auszeichnen.

Einer **zentralen Energieberatungsstelle**, unter Einbindung der bereits vorhandenen Energie- und Klimaschutzmanagementstrukturen sowie des städtischen Umweltamtes, kommt eine wichtige Rolle zum Erreichen der gesetzten Klimaschutzziele zu. Von hier aus sollten insbesondere Aufklärungsarbeit, Werbeaktionen und Beratungsdienstleistungen koordiniert werden. Die Aufgaben können wie folgt zusammengefasst werden:

- Büro als „echte“ 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:

- Sanierung von Bestandsgebäuden
- Planung neuer Gebäude (Erneuerbaren Energien Wärmegesetz)
- Überblick möglicher Förderungen und Kreditvergünstigungen
- Energieberatung für kleine und mittelständische Unternehmen
- Energiesparende Geräte und Verbraucher im Haushalt
- Richtiges Nutzerverhalten (Stromanbieter, Stand-by-Verbraucher, Schimmelvermeidung / Wohnklima)
- Beratung im Bereich Mobilität (ÖPNV, Elektrofahrzeuge, Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unterschiedlicher Antriebskonzepte)

Des Weiteren sollten durch **Image-Kampagnen** die Wahrnehmung der Bürger in Geretsried sensibilisiert werden. Insbesondere sollten gezielt Demonstrationsvorhaben mit wissenschaftlicher Begleitung in den Bereichen

- Energieeinsparpotentiale durch energetische Sanierungen von Gebäuden,
- effiziente Stromverbraucher,
- Mobilität ohne Auto (Öffentlichen-Personen-Nah-Verkehr),
- Nutzung solarer Strahlung (Photovoltaik / Solarthermie),
- sowie Energieeinsparung in Betrieben

realisiert werden.

Die übersichtlich gestaltete **Homepage** der Energieberatungsstelle sollte im wöchentlichen 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.

Zielführend ist eine **enge Vernetzung** der Energieberatungsstelle mit der Stadt Geretsried. So kann z. B. die Beratungsstelle aus den ermittelten Energieströmen die Stadt beim CO₂-Monitoring unterstützen. In wie weit diese oder weiterführende Aufgaben übernommen werden können hängt maßgeblich von der Finanzierung der Energieberatungsstelle ab. Darunter können folgende Aufgaben im Bereich Energie fallen:

- Zusammenführung und Kooperation der unterschiedlichen städtischen Einrichtungen
- Beschaffung von Fördermitteln
- Projektleitung
- Schulung von ausführenden Handwerkern
- Federführung eines Klimaschutzfonds

Die **Organisationsstruktur** könnte die Form einer gemeinnützigen Gesellschaft annehmen. Zum Geschäftsführer und der Gesellschafterversammlung sollte ein unterstützender Beirat gebildet werden. Mögliche Gesellschafter sind:

- Stadt Geretsried
- Baugenossenschaft Geretsried
- IHK
- HWK
- Regionale Banken

Als Beirat werden vorgeschlagen:

- Politiker
- Wissenschaftler
- Handwerker
- Akteure der Agenda 21

Die **Finanzierung** der Energieberatungsstelle sollte über einen Zeitraum von z.B. 5 Jahren gesichert sein. Einnahmen könnten durch eine Reihe von Leistungen erzielt werden:

- Fortbildungsveranstaltungen (Handwerker, Architekten)
- Softwarebasierende Berechnungen
- Energieliefer- und Einsparcontracting
- Detaillierte Beratung von Bauherren oder Hausbesitzern
- Konzepterstellung (im Bereich Energieeinsparung und Energieversorgung)

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 der Stadt Geretsried. In Abbildung 153 ist schematisch ein Idealbild zum Ablauf und zur Umsetzung eines kommunalen Klimaschutzkonzeptes mit der Einbindung der verschiedenen Akteure dargestellt.

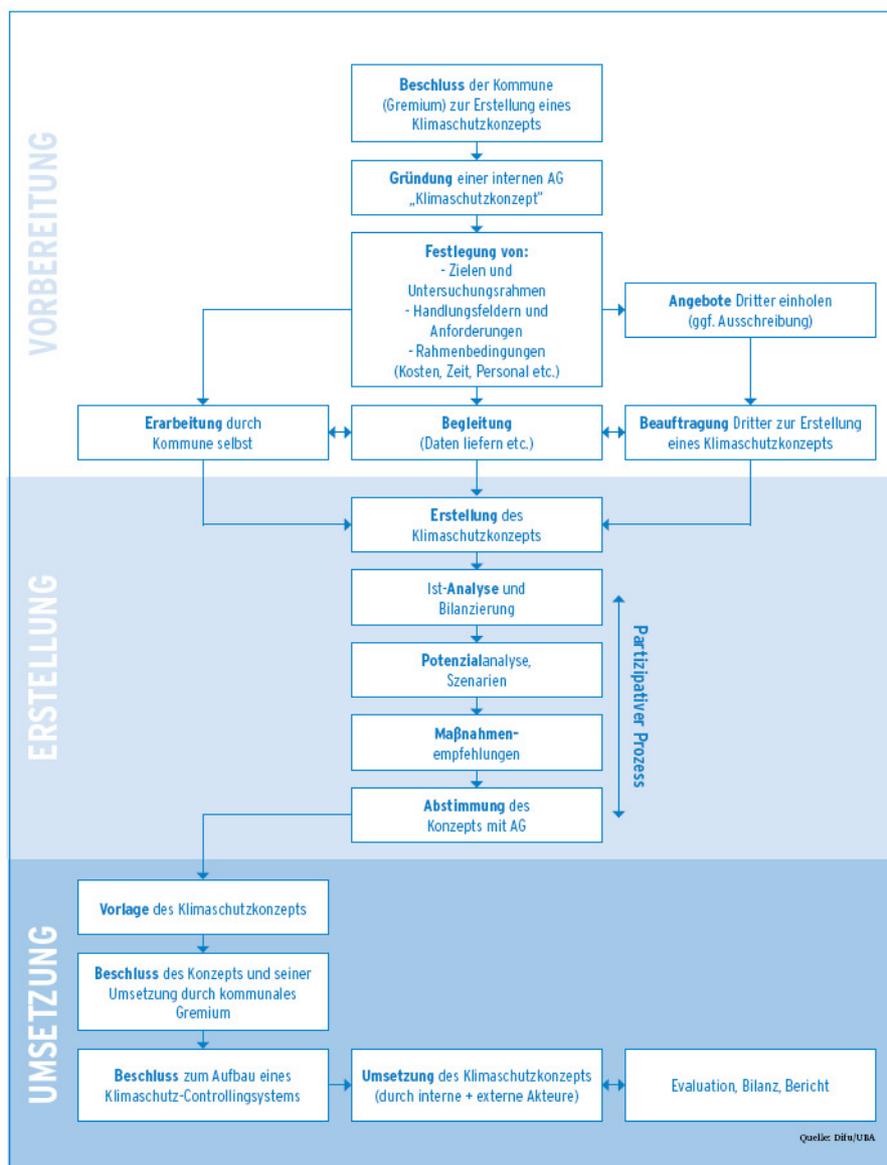


Abbildung 153: Schematisches Idealbild zum Ablauf und zur Umsetzung eines kommunalen Klimaschutzkonzeptes mit der Einbindung der verschiedenen Akteure

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Luftaufnahme von Geretsried und Umland [2].....	13
Abbildung 2: Die Entwicklung der Einwohnerzahlen im Stadtgebiet Geretsried [1]	14
Abbildung 3: Die Entwicklung der Beschäftigungszahlen im Stadtgebiet Geretsried [1].....	15
Abbildung 4: Die Entwicklung der Flächenverteilung im Stadtgebiet Geretsried [1]	16
Abbildung 5: Der Stromverbrauch der privaten Haushalte im Abrechnungsjahr 2008 aufgeteilt nach den beiden Nutzungsarten [4].....	24
Abbildung 6: Der Stromverbrauch der kommunalen Liegenschaften (2006 bis 2009) [4]	26
Abbildung 7: Der Erdgasverbrauch der kommunalen Liegenschaften der letzten drei Abrechnungszeiträume [5].....	28
Abbildung 8: Die Anzahl der Photovoltaikanlagen und ihre zugehörige installierte Leistung in der Stadt Geretsried [7]	33
Abbildung 9: Der Endenergieverbrauch der Verbrauchergruppe „private Haushalte“	38
Abbildung 10: Der Endenergieverbrauch der Verbrauchergruppe „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“	39
Abbildung 11: Der Endenergieverbrauch der Verbrauchergruppe „kommunale Liegenschaften“	40
Abbildung 12: Der Endenergieverbrauch der Verbrauchergruppe „Verkehr“	41
Abbildung 13: Der Endenergieverbrauch aufgeteilt nach den einzelnen Verbrauchergruppen	42
Abbildung 14: Der Primärenergieverbrauch der Verbrauchergruppe „private Haushalte“	45
Abbildung 15: Der Primärenergieverbrauch der Verbrauchergruppe „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“	46
Abbildung 16: Der Primärenergieverbrauch der Verbrauchergruppe „kommunale Liegenschaften“	47

Abbildung 17: Der Primärenergieverbrauch der Verbrauchergruppe „Verkehr“	50
Abbildung 18: Der Primärenergieverbrauch aufgeteilt nach den einzelnen Verbrauchergruppen	52
Abbildung 19: Der CO ₂ -Ausstoß der Verbrauchergruppe „private Haushalte“	54
Abbildung 20: Der CO ₂ -Ausstoß der Verbrauchergruppe „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“	55
Abbildung 21: Der CO ₂ -Ausstoß der Verbrauchergruppe „kommunale Liegenschaften“	56
Abbildung 22: Der CO ₂ -Ausstoß der Verbrauchergruppe „Verkehr“	58
Abbildung 23: Der CO ₂ -Ausstoß aufgeteilt nach den einzelnen Verbrauchergruppen.....	59
Abbildung 24: Die zurückliegende sowie die prognostizierte Entwicklung der Einwohnerzahlen im Freistaat Bayern [23]	60
Abbildung 25: Die Veränderung der Altersgruppenstruktur des Freistaates Bayern [23].....	61
Abbildung 26: Die zurückliegende sowie die prognostizierte Entwicklung der Einwohnerzahlen des Regierungsbezirks Oberbayern [23]	62
Abbildung 27: Die Veränderung der Altersgruppenstruktur des Regierungsbezirks Oberbayern [23]	63
Abbildung 28: Die zurückliegende sowie die prognostizierte Entwicklung der Einwohnerzahlen der Stadt Geretsried [23]	64
Abbildung 29: Die Veränderung der Altersgruppenstruktur der Stadt Geretsried [23]	65
Abbildung 30: Die Entwicklung des Wohngebäudebestandes in der Stadt Geretsried [2]	66
Abbildung 31: Die Veränderung der Haushaltsgrößen in der Bundesrepublik Deutschland des letzten Jahrhunderts [14]	67
Abbildung 32: Die Wohnflächenentwicklung pro Kopf im Bundesland Bayern der letzten 20 Jahre [15]	68
Abbildung 33: Die Entwicklung der Wohnfläche pro Kopf [41]	69
Abbildung 34: Auszug aus dem Regionalplan Oberland [23]	70

Abbildung 35: Die Aufteilung des Endenergieverbrauch der private Haushalte in der Bundesrepublik Deutschland [18].....	74
Abbildung 36: Das thermographische Bild eines Gebäudes vor der Sanierung der Gebäudehülle [19].....	75
Abbildung 37: Der Primärenergiebedarf des Musterhauses im Ist-Zustand [20]	76
Abbildung 38: Das thermographische Bild eines Gebäudes vor und nach der Sanierung der Gebäudehülle [19].....	76
Abbildung 39: Der Primärenergiebedarf des Musterhauses nach der Sanierung der Gebäudehülle [20].....	77
Abbildung 40: Der Vergleich einer veralteten mit einer erneuerten Heiztechnik [21].....	78
Abbildung 41: Der Primärenergiebedarf des Musterhauses nach Erneuerung der Heiztechnik der Gebäudehülle [20].....	79
Abbildung 42: Die Zusammensetzung des Stromverbrauchs in einem durchschnittlichen 4-Personen-Haushalt [22].....	80
Abbildung 43: Die Einsparung an thermischer Endenergie durch Sanierung der Gebäudehülle und Erneuerung der Heiztechnik im Bereich der privaten Haushalte	81
Abbildung 44: Die CO ₂ -Einsparung durch Umsetzung verschiedener Potentiale im Bereich der privaten Haushalte	82
Abbildung 45: Aufteilung des Stromverbrauchs im Bereich der elektrischen Antriebe [16].....	84
Abbildung 46: Vergleich eines herkömmlichen Antriebes mit einem optimierten Antrieb [16]	85
Abbildung 47: Der Aufbau eines typischen Druckluftsystems [17]	86
Abbildung 48: Der schematischer Aufbau einer typischen Kälteanlage [16].....	87
Abbildung 49: Die Einsparpotentiale im Bereich der Beleuchtungstechnik [16].....	89
Abbildung 50: Die Energieeffizienz verschiedener Leuchtmittel [23].....	92
Abbildung 51: Die Einsparung an thermischer Endenergie durch Sanierung der Gebäudehülle und Erneuerung der Heiztechnik im Bereich der kommunalen Liegenschaften.....	93

Abbildung 52: Die CO ₂ -Einsparung durch Umsetzung verschiedener Potentiale im Bereich der kommunalen Liegenschaften.....	94
Abbildung 53: Die Aufteilung der CO ₂ -Emissionen in der Verbrauchergruppe Verkehr aufgelistet nach den verschiedenen Fahrzeugarten	95
Abbildung 54: Der Verkehrslinienplan des Stadtgebietes Geretsried [24]	96
Abbildung 55: Die CO ₂ -Emissionen verschiedener Kraftstoffarten [25].....	97
Abbildung 56: Die maximal möglichen Einsparpotentiale beim Kraftstoffverbrauch [25]	99
Abbildung 57: Die unterschiedlichen Reichweiten mit verschiedenen Batterietypen [25]	100
Abbildung 58: Eine Übersicht über die Nutzungsmöglichkeiten der erneuerbaren Energien [26].....	102
Abbildung 59: Ein Vergleich der erneuerbaren Energien bezüglich ihrer Energieausbeute [MWh/ha*a]	104
Abbildung 60: Der erneuerbare Energiemix in der Bundesrepublik Deutschland 2007 [27]	105
Abbildung 61: Die Weißflächenkartierung der Stadt Geretsried	110
Abbildung 62: Die Leistungskennlinie der Enercon E 101 [28].....	111
Abbildung 63: Die Abstände einer Windenergieanlage in Abhängigkeit der Windrichtung ..	112
Abbildung 64: Das Windpotentialgebiet in der Stadt Geretsried.....	113
Abbildung 65: Die Entwicklung der installierten Leistung im Bereich der Photovoltaik in Deutschland [29]	115
Abbildung 66: Die Entwicklung des Marktes im Bereich der Solarthermie in Deutschland [29]	116
Abbildung 67: Eine Übersicht über die Energiegewinnung aus Biomasse [31]	120
Abbildung 68: Der Materialfluss von Holz durch die Volkswirtschaft [32]	121
Abbildung 69: Das Geothermiepotential in der Bundesrepublik Deutschland [34].....	127
Abbildung 70: Das Geothermiepotential im Bundesland Bayern [35].....	128

Abbildung 71: Die Abhängigkeit der Wassertemperaturen von der Tiefe bei Geothermie [36]	129
Abbildung 72: Die Wärmebereitstellung durch Geothermie in Deutschland [37]	130
Abbildung 73: Die derzeitige und prognostizierte Strombereitstellung durch Wasserkraft in Deutschland [38]	133
Abbildung 74: Auszug aus dem Regionalplan Oberland [23]	134
Abbildung 75: Mögliche Gewässerbereiche zur Wasserkraftnutzung [23].....	135
Abbildung 76: Das Wärmekataster der Stadt Geretsried bei 100 % Anschlussdichte	137
Abbildung 77: Der Wärmekataster der Stadt Geretsried mit einer Anschlussdichte von 60 Prozent.....	138
Abbildung 78: Prinzipskizze Biomasse-ORC-Heizkraftwerk.....	153
Abbildung 79: Der mögliche Verlauf des Nahwärmenetzes Variante A.1	155
Abbildung 80: Der monatliche Gesamtwärmebedarf des Verbundnetzes A.1	156
Abbildung 81: Die geordnete Jahresdauerlinie des thermischen Leistungsbedarfs des Verbundnetzes A.1	157
Abbildung 82: Die Jahresdauerlinie der Variante A.1	158
Abbildung 83: Die Jahresdauerlinie der Variante A.2.....	159
Abbildung 84: Die Jahresdauerlinie der Variante A.3.....	160
Abbildung 85: Die Jahresdauerlinie der Variante A.4.....	161
Abbildung 86: Die prognostizierten Investitionskosten der Wärmeversorgungsvarianten A	162
Abbildung 87: Die CO ₂ -Bilanz der Energieversorgungsvarianten A	163
Abbildung 88: Der mögliche Verlauf des Nahwärmeverbundnetzes „OT Stein“	165
Abbildung 89: Der monatliche Gesamtwärmebedarf des Nahwärmeverbundnetzes „OT Stein“	166

Abbildung 90: Die geordnete Jahresdauerlinie des thermischen Leistungsbedarfs des Nahwärmeverbundnetzes B	167
Abbildung 91: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Stein“: Die Jahresdauerlinie der Variante B.1	169
Abbildung 92: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Stein“: Die Jahresdauerlinie der Variante B.2	171
Abbildung 93: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Stein“: Die Jahresdauerlinie der Variante B.3	172
Abbildung 94: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Stein“: Die Jahresdauerlinie der Variante B.4	173
Abbildung 95: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Stein“: Die Jahresdauerlinie der Variante B.5	174
Abbildung 96: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Stein“: Die prognostizierten Investitionskosten.....	175
Abbildung 97: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Stein“: Die CO ₂ -Bilanz der Varianten.....	176
Abbildung 98: Der mögliche Verlauf des Nahwärmeverbundnetzes „OT Geretsried“	178
Abbildung 99: Der monatliche Gesamtwärmebedarf des Nahwärmeverbundnetzes „OT Geretsried“	179
Abbildung 100: Die geordnete Jahresdauerlinie des thermischen Leistungsbedarf des Nahwärmeverbundnetzes.....	180
Abbildung 101: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Geretsried“: Die Jahresdauerlinie der Variante C.1	182
Abbildung 102: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Geretsried“: Die Jahresdauerlinie der Variante C.2	184
Abbildung 103: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Geretsried“: Die Jahresdauerlinie der Variante C.3	185
Abbildung 104: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Geretsried“: Die Jahresdauerlinie der Variante C.4	186

Abbildung 105: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Geretsried“: Die Jahresdauerlinie der Variante C.5	187
Abbildung 106: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Geretsried“: Die prognostizierten Investitionskosten.....	188
Abbildung 107: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Geretsried“: Die CO ₂ -Bilanz der Varianten	189
Abbildung 108: Der mögliche Verlauf des Nahwärmeverbundnetz „Schulzentrum“	191
Abbildung 109: Der monatliche Gesamtwärmebedarf des Nahwärmeverbundnetzes „Schulzentrum“	192
Abbildung 110: Die geordnete Jahresdauerlinie des thermischen Leistungsbedarfs des Nahwärmeverbundnetzes „Schulzentrum“	193
Abbildung 111: Das Nahwärmeverbundnetz „Schulzentrum“: Die Jahresdauerlinie der Variante D.1	195
Abbildung 112: Das Nahwärmeverbundnetz „Schulzentrum“: Die Jahresdauerlinie der Variante D.2	197
Abbildung 113: Das Nahwärmeverbundnetz „Schulzentrum“: Die Jahresdauerlinie der Variante D.3	198
Abbildung 114: Das Nahwärmeverbundnetz „Schulzentrum“: Die Jahresdauerlinie der Variante D.4	199
Abbildung 115: Das Nahwärmeverbundnetz „Schulzentrum“: Die prognostizierten Investitionskosten.....	200
Abbildung 116: Das Nahwärmeverbundnetz „Schulzentrum“: Die CO ₂ -Bilanz der Varianten	201
Abbildung 117: Der mögliche Verlauf des Nahwärmeverbundnetzes „OT Gartenberg“.....	203
Abbildung 118: Der monatliche Gesamtwärmebedarf des Nahwärmeverbundnetzes.....	204
Abbildung 119: Die geordnete Jahresdauerlinie des thermischen Leistungsbedarfs des Nahwärmeverbundnetzes.....	205

Abbildung 120: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Gartenberg“: Die Jahresdauerlinie der Variante E.1	207
Abbildung 121: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Gartenberg“: Die Jahresdauerlinie der Variante E.2	209
Abbildung 122: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Gartenberg“: Die Jahresdauerlinie der Variante E.3	210
Abbildung 123: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Gartenberg“: Die Jahresdauerlinie der Variante E.4	211
Abbildung 124: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Gartenberg“: Die Jahresdauerlinie der Variante E.5	212
Abbildung 125: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Gartenberg“: Die prognostizierten Investitionskosten.....	213
Abbildung 126: Das Nahwärmeverbundnetz „OT Gartenberg“: Die CO ₂ -Bilanz der Varianten	214
Abbildung 127: Die Isardammschule	215
Abbildung 128: Der monatliche Gesamtwärmebedarf der Isardammschule.....	216
Abbildung 129: Die geordnete Jahresdauerlinie des thermischen Leistungsbedarfs der Isardammschule.....	217
Abbildung 130: Die Isardammschule: Die Jahresdauerlinie der Variante F.0.....	218
Abbildung 131: Die Isardammschule: Die Jahresdauerlinie der Variante F.1	219
Abbildung 132: Die Isardammschule: Die Jahresdauerlinie der Variante F.2.....	220
Abbildung 133: Die Isardammschule: Die prognostizierten Investitionskosten.....	221
Abbildung 134: Die Isardammschule: Die CO ₂ -Bilanz der Varianten	222
Abbildung 135: Die geometrischen Daten des Mustergebäudes.....	224
Abbildung 136: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse I im Ist-Zustand.....	225
Abbildung 137: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse I im modernisierten Zustand	226

Abbildung 138: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse II im Ist-Zustand.....	227
Abbildung 139: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse II im modernisierten Zustand	228
Abbildung 140: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse III im Ist-Zustand.....	229
Abbildung 141: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse III im modernisierten Zustand ...	230
Abbildung 142: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse IV im Ist-Zustand	231
Abbildung 143: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse IV im modernisierten Zustand...	232
Abbildung 144: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse V im Ist-Zustand	233
Abbildung 145: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse V im modernisierten Zustand....	234
Abbildung 146: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse VI im Ist-Zustand	235
Abbildung 147: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse VI im modernisierten Zustand...	236
Abbildung 148: Die potentiellen CO ₂ -Einsparpotentiale durch den Einsatz erneuerbarer Energien.....	241
Abbildung 149: Zentrale Bestandteile kommunaler Wertschöpfung [39]	252
Abbildung 150: Einflussfaktoren auf die kommunale Wertschöpfung [38]	253
Abbildung 151: Die kommunale Wertschöpfung nach den einzelnen Sparten der Erneuerbaren Energien in der Stadt Geretsried (Variante 1 Solarthermieausbau).....	258
Abbildung 152: Die kommunale Wertschöpfung nach den einzelnen Sparten der Erneuerbaren Energien in der Stadt Geretsried (Variante 2 Photovoltaikausbau).....	259
Abbildung 153: Schematisches Idealbild zum Ablauf und zur Umsetzung eines kommunalen Klimaschutzkonzeptes mit der Einbindung der verschiedenen Akteure	271

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Die Verteilung der Flächen nach ihrer Nutzungsart (Stand 2004) [1].....	16
Tabelle 2: Der elektrische Energiebedarf aufgeteilt nach den einzelnen Verbrauchergruppen [4].....	23
Tabelle 3: Der Stromverbrauch der kommunalen Liegenschaften im Abrechnungsjahr 2008 [4].....	25
Tabelle 4: Der Erdgasverbrauch aufgeteilt nach den einzelnen Verbrauchergruppen [5].....	27
Tabelle 5: Der Erdgasverbrauch der kommunalen Liegenschaften im Abrechnungszeitraum 2008/2009 [5]	27
Tabelle 6: Die Aufteilung des Biomassebedarfs im Stadtgebiet Geretsried.....	31
Tabelle 7: Die Anzahl der Photovoltaikanlagen und ihre zugehörige installierte Leistung in der Stadt Geretsried [7]	33
Tabelle 8: Die Anzahl der Wärmepumpen, ihre zugehörige Leistung und die erzeugten bzw. verbrauchten Energiemengen [9]	36
Tabelle 9: Der Endenergieverbrauch der Verbrauchergruppe „private Haushalte“	37
Tabelle 10: Der Endenergieverbrauch der Verbrauchergruppe „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“	38
Tabelle 11: Der Endenergieverbrauch der Verbrauchergruppe „kommunale Liegenschaften“	39
Tabelle 12: Der Endenergieverbrauch der Verbrauchergruppe „Verkehr“	40
Tabelle 13: Der Endenergieverbrauch aufgeteilt nach den einzelnen Verbrauchergruppen..	42
Tabelle 14: Der kumulierte Energieaufwand für verschiedene Energieträger [10].....	43
Tabelle 15: Der Primärenergieverbrauch der Verbrauchergruppe „private Haushalte“	44
Tabelle 16: Der Primärenergieverbrauch der Verbrauchergruppe „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“	46

Tabelle 17: Der Primärenergieverbrauch der Verbrauchergruppe „kommunale Liegenschaften“	47
Tabelle 18: Die durchschnittliche Fahrleistung nach den verschiedenen Fahrzeugarten [11]	48
Tabelle 19: Der durchschnittliche Verbrauch aufgeteilt nach Fahrzeug und Antriebsart [11].	49
Tabelle 20: Die Heizwerte für verschiedene Kraftstoffarten	49
Tabelle 21: Der Primärenergieverbrauch der Verbrauchergruppe „Verkehr“	50
Tabelle 22: Der Primärenergieverbrauch aufgeteilt nach den einzelnen Verbrauchergruppen	51
Tabelle 23: Die CO ₂ -Äquivalente für die verschiedenen Energieträger [10]	53
Tabelle 24: Der CO ₂ -Ausstoß der Verbrauchergruppe „private Haushalte“	54
Tabelle 25: Der CO ₂ -Ausstoß der Verbrauchergruppe „Gewerbe, Industrie und Sonderkunden“	55
Tabelle 26: Der CO ₂ -Ausstoß der Verbrauchergruppe „kommunale Liegenschaften“	56
Tabelle 27: Die CO ₂ -Äquivalente für die verschiedenen Kraftstoffe [11]	57
Tabelle 28: Der CO ₂ -Ausstoß der Verbrauchergruppe „Verkehr“	57
Tabelle 29: Der CO ₂ -Ausstoß aufgeteilt nach den einzelnen Verbrauchergruppen.....	58
Tabelle 30: Überblick über Maßnahmen und Einsparpotentiale im Bereich der Maschinen –, Anlagen- und Antriebstechnik [16].....	85
Tabelle 31: Gasertrag verschiedener Substrate aus dem landwirtschaftlichen Bereich [33]	123
Tabelle 32: Der Gasertrag verschiedener Substrate aus dem agroindustriellen Bereich [33]	124
Tabelle 33: Der Gasertrag verschiedener Substrate aus organischen Reststoffen von Stadt und Haushalten [33]	124
Tabelle 34: Der Gasertrag aus Grünschnitt [33].....	124

Tabelle 35: Der mögliche Biogasertrag aus tierischen Ausscheideprodukten in der Stadt Geretsried [1]	125
Tabelle 36: Die mögliche CO ₂ -Einsparung durch Umsetzung der Potentiale	126
Tabelle 37 Die Abstufungen der verschiedenen Wärmebelegungen bezüglich des Wärmekatasters	136
Tabelle 38: Die Kenndaten des Nahwärmenetzes Variante A.1	155
Tabelle 39: Die Kenndaten des Nahwärmeverbundnetzes	165
Tabelle 40: Die Kenndaten des Nahwärmeverbundnetzes C	178
Tabelle 41: Die Kenndaten des Nahwärmeverbundnetzes D	191
Tabelle 42: Die Kenndaten des Nahwärmeverbundnetzes E „OT Gartenberg“	203
Tabelle 43: Die Aufteilung der Bauteile des Gebäudes mit den zugehörigen Flächen	224
Tabelle 44: Die U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile der Baualterklasse I im Ist-Zustand	225
Tabelle 45: Die U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile der Baualterklasse I im Ist-Zustand und im modernisierten Zustand	226
Tabelle 46: Die U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile der Baualterklasse II im Ist-Zustand	227
Tabelle 47: Die U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile der Baualterklasse II im Ist-Zustand und im modernisierten Zustand	228
Tabelle 48: Die U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile der Baualterklasse III im Ist-Zustand	229
Tabelle 49: Die U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile der Baualterklasse III im Ist-Zustand und im modernisierten Zustand	230
Tabelle 50: Die U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile der Baualterklasse IV im Ist-Zustand	231
Tabelle 51: Die U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile der Baualterklasse IV im Ist-Zustand und im modernisierten Zustand	232

Tabelle 52: Die U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile der Baualterklasse V im Ist-Zustand	233
Tabelle 53: Die U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile der Baualterklasse V im Ist-Zustand und im modernisierten Zustand	234
Tabelle 54: Die U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile der Baualterklasse VI im Ist-Zustand	235
Tabelle 55: Die U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile der Baualterklasse VI im Ist-Zustand und im modernisierten Zustand	236
Tabelle 56: Die Auswirkungen energetischer Sanierungen gemäß EnEV Vorgaben auf die unterschiedlichen Baualterklassen	237
Tabelle 57: Die klimaschutzbedingten Mehrkosten der Varianten B.0 bis B.5.....	243
Tabelle 58: Die klimaschutzbedingten Mehrkosten der Varianten C.0 bis C.5	244
Tabelle 59: Die klimaschutzbedingten Mehrkosten der Varianten D.0 bis D.4	245
Tabelle 60: Die klimaschutzbedingten Mehrkosten der Varianten E0 bis E.5.....	246
Tabelle 61: Die klimaschutzbedingten Mehrkosten der Varianten F0 bis F.2	247
Tabelle 62: Die Auswirkungen energetischer Sanierungen gemäß den EnEV Vorgaben auf die unterschiedliche Baualterklassen.....	248
Tabelle 63: Die Zusammenfassung der Wertschöpfungseffekte für die verschiedenen Erneuerbare Energien [39]	256
Tabelle 64: Die Potentiale im Bereich der Erneuerbaren Energien (Variante 1).....	257
Tabelle 65: Die maximale und minimale kommunale Wertschöpfung in der Stadt Geretsried (Variante 1)	257
Tabelle 66: Die Potentiale im Bereich der Erneuerbaren Energien (Variante 2).....	258
Tabelle 67: Die maximale und minimale kommunale Wertschöpfung in der Stadt Geretsried (Variante 2)	259
Tabelle 68: Die jährlich zu ermittelten Kennzahlen zur Erstellung einer fortschreibbaren CO ₂ Bilanz mit aktuellem Wert	263

Tabelle 69: Die mehrjährig zu ermittelten Kennzahlen für die Stadt Geretsried (drei bis fünf Jahre) zur Erstellung einer fortschreibbaren CO ₂ Bilanz mit aktuellem Wert	264
Tabelle 70: Überblick der bestehenden Akteure im Bereich Energie und Umweltschutz in der Stadt Geretsried	266

11 Quellenangaben

- [1] **Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung;** Statistik Kommunal 2008-Stadt Geretsried; München; Stand 2009
- [2] **Google Inc.; Google Earth 2010 (v.5.2.1.1588);** Stand 2010
- [3] **Bundesministerium der Justiz;** URL: www.bmj.bund.de; [11.10.20109]
- [4] **E.ON Bayern AG;** Stromverbrauch der Stadt Geretsried; Regensburg; Stand 2010
- [5] **Erdgas Südbayern GmbH;** Erdgasabrechnung für die Stadt Geretsried; München; Stand 2010
- [6] **Kaminkehrer;** Installierte Wärmeerzeuger mit den entsprechenden installierten Leistungen; Geretsried; 2010
- [7] **E.ON Bayern AG;** Installierte Photovoltaikleistung in der Gemeinde Geretsried; Regensburg; Stand 2010
- [8] **Solaratlas-Vertriebskompass für die Solarbranche;** URL: <http://www.solaratlas.de>; Stand 2010
- [9] **E.ON Bayern AG;** Installierte Wärmepumpen in der Gemeinde Geretsried; Regensburg; Stand 2010
- [10] **IWU-Institut für Wohnen und Umwelt;** Kumulierter Energieaufwand und CO₂-Emissionsfaktoren verschiedener Energieträger und –versorgungen; Stand 2009
- [11] **Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung;** Verkehr in Zahlen 2009/2010; Berlin; 2010
- [12] **Statistisches Bundesamt;** Bevölkerung Deutschlands bis 2060; Wiesbaden; 2010
- [13] **Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung;** Bevölkerungsentwicklung in Bayern bis 2050; München; 2005
- [14] **Statistisches Bundesamt;** Datenreport Bonn; Wiesbaden; 2002
- [15] **Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit;** URL: <http://www.stmug.bayern.de>; Stand 2010

- [16] **Bayerisches Landesamt für Umwelt;** Leitfaden für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe; Augsburg; 2009
- [17] **Bayerisches Landesamt für Umwelt;** Effiziente Druckluftsysteme; Augsburg; 2004
- [18] **Franz Brunner Heizungsbau;** URL: <http://www.brunner-heizung.de>; Stand 2010
- [19] **ZBOE Dämmtechnik;** URL: <http://www.zboe-daemntechnik.de>; Stand 2010
- [20] **Thomas Janker;** Energieberatungsbericht Musterhaus 1984-1994; Stand 2010
- [21] **Gebäudeenergieberater Gerold Gruber;** URL: <http://www.gerold-bruder.eu>; Stand 2010
- [22] **Strom-Prinz.de;** URL: <http://www.strom-prinz.de>; Stand 2010
- [23] **Planungsverband Region Oberland;** Regionalplan Oberland; Stand 1988
- [24] **Stadt Geretsried;** URL: <http://www.geretsried.de>; Stand 2010
- [25] **ADAC;** Zukunftstechnologien - Was uns morgen antreiben wird; München; 2009
- [26] **Universität Kassel;** Geothermievorlesung SS 2010; URL: <http://www.uni-kassel.de>; Stand 2020
- [27] **Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit;** URL: <http://www.bmu.de>; Stand 2010
- [28] **Enercon;** Enercon Windenergieanlagen – Produktübersicht; URL: <http://www.enercon.de>; Stand 2010
- [29] **Bundesverband Solarwirtschaft;** URL: <http://www.solarwirtschaft.de>; Stand 2010
- [30] **Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd;** Großflächige Solar- und Photovoltaikanlagen im Freiraum – Leitfaden für die Bewertung aus raumordnerischer und landesplanerischer Sicht; Neustadt an der Weinstraße; 2007
- [31] **Welt der Physik;** URL: <http://www.weltderphysik.de>; Stand 2010
- [32] **Martin Kaltschmitt, Hans Hartmann, Hermann Hofbauer;** Energie aus Biomasse; Springer Verlag; 2009.

- [33] **Fachagentur nachwachsende Rohstoffe**; Handreichung Biogasgewinnung und –nutzung; Gölzow; 2005
- [34] **Geothermieprojekte**; URL: <http://www.geothermieprojekte.de>; Stand 2010
- [35] **Deutsches Museum**; URL: <http://www.deutsches-museum.de>; Stand 2010
- [36] **Ariva**; URL: <http://www.ariva.de>; Stand 2010
- [37] **Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit**; Erneuerbare Energien in Zahlen; Berlin; 2009
- [38] **Agentur für erneuerbare Energien**; URL: <http://www.unendlich-viel-energie.de>; Stand 2010
- [39] **Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)**; Kommunale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien; Berlin; 2010
- [40] **ENEX Power Germany GmbH**; Vorschlag bezüglich der Vergütung für Wärme aus dem Geothermieprojekt Geretsried; Wolfratshausen; 01.12.2010
- [41] **Planungsverband Äußerer Wirtschaftsraum München**; Stadt Geretsried 2008 – Landkreis Bad Tölz – Wolfratshausen; München; November 2008
- [42] **EUR-LEX – Der Zugang zum EU-Recht**; URL: <http://www.eur-lex.europa.eu>; Stand 2010
- [43] **Bayerisches Landesamt für Umwelt**; FFH-Gebietsvorschlag; 2004
- [44] **Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie**; Bayerischer Geothermieatlas; September 2004
- [45] **Quaschnig, Volker**; Systemtechnik einer klimaverträglichen Elektrizitätsversorgung in Deutschland für das 21. Jahrhundert; Düsseldorf; 2000
- [46] **Gabler Wirtschaftslexikon**; URL: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de>; Stand 2010

12 Anhang

12.1 Anhang 1: Energieberatungsbericht für ein Musterhaus Baujahr 1984 bis 1994

Energieberatungsbericht



Gebäude: Musterhaus Baujahr 1984-1994

Auftraggeber: Max Mustermann
Musterstraße 1
10000 Musterstadt

Erstellt von: Thomas Janker

Erstellt am: 19. Juli 2010

Allgemeine Angaben zum Gebäude

Beschreibung:

Gebäudetyp:	freistehendes Einfamilienhaus
Baujahr:	1990
Wohneinheiten:	1

Beheiztes Volumen V_e : 600 m³

Das beheizte Volumen wurde gemäß EnEV unter Verwendung von Außenmaßen ermittelt.

Nutzfläche A_N nach EnEV: 192 m²

Die Bezugsfläche A_N in m² wird aus dem Volumen des Gebäudes mit einem Faktor von 0,32 ermittelt. Dadurch unterscheidet sich die Bezugsfläche im Allgemeinen von der tatsächlichen Wohnfläche.

Lüftung:

Das Gebäude wird mittels Fensterlüftung belüftet.

Nutzerverhalten:

Für die Berechnung dieses Berichts wurde das EnEV-Standard-Nutzerverhalten zugrundegelegt:

mittlere Innentemperatur:	19,0 °C,
Luftwechselrate:	0,70 h ⁻¹ ,
interne Wärmegewinne:	6572 kWh pro Jahr,
Warmwasser-Wärmebedarf:	2400 kWh pro Jahr.

Verbrauchsangaben:

Bei der Berechnung dieses Berichts wurden das EnEV-Standard-Nutzerverhalten und die Standard-Klimabedingungen für Deutschland zugrundegelegt. Daher können aus den Ergebnissen keine Rückschlüsse auf die absolute Höhe des Brennstoffverbrauchs gezogen werden.

Ist-Zustand des Gebäudes

Gebäudehülle

In der folgenden Tabelle finden Sie eine Zusammenstellung der einzelnen Bauteile der Gebäudehülle mit ihren momentanen U-Werten. Zum Vergleich sind die Mindestanforderungen angegeben, die die EnEV bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden stellt. Die angekreuzten Bauteile liegen deutlich über diesen Mindestanforderungen und bieten daher ein Potenzial für energetische Verbesserungen.

	Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert (IST) in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K
	OG	Oberste Geschossdecke	120	0,40	0,24
X	WA	Außenwand	188	0,60	0,24
X	FA	Einfachverglasung	32	5,00	1,30
X	BK	Kellerdecke	120	0,60	0,30

*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Bei Innendämmung darf ein Wärmedurchgangskoeffizient von 0,35 W/m²K nicht überschritten werden. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke einzubauen. Wird bei vorhandenen Fenstern nur die Verglasung ersetzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert 1,30 W/m²K.

Anlagentechnik

Heizung:

Erzeugung	Zentrale Wärmeerzeugung Gas-Spezial-Heizkessel - Baujahr vor 1990, 30 kW, Erdgas E
Verteilung	Auslegungstemperaturen 70/55 °C Dämmung der Leitungen: mäßig (Altbau) Altbau-typischer Betrieb (kein hydraulischer. Abgleich, flachere Heizkurve) Umwälzpumpe nicht leistungsgeregelt
Übergabe	freie Heizfläche, Anordnung im Außenwandbereich Thermostatventil mit Auslegungsproportionalbereich 2 K

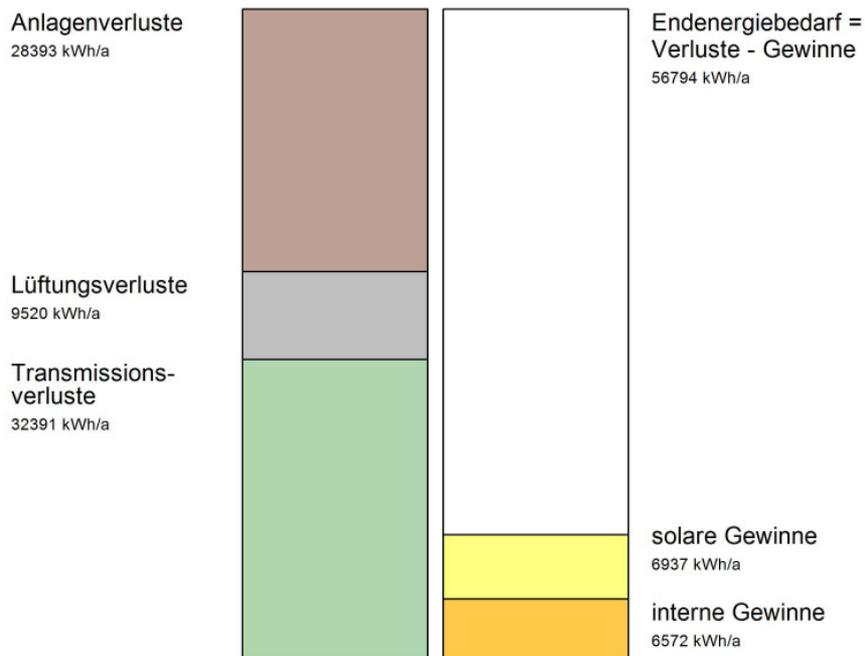
Warmwasser:

Erzeugung	Zentrale Warmwasserbereitung Warmwassererzeugung über die Heizungsanlage
Speicherung	Indirekt beheizter Speicher - 260 Liter, Dämmung mäßig (1978-1986)
Verteilung	Verteilung mit Zirkulation Dämmung der Leitungen: mäßig (Altbau)

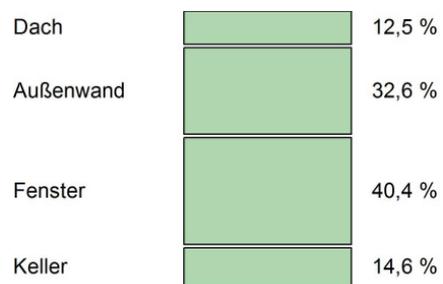
Energiebilanz

Energieverluste entstehen über die Gebäudehülle und bei der Erzeugung und Bereitstellung der benötigten Energie für Heizung und Warmwasserbereitung.

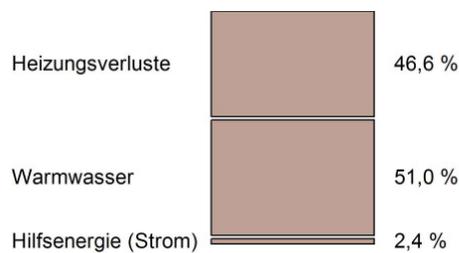
In dem folgenden Diagramm ist die Energiebilanz aus Wärmegewinnen und Wärmeverlusten der Gebäudehülle und der Anlagentechnik dargestellt.



Die Aufteilung der Transmissionsverluste auf die Bauteilgruppen – Dach – Außenwand – Fenster – Keller – und der Anlagenverluste auf die Bereiche – Heizung – Warmwasser – Hilfsenergie (Strom) – können Sie den folgenden Diagrammen entnehmen. Die Energiebilanz gibt Aufschluss darüber, in welchen Bereichen hauptsächlich die Energie verloren geht, bzw. wo zurzeit die größten Einsparpotenziale in Ihrem Gebäude liegen.



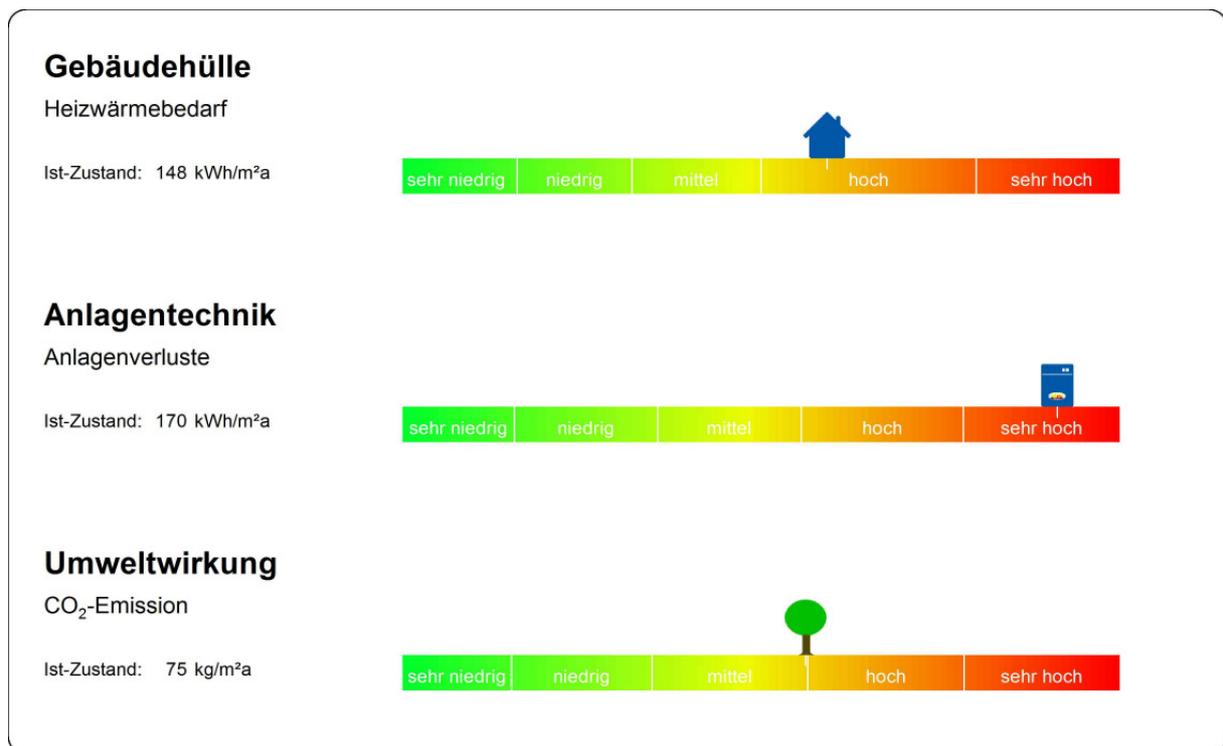
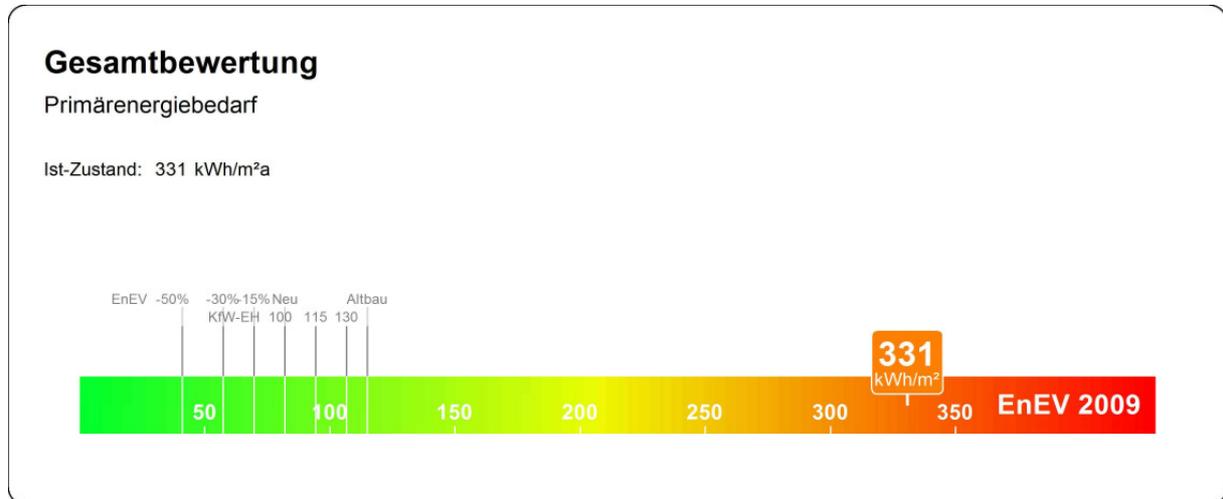
Aufteilung der Transmissionsverluste



Aufteilung der Anlagenverluste

Bewertung des Gebäudes

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m² Nutzfläche – zurzeit beträgt dieser 331 kWh/m²a.



Variante 1 : Sanierung

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 1 -

Außenwände: Außendämmung um 16 cm, WLZ 040

Dach / oberste Decke: Dachdämmung um 18 cm, WLZ 040

Decke:

Keller: Dämmung der Kellerdecke von unten um 12 cm, WLZ 040

Fenster: Wärmeschutzverglasung

U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile im modernisierten Zustand

Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K
OG	Oberste Geschossdecke - Dachdämmung	120	0,14	0,24
WA	Außenwand - Außendämmung 16 cm, WLZ 040	188	0,18	0,24
FA	Einfachverglasung - Wärmeschutzverglasung	32	1,30	1,30
BK	Kellerdecke - Dämmung 12 cm, WLZ 040	120	0,21	0,30

*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Bei Innendämmung darf ein Wärmedurchgangskoeffizient von 0,35 W/m²K nicht überschritten werden. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke einzubauen. Wird bei vorhandenen Fenstern nur die Verglasung ersetzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert 1,30 W/m²K.

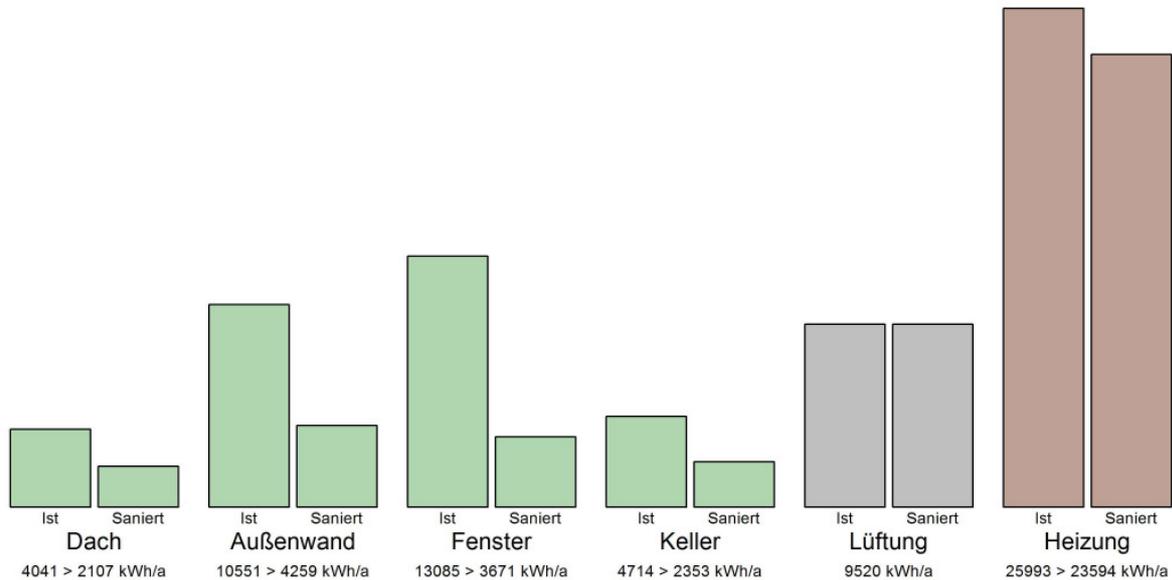
Modernisierung der Anlagentechnik - Variante 1 -

keine Maßnahme

Energieeinsparung - Variante 1 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf des Gebäudes um **33 %**.

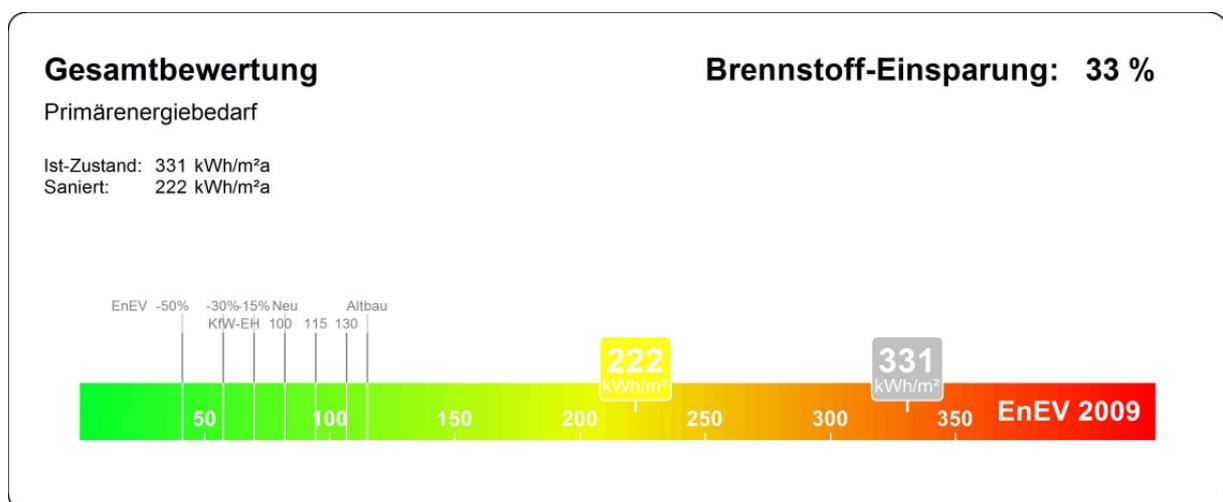
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 56794 kWh/Jahr reduziert sich auf 37995 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 18799 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 4702 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **222 kWh/m²** pro Jahr.



Variante 2 : Erneuerung Heiztechnik

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 2 -

keine Maßnahme

Modernisierung der Anlagentechnik - Variante 2 -

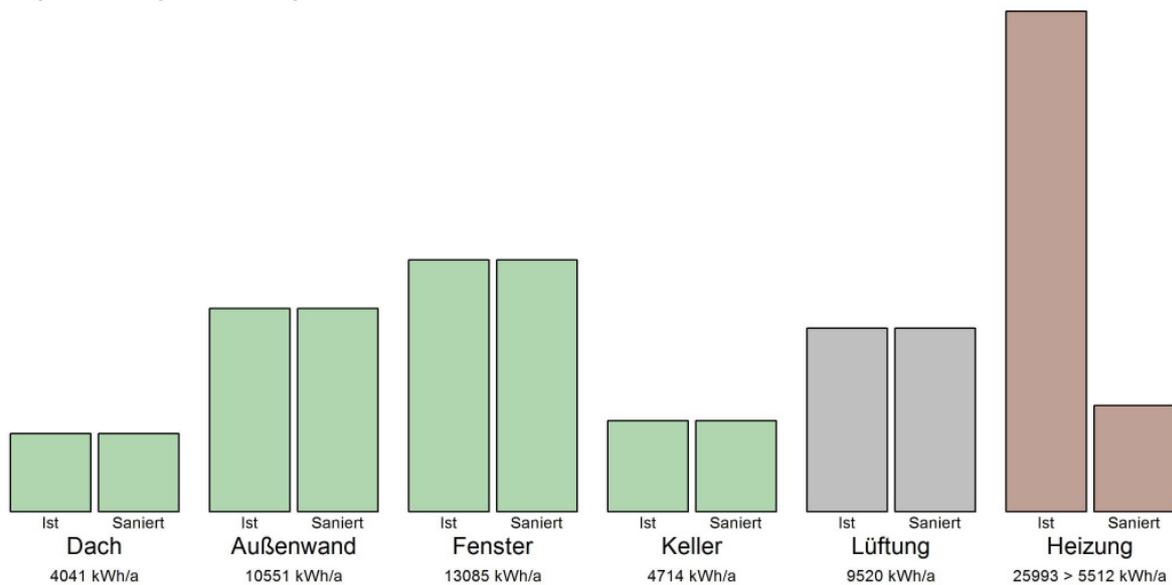
Heizung:

Erzeugung	Zentrale Wärmeerzeugung Brennwert-Kessel - 20 kW, Erdgas E
Verteilung	Auslegungstemperaturen 70/55 °C Dämmung der Leitungen: nach EnEV optimierter Betrieb (optimale Heizkurve, hydraulischer Abgleich) Umwälzpumpe leistungsgeregt
Übergabe	freie Heizfläche, Anordnung im Außenwandbereich Thermostatventil mit Auslegungsproportionalbereich 2 K

Energieeinsparung - Variante 2 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf des Gebäudes um **36 %**.

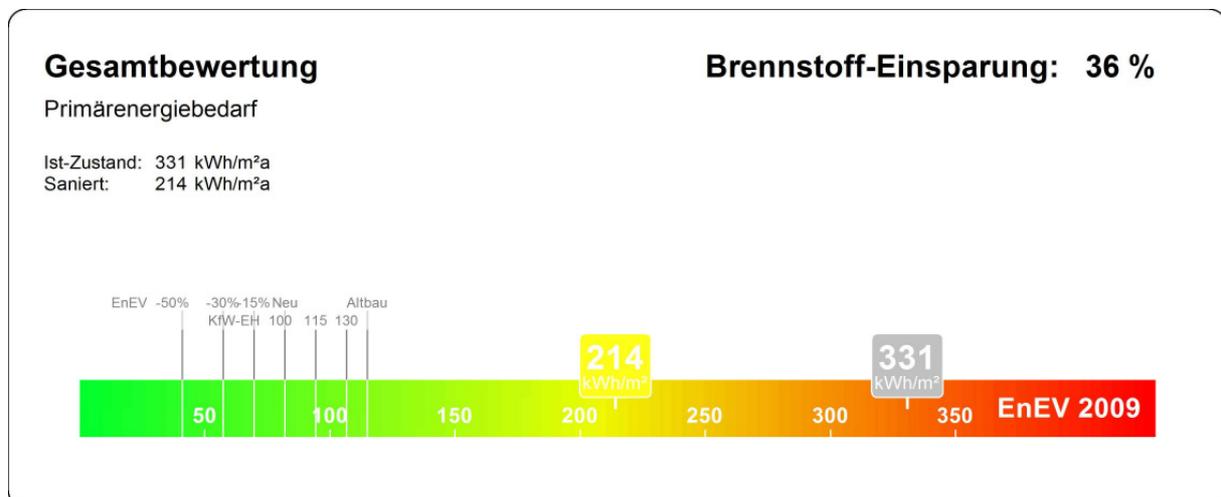
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 56794 kWh/Jahr reduziert sich auf 36313 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 20481 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 5020 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **214 kWh/m²** pro Jahr.



Variante 3 : Sanierung & Erneuerung Heiztechnik

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 3 -

Außenwände: Außendämmung um 16 cm, WLZ 040

Dach / oberste Decke: Dachdämmung um 16 cm, WLZ 040

Decke:

Keller: Dämmung der Kellerdecke von unten um 12 cm, WLZ 040

Fenster: Wärmeschutzverglasung

U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile im modernisierten Zustand

Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K
OG	Oberste Geschossdecke - Dachdämmung	120	0,15	0,24
WA	Außenwand - Außendämmung 16 cm, WLZ 040	188	0,18	0,24
FA	Einfachverglasung - Wärmeschutzverglasung	32	1,30	1,30
BK	Kellerdecke - Dämmung 12 cm, WLZ 040	120	0,21	0,30

*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Bei Innendämmung darf ein Wärmedurchgangskoeffizient von 0,35 W/m²K nicht überschritten werden. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke einzubauen. Wird bei vorhandenen Fenstern nur die Verglasung ersetzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert 1,30 W/m²K.

Modernisierung der Anlagentechnik - Variante 3 -

Heizung:

Erzeugung Zentrale Wärmezeugung
Brennwert-Kessel - 17 kW, Erdgas E

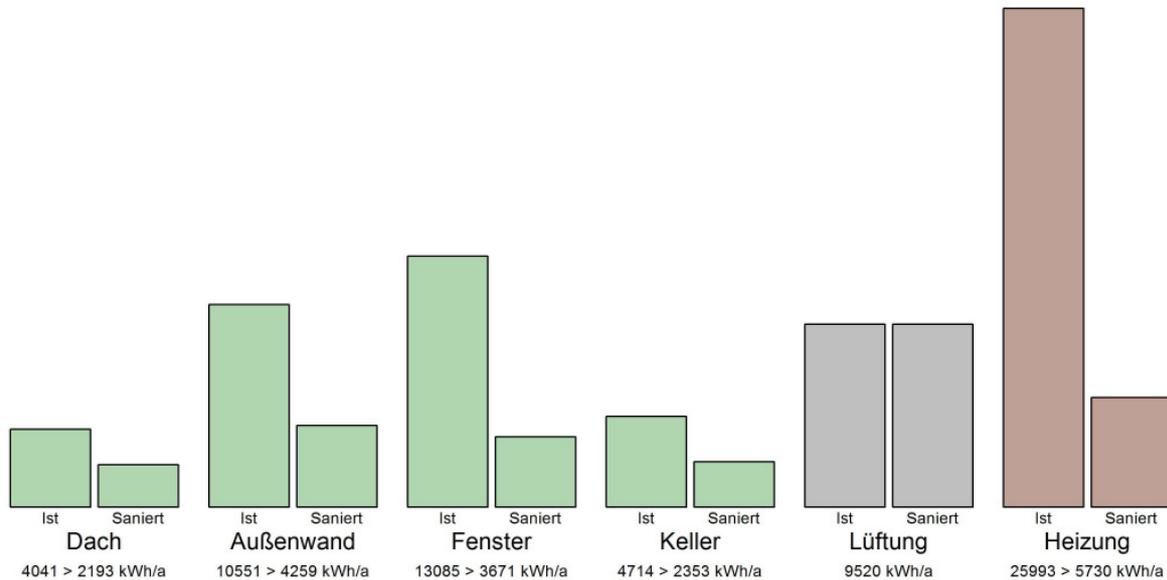
Verteilung Auslegungstemperaturen 70/55 °C
Dämmung der Leitungen: nach EnEV
optimierter Betrieb (optimale Heizkurve, hydraulischer Abgleich)
Umwälzpumpe leistungsgeregel

Übergabe freie Heizfläche, Anordnung im Außenwandbereich
Thermostatventil mit Auslegungsproportionalbereich 2 K

Energieeinsparung - Variante 3 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **64 %**.

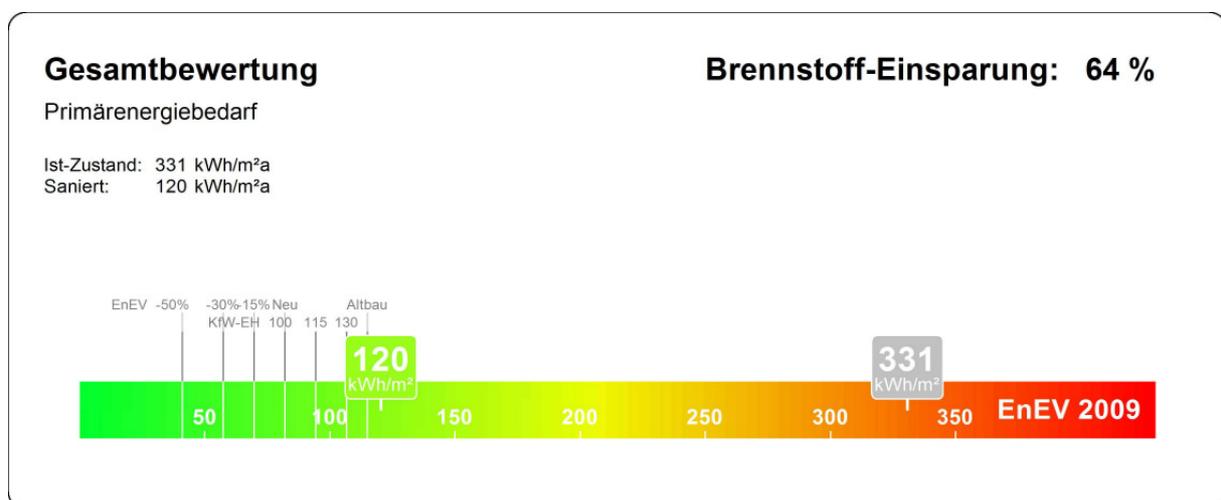
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 56794 kWh/Jahr reduziert sich auf 20206 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 36588 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 9078 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **120 kWh/m²** pro Jahr.



Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 3 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionskosten	:	60.951 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Kosten (Erhaltungsaufwand)	:	40.270 EUR

Gesamtkosten für die Energiesparmaßnahmen	:	20.681 EUR
--	----------	-------------------

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30,0 Jahren gemittelten jährlichen Kosten bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtkosten:

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	1.423 EUR/Jahr	42.690 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 2.474 EUR/Jahr	+ 74.220 EUR
	<u>3.897 EUR/Jahr</u>	<u>116.910 EUR</u>
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	6.373 EUR/Jahr	191.190 EUR
Einsparung	2.476 EUR/Jahr	74.280 EUR

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	3.825 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	1.485 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	5,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00 %
Interner Zinsfuß	- %

Zusammenfassung der Ergebnisse

Primärenergiebedarf

Primärenergiebedarf Q_p :

	kWh/a		Einsparung	
Ist-Zustand	63510			
Var.1 - Sanierung	42629		20881	32,9%
Var.2 - Erneuerung Heiztechnik	41114		22395	35,3%
Var.3 - Sanierung & Erneuerung Heiztechnik	23123		40386	63,6%

Primärenergiebedarf q_p pro m^2 :

	kWh/m ² a		Einsparung	
Ist-Zustand	331			
Var.1 - Sanierung	222		109	32,9%
Var.2 - Erneuerung Heiztechnik	214		117	35,3%
Var.3 - Sanierung & Erneuerung Heiztechnik	120		210	63,6%

Endenergiebedarf

Endenergiebedarf Q_E :

	kWh/a		Einsparung	
Ist-Zustand	56794			
Var.1 - Sanierung	37995		18799	33,1%
Var.2 - Erneuerung Heiztechnik	36313		20481	36,1%
Var.3 - Sanierung & Erneuerung Heiztechnik	20206		36588	64,4%

Endenergiebedarf q_E pro m^2 :

	kWh/m ² a		Einsparung	
Ist-Zustand	296			
Var.1 - Sanierung	198		98	33,1%
Var.2 - Erneuerung Heiztechnik	189		107	36,1%
Var.3 - Sanierung & Erneuerung Heiztechnik	105		191	64,4%

Heizwärmebedarf

Heizwärmebedarf Q_h :

	kWh/a		Einsparung	
Ist-Zustand	28402			
Var.1 - Sanierung	12001		16400	57,7%
Var.2 - Erneuerung Heiztechnik	28402		0	0,0%
Var.3 - Sanierung & Erneuerung Heiztechnik	12076		16325	57,5%

Heizwärmebedarf q_h pro m^2 :

	kWh/m ² a		Einsparung	
Ist-Zustand	148			
Var.1 - Sanierung	63		85	57,7%
Var.2 - Erneuerung Heiztechnik	148		0	0,0%
Var.3 - Sanierung & Erneuerung Heiztechnik	63		85	57,5%

Anlagentechnische Verluste

Anlagentechnische Verluste Q_t :

	kWh/a		Einsparung	
Ist-Zustand	25993			
Var.1 - Sanierung	23594		2399	9,2%
Var.2 - Erneuerung Heiztechnik	5512		20481	78,8%
Var.3 - Sanierung & Erneuerung Heiztechnik	5730		20263	78,0%

Anlagentechnische Verluste q_t pro m^2 :

	kWh/m ² a		Einsparung	
Ist-Zustand	135			
Var.1 - Sanierung	123		12	9,2%
Var.2 - Erneuerung Heiztechnik	29		107	78,8%
Var.3 - Sanierung & Erneuerung Heiztechnik	30		106	78,0%

Anlagenaufwandszahl

Anlagenaufwandszahl e_p :

Ist-Zustand	2,06	
Var.1 - Sanierung	2,96	
Var.2 - Erneuerung Heiztechnik	1,33	
Var.3 - Sanierung & Erneuerung Heiztechnik	1,60	

Schadstoff-Emissionen

CO₂-Emissionen

CO₂-Emissionen:

	kg/a		Einsparung	
Ist-Zustand	14329			
Var.1 - Sanierung	9627		4702	32,8%
Var.2 - Erneuerung Heiztechnik	9309		5020	35,0%
Var.3 - Sanierung & Erneuerung Heiztechnik	5251		9078	63,4%

CO₂-Emissionen pro m^2 :

	kg/m ² a		Einsparung	
Ist-Zustand	75			
Var.1 - Sanierung	50		24	32,8%
Var.2 - Erneuerung Heiztechnik	48		26	35,0%
Var.3 - Sanierung & Erneuerung Heiztechnik	27		47	63,4%

NO_x-Emissionen

NO_x-Emissionen:

	kg/a		Einsparung	
Ist-Zustand	11,6			
Var.1 - Sanierung	7,8		3,8	32,8%
Var.2 - Erneuerung Heiztechnik	7,6		4,1	34,9%
Var.3 - Sanierung & Erneuerung Heiztechnik	4,3		7,4	63,3%

SO₂-Emissionen

SO₂-Emissionen:

	kg/a	Einsparung	
Ist-Zustand	9,6		
Var.1 - Sanierung	6,5	3,1	32,2%
Var.2 - Erneuerung Heiztechnik	6,4	3,1	32,7%
Var.3 - Sanierung & Erneuerung Heiztechnik	3,7	5,8	60,9%



Kosten / Wirtschaftlichkeit

Brennstoffkosten

Brennstoffkosten:	EUR/a	Einsparung
Ist-Zustand	3825	
Var.1 - Sanierung	2632	1194 31,2%
Var.2 - Erneuerung Heiztechnik	2555	1270 33,2%
Var.3 - Sanierung & Erneuerung Heiztechnik	1524	2302 60,2%

Gesamtinvestitionskosten

Gesamtinvestitionskosten:	EUR
Var.1 - Sanierung	0
Var.2 - Erneuerung Heiztechnik	0
Var.3 - Sanierung & Erneuerung Heiztechnik	60951

Gesamtkosten der Energiesparmaßnahmen

Gesamtkosten der Energiesparmaßnahmen (ohne sowieso anfallende Kosten, Erhaltungsaufwand)

	EUR
Var.1 - Sanierung	0
Var.2 - Erneuerung Heiztechnik	0
Var.3 - Sanierung & Erneuerung Heiztechnik	20681

Kosteneinsparung durch die Energiesparmaßnahmen

Gesamtkosteneinsparung in der Nutzungsdauer der Maßnahmen:

	EUR
Var.1 - Sanierung	0
Var.2 - Erneuerung Heiztechnik	0
Var.3 - Sanierung & Erneuerung Heiztechnik	74280

Mittlere Kosteneinsparung pro Jahr:

	EUR/a
Var.1 - Sanierung	0
Var.2 - Erneuerung Heiztechnik	0
Var.3 - Sanierung & Erneuerung Heiztechnik	2476

Anhang - Brennstoffdaten

	Einheit	Heizwert Hi kWh/Einheit	Brennwert Hs kWh/Einheit	Verhältnis Hs/Hi *
Erdgas E	m ³	10,42	11,57	1,11
Strom	kWh	1,00		

* Bitte beachten: In der EnEV-Berechnung für den Wohnungsbau nach DIN 4108-6 / DIN 4701-10 sind die Endenergiewerte auf den Heizwert bezogen - in der Berechnung nach DIN 18599 hingegen auf den Brennwert. Standardwerte für das Verhältnis Hs/Hi aus DIN 18599-1 Anhang B.

	Einheit	Arbeitspreis Cent/Einheit	Arbeitspreis Cent/kWh	Grundpreis Euro/Jahr
Erdgas E	m ³	65,2	6,26	182
Strom	kWh	19,2	19,20	50

	Primär- energie- faktor	CO ₂ - Emissionen g/kWh	SO ₂ - Emissionen g/kWh	NO _x - Emissionen g/kWh
Erdgas E	1,1	247	0,157	0,200
Strom	2,6	683	1,111	0,583