

Integriertes Klimaschutzkonzept für die Stadt Amberg



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

Förderkennzeichen 03KS1126

Die Verantwortung für den Inhalt liegt beim Autor

Integriertes Klimaschutzkonzept für die Stadt Amberg

Auftraggeber:

Stadtwerke Amberg Versorgungs GmbH
Gasfabrikstraße 16
92224 Amberg

Auftragnehmer

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

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung, Hintergrund und Zielsetzung	7
2	Die Situationsanalyse mit Energie- und CO₂-Bilanz	9
2.1	Allgemeine Daten zum Stadtgebiet Amberg	10
2.1.1	Geographische Lage	10
2.1.2	Flächenverteilung	11
2.1.3	Bevölkerung und Gebäudebestand	12
2.2	Charakterisierung der Verbrauchergruppen	13
2.2.1	Private Haushalte und Kleingewerbe	13
2.2.2	Kommunale Liegenschaften	14
2.2.3	Industrie und Großgewerbe	15
2.2.4	Verkehr	15
2.3	Datengrundlage bei der Ermittlung des energetischen Ist-Zustandes	16
2.3.1	Der Erdgasbedarf	16
2.3.2	Die Fernwärmeversorgung im Stadtgebiet Amberg	16
2.3.3	Der elektrische Energiebedarf	17
2.3.4	Der Heizölbedarf	17
2.3.5	Der Bedarf an Flüssiggas und Kohle	17
2.3.6	Der Anteil bereits genutzter erneuerbarer Energien im Ist-Zustand	18
2.4	Der Endenergieverbrauch in den einzelnen Verbrauchergruppen	24
2.4.1	Private Haushalte und Kleingewerbe	24
2.4.2	Kommunale Liegenschaften	25
2.4.3	Industrie und Großgewerbe	28
2.4.4	Verkehr	29
2.4.5	Zusammenfassung	33
2.5	Der Primärenergieeinsatz und CO ₂ -Ausstoß in den einzelnen Verbrauchergruppen	34

3	Potentialbetrachtung zur Minderung der CO₂ - Emissionen	37
3.1	Bereits durchgeführte Klimaschutzaktivitäten im Stadtgebiet Amberg	37
3.1.1	Solar Energie Förderverein Amberg	37
3.1.2	Photovoltaikanlagen der Stadtwerke	38
3.1.3	Bürgersolaranlagen	38
3.1.4	Energieberatung der Stadtwerke Amberg.....	39
3.1.5	Energiekonzept für die Industriegebiete Amberg Nord und Amberg Süd	40
3.2	Grundlegende Strategiebericht zur weiteren Minderung der CO ₂ -Emissionen	41
3.3	Analyse der demographischen und regionalplanerischen Aspekte	42
3.4	Potentialbetrachtung im Bereich der privaten Haushalte	45
3.4.1	Sanierung von Bestandsgebäuden.....	46
3.4.2	Reduzierung bzw. Effizienzsteigerung im Stromverbrauch.....	50
3.4.3	Zusammenfassung.....	52
3.5	Potentialbetrachtung im Bereich der kommunalen Liegenschaften.....	53
3.5.1	Energetische Gebäudesanierung und Wärmedämmung	54
3.5.2	Straßenbeleuchtung	55
3.5.3	Ampelanlagen	57
3.5.4	Kläranlage Theuern.....	58
3.5.5	Zusammenfassung.....	63
3.6	Potentialbetrachtung im Bereich Industrie und Großgewerbe.....	64
3.6.1	Reduzierung bzw. Effizienzsteigerung im Stromverbrauch.....	65
3.6.2	Einsparung bzw. Effizienzsteigerung im Bereich Raumheizung, Prozesswärme und Warmwasserbereitung.....	67
3.6.3	Zusammenfassung.....	68
3.7	Potentialbetrachtung im Bereich Verkehr	69

3.8	Potentialbetrachtung im Bereich der erneuerbaren Energien	73
3.8.1	Biomasse	75
3.8.2	Windkraft.....	83
3.8.3	Direkte Nutzung der Sonneneinstrahlung	84
3.8.4	Wasserkraft.....	89
3.8.5	Geothermie	90
3.8.6	Zusammenfassung.....	92
4	Gegenüberstellung der Endenergieverbrauchssituation und der CO₂- Bilanz mit den Reduktions- und Substitutionspotentialen	95
4.1	Der Endenergieverbrauch	96
4.1.1	Der elektrische Endenergieverbrauch	96
4.1.2	Der thermische Endenergiebedarf.....	98
4.1.3	Der mobile Endenergiebedarf.....	100
4.2	Die CO ₂ -Minderungspotentiale	101
4.3	Entwicklungsszenarien im Stadtgebiet Amberg.....	103
5	Ausarbeitung eines zielgruppenspezifischen Maßnahmenkataloges in den einzelnen Verbrauchergruppen.....	106
5.1	Maßnahmenkatalog für die Verbrauchergruppe private Haushalte und Kleingewerbe	106
5.1.1	Sanierung der Privaten Wohngebäude.....	108
5.1.2	Anschluss an das Fernwärmenetz der Stadtwerke Amberg.....	109
5.1.3	Ausbau von Solarthermie und Photovoltaik	109
5.2	Maßnahmenkatalog für die Verbrauchergruppe kommunale Liegenschaften	110
5.2.1	Umrüstung der Ampelanlagen.....	112
5.2.2	Umrüstung der Straßenbeleuchtung.....	112
5.2.3	Sanierung der kommunalen Liegenschaften	113
5.3	Maßnahmenkatalog für die Verbrauchergruppe Industrie und Großgewerbe	114
5.4	Maßnahmenkatalog für die Verbrauchergruppe Verkehr	116
5.5	Verbrauchergruppenübergreifende Handlungsempfehlungen für den Ausbau Erneuerbarer Energien	117

5.5.1	Anschluss weiterer Liegenschaften an das Nahwärmenetz der Stadtwerke Amberg	117
5.5.2	Biogasanlage	118
5.5.3	Photovoltaik im Innenstadtbereich.....	119
5.5.4	Photovoltaik auf Konversionsflächen und sonstigen Freiflächen	119
6	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des zielgruppenspezifischen Maßnahmenkataloges	120
6.1	Prognostizierte Investitionskosten	120
6.1.1	Energieeffizienz.....	120
6.1.2	Erneuerbare Energien	123
6.2	Kommunale Wertschöpfung durch den Ausbau Erneuerbarer Energien.....	124
7	Ausarbeitung eines Konzeptes zur Erstellung einer fortschreibbaren CO₂-Bilanz mit Controlling Konzept.....	127
8	Ausarbeitung eines Konzeptes zur Öffentlichkeitsarbeit	131
9	Zusammenfassung und Ausblick	134
10	Abbildungsverzeichnis	137
11	Tabellenverzeichnis	139
12	Literaturverzeichnis	141
13	Anhang.....	142
13.1	Energetische Bewertung eines Mustergebäudes.....	142
13.2	Reduzierung bzw. Effizienzsteigerung im Stromverbrauch der Maschinen- Anlagen- und Antriebstechnik im Sektor Industrie	145
13.3	Wissenschaftliche Erkenntnisse und Zukunftsszenarien im Sektor Verkehr	150
13.4	Die aktuellen Gesetze und Richtlinien zum Bau einer Windkraftanlage (Stand 2011)	155

1 Einleitung, Hintergrund und Zielsetzung

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

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

Ein wichtiger Aspekt im Klimaschutz ist zu begreifen, dass diese Ziele nicht nur abstrakt für einen Staat gelten, sondern für jeden Bundesbürger und damit auch für Kommunen und Städte. Im Rahmen des von der BMU-Klimaschutzinitiative geförderten integrierten Klimaschutzkonzeptes soll eine breite Ausgangsbasis mit Handlungsempfehlungen für das weitere Vorgehen im Klimaschutz in der Stadt Amberg geschaffen werden.

Im Zuge einer detaillierten Untersuchung wird eine umfassende Bestandsaufnahme in den Verbrauchergruppen private Haushalte und Kleingewerbe, Industrie und Großgewerbe, kommunale Liegenschaften und dem Sektor Verkehr durchgeführt und der Gesamtenergieumsatz sowie der CO₂- Ausstoß im Ist-Zustand dargestellt. Darauf basierend können in den unterschiedlichen Verbrauchergruppen konkrete Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung, Energieeinsparung bzw. dem Ausbau erneuerbarer Energien entwickelt und auf ihr CO₂-Einsparpotential untersucht werden. Die Potentialabschätzung mündet in einen zielgruppenspezifischen Maßnahmenkatalog mit konkreten Handlungsempfehlungen für die jeweiligen Verbrauchergruppen. Aufbauend auf den kalkulierten Energie- und Stoffströmen können Primär- und CO₂- Bilanzen für unterschiedliche technische Ansätze ermittelt werden und dem Ist-Zustand fortschreibbar gegenüber gestellt werden.

Das integrierte Klimaschutzkonzept wird dementsprechend die Grundlage für die Stadt Amberg und die einzelnen Verbrauchergruppen darstellen, den derzeitigen Energieumsatz und CO₂- Ausstoß einordnen zu können und anhand der aufgezeigten Potentiale zur Reduzierung des CO₂- Ausstoßes entsprechende Klimaschutzziele auszuweisen und diese durch Umsetzung von konkreten Maßnahmen auch zu erreichen.

Die Ziele der Stadt sollten neben dem vorrangigen Ziel einer weitest gehenden Ausschöpfung der Potentiale im Bereich der Reduzierung des Energiebedarfs durch Effizienzsteigerung und Einsparung, der Ausbau der Versorgung durch nachwachsende Rohstoffe und Energieträger aus der Region sein. Durch Ausschöpfung der regionalen Potentiale erneuerbarer Energieträger mit deutlich besserer CO₂- Bilanz als fossile Rohstoffe bleibt die Energie aus der Region in der Region und stärkt die regionale Wertschöpfung. Der Klimaschutz bietet somit die Möglichkeit regionale Arbeitsplätze zu sichern bzw. auch solche zu schaffen.

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

2 Die Situationsanalyse mit Energie- und CO₂-Bilanz

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

- Private Haushalte und Kleingewerbe
- Kommunale Liegenschaften
- Industrie und Großgewerbe
- Verkehr

Die Entwicklung der CO₂-Emissionen der Stadt Amberg ist jedoch nicht nur von Klimaschutzmaßnahmen in den oben aufgeführten Sektoren abhängig, sondern auch von der allgemeinen Entwicklung der Nachfrage an den verschiedenen Formen der Energie.

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

2.1 Allgemeine Daten zum Stadtgebiet Amberg

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

2.1.1 Geographische Lage

Die kreisfreie Stadt Amberg liegt bei $49^{\circ}26'$ nördlicher Breite und $11^{\circ}51'$ östlicher Länge. Die Gesamtfläche des Stadtgebietes beträgt rund $50,1 \text{ km}^2$. Durch die Anschlussstellen an die Autobahn A6 Amberg-Nürnberg ist der Großraum Nürnberg/Fürth/Erlangen in unmittelbarer Nähe gut zu erreichen. Die Bundesstraßen B 85 und B299 ermöglichen eine gute Anbindung an die umliegenden Regierungsbezirke. [1]



Abbildung 1: Das Stadtgebiet Amberg

2.1.2 Flächenverteilung

Das Stadtgebiet erstreckt sich über eine Gesamtfläche von 5.015 ha. Wird diese Fläche nach Nutzungsarten gegliedert, ergeben sich acht verschiedene Bereiche. Aus energetischer Sicht sind einerseits die land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen zur Erzeugung biogener Brennstoffe von Interesse und andererseits Gebäudeflächen zur Installation von beispielsweise solaren Energiesystemen. [2]

Tabelle 1: Verteilung der Stadtfläche nach Nutzungsart [2]

Nutzungsart	Fläche [ha]
Gebäude- und Freifläche	1.076
Betriebsfläche	45
Erholungsfläche	83
Verkehrsfläche	482
Landwirtschaftsfläche	2.133
Waldfläche	901
Wasserfläche	48
Flächen anderer Nutzung	247
Gesamt	5.015

Betrachtet man die prozentuale Verteilung der Flächennutzung, dargestellt in Abbildung 2, so stellen die Bereiche Landwirtschaft und Waldflächen insgesamt rund 60 % der Gesamtfläche des Stadtgebietes. Der relativ hohe Anteil an Landwirtschaftsfläche erscheint günstig für die Nutzung der heimischen Biomasse. Die Gebäude- und Freiflächen nehmen rund 21 % ein.

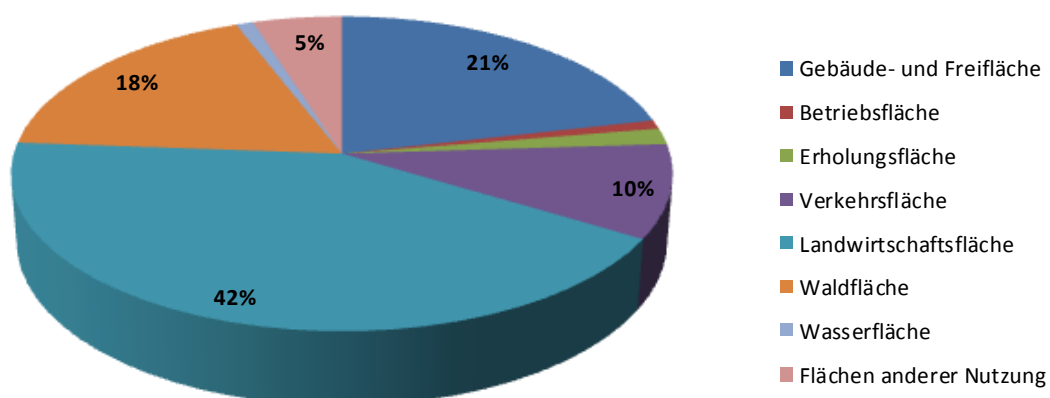


Abbildung 2: Das Stadtgebiet, aufgeteilt nach Nutzungsarten

2.1.3 Bevölkerung

Die Bevölkerungszahl im Stadtgebiet umfasste im Jahr 2009 rund 43.700 Einwohner, die nach den Angaben des Bayerischen Landesamts für Statistik in insgesamt 9.023 Wohngebäuden leben. Die Bevölkerungsdichte beläuft sich auf 872 Einwohnern je km². (Vergleich: bayerischer Durchschnitt: 178 Einwohner pro km²).

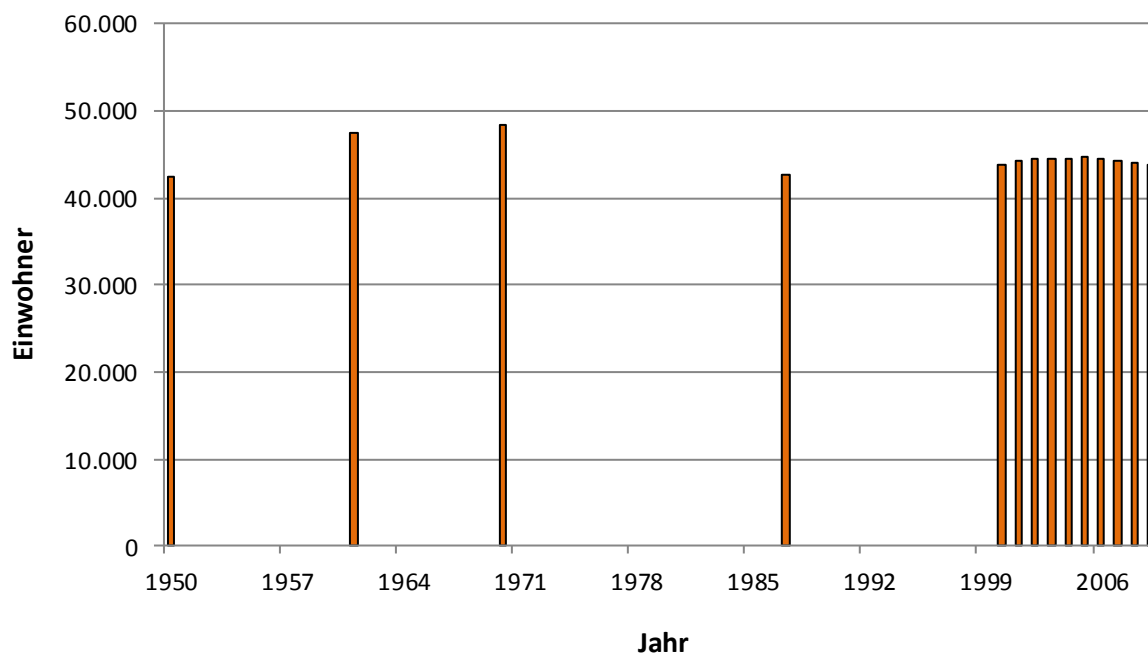


Abbildung 3: Die Bevölkerungsentwicklung im Zeitraum von 1950 bis 2009

2.2 Charakterisierung der Verbrauchergruppen

Die Grundlage eines fundierten Klimaschutzkonzeptes ist die möglichst detaillierte Darstellung der energetischen Ausgangssituation. In die Darstellung des Energieumsatzes werden der elektrische Gesamtumsatz (Strombezug), der thermische Energieumsatz (Heizwärme und Prozesswärme) und der Verkehr mit einbezogen. Bei der Verbrauchs- bzw. Bedarfserfassung wird auf direkt erhobene Daten aus dem Stadtgebiet, Jahresaufstellungen durch die Stadtwerke Amberg sowie auf allgemein anerkannte spezifische Kennwerte für Bedarfsberechnungen zurückgegriffen.

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

2.2.1 Private Haushalte und Kleingewerbe

Die Unterteilung in die Verbrauchergruppe „Private Haushalte und Kleingewerbe“ erfolgt aufgrund der zur Verfügung gestellten Energieverbrauchsdaten. Diese Verbrauchergruppe umfasst sämtliche vom Energieversorgungsunternehmen als „Private Haushalte“ und „Sonstige“ geführte Verbraucher mit Ausnahme der kommunalen Liegenschaften.

Als „privaten Haushalt“ bezeichnet man im ökonomischen Sinne eine aus mindestens einer Person bestehende, systemunabhängige Wirtschaftseinheit, die sich auf die Sicherung der Bedarfsdeckung ausrichtet. Im Rahmen dieser Studie umfasst die Verbrauchergruppe private Haushalte alle Wohngebäude im Stadtgebiet und somit den Energiebedarf aller Einwohner (Heizenergie und Strom) in ihrem privaten Haushalt.

Die Verbrauchergruppe „Kleingewerbe“ 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.

Zudem werden in dieser Verbrauchergruppe sämtliche Betriebe des Handwerks und der Landwirtschaft geführt, die beim jeweiligen Energieversorger als Tarifkunden geführt werden.

2.2.2 Kommunale Liegenschaften

In Tabelle 2 ist eine Übersicht der im Rahmen dieses Konzeptes betrachteten kommunalen Liegenschaften dargestellt.

Tabelle 2: Die betrachteten kommunalen Liegenschaften

Dienstgebäude/ Dienstwohnung	Malteser-Arkaden
Altenheim, Hausmeisterwohnung	Parkdeck
Gemeindezentrum und FW-Gerätehaus	Ämtergebäude
Grundschulgebäude	Dreifach-Turnhalle (Trimax)
Jugendzentrum	Grundschulgebäude mit Hausmeisterwohnung
Stadtteil-Kommunikationszentrum	Gymnasium mit Hausmeisterwohnung
Leichenhaus	Betriebsgebäude
an der Stadtmauer	Grundschulgebäude mit Hausmeisterwohnung
Feuerwehrgerätehaus	Förderschule
Realschulgebäude mit Hausmeisterwohnung	Staatl. Berufsschule, Schwerwerkstätten Hausmeisterwohnung
Gymnasium mit Hausmeisterwohnung	Schulgebäude
Ämtergebäude mit Geschäftsräumen	Grundschulgebäude mit Hausmeisterwohnung
Ämtergebäude	Feuerwache
Grundschulgebäude	Amberger Congress Centrum
Hausmeisterwohnung	Altenheim
Feuerwehrgerätehaus	Theater
Feuerwehrgerätehaus	ehem. Volksschulgebäude mit Hausmeisterwohnung
Heilig-Geist-Stift	Wirtschaftsschule
Gemeinschaftshaus	Ämtergebäude mit Geschäftsräumen
Stadtmauer	Ämtergebäude
Leichenhaus und Gerätehalle	Parkdeck
Schule	Leichenhaus
Grundschulgebäude mit Hausmeisterwohnung	Archiv
Dreifachsporthalle	Raseliushaus
Grundschulgebäude mit Turnhalle und Hausmeisterwohnung	Museum
Wirtschaftsschule	

Die betrachteten kommunalen Liegenschaften lassen sich hierbei in die folgenden 4 Kategorien unterteilen:

- Schulen und Kindergärten
- Feuerwehr
- Verwaltungsgebäude
- Sonstige kommunale Liegenschaften

Zudem werden die folgenden kommunalen Energieverbraucher aufgenommen:

- Kläranlage (Zweckverband Amberg, Kümmersbruck und Freudenberg)
- Straßenbeleuchtung

2.2.3 Industrie und Großgewerbe

Die Unterteilung in die Verbrauchergruppe „Industrie und Großgewerbe“ erfolgt aufgrund der zur Verfügung gestellten Energieverbrauchsdaten. Diese Verbrauchergruppe umfasst sämtliche vom Energieversorgungsunternehmen als „verarbeitendes Gewerbe“ geführte Verbraucher mit Ausnahme der kommunalen Liegenschaften.

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.

2.2.4 Verkehr

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

Zudem wird der öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV) anhand vorhandener Linienkilometer und der Anzahl der beförderten Personen im Liniennetz berücksichtigt.

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

- PKW
- LKW
- Kräder
- Sonderfahrzeuge
- Sattelzugmaschinen für den gewerblichen Transport
- Landwirtschaftliche Zugmaschinen

Der Bereich des ÖPNV wird in die folgenden Kategorien unterteilt:

- Verkehrsgemeinschaft Amberg-Sulzbach
- Regionalbus Ostbayern GmbH (RBO)

2.3 Datengrundlage bei der Ermittlung des energetischen Ist-Zustandes

2.3.1 Der Erdgasbedarf

Als Datengrundlage stehen der gesamte Erdgasverbrauch des Jahres 2009 und 2010 in den Verbrauchergruppen „Private Haushalte und Kleingewerbe“ und „Industrie und Großgewerbe“, sowie der detaillierte Verbrauch in der Verbrauchergruppe der kommunalen Liegenschaften zur Verfügung. Die Daten wurden von den Stadtwerken Amberg und der Stadt Amberg zur Verfügung gestellt. Insgesamt beträgt der witterungsbereinigte jährliche Erdgasverbrauch im Stadtgebiet rund 429.322 MWh_{Hi}.

2.3.2 Die Fernwärmeversorgung im Stadtgebiet Amberg

Die Stadtwerke Amberg betreiben dem Datenstand des Jahres 2010 zufolge insgesamt vier Energiezentralen mit Fernwärmenetzen, wovon zwei in Kraft-Wärme-Kopplung mit Erdgas-Blockheizkraftwerken (BHKW) und zwei durch Hackschnitzelkessel als Grundlastwärmeerzeuger gespeist werden. In Summe wurden im Jahr 2010 rund 16.600 MWh an Fernwärme im Stadtgebiet abgesetzt. Die jährliche Stromproduktion durch die BHKW belief sich im Jahr 2010 auf rund 6.900 MWh. Durch den Betrieb der Fernwärmenetze konnte im Jahr 2010 eine CO₂-Einsparung im Vergleich zur Erdgasfeuerung in Höhe von rund 2.470 Tonnen erzielt werden.

Die Energiezentrale Pond Barracks wurde im Jahr 2011 ertüchtigt. Die bestehenden Erdgas-BHKW Module wurden gegen ein neues Aggregat mit einer elektrischen Leistung von 1,99 MW ersetzt.

Im Jahr 2011 wurde zudem ein weiteres Fernwärmenetz zur Beheizung des Freibades und eines Gymnasiums in Betrieb genommen. Die Wärmeversorgung erfolgt ebenfalls durch ein mit Erdgas befeuertes BHKW. Die Verbrauchsdaten dieses Fernwärmenetzes werden jedoch im Rahmen dieses Konzeptes nicht weiter berücksichtigt, da als Bilanzjahr das Jahr 2010 herangezogen wurde.

2.3.3 Der elektrische Energiebedarf

Im Stadtgebiet Amberg erfolgt der Netzbetrieb durch die Stadtwerke Amberg. Als Datengrundlage steht der gesamte Stromverbrauch anhand der Netzabsatzdaten im Jahr 2010 zur Verfügung. Zudem steht der Stromverbrauch in der Verbrauchergruppe der kommunalen Liegenschaften zur Verfügung. Insgesamt beläuft sich der Stromverbrauch im Stadtgebiet auf rund 266.485 MWh. Der Stromverbrauch der privaten Liegenschaften und des Kleingewerbes beinhaltet einen Wärmestromanteil (Stromheizungen und Wärmepumpen) von rund 5.425 MWh

2.3.4 Der Heizölbedarf

Der Gesamtenergiebedarf an Heizöl im Stadtgebiet Amberg beläuft sich auf rund 144.984 MWh pro Jahr, entsprechend rund 14,4 Mio. Litern und wurde anhand einer Aufstellung der Feuerstätten berechnet.

2.3.5 Der Bedarf an Flüssiggas und Kohle

Anhand einer Aufstellung der Feuerstätten kann im Betrachtungsgebiet der Verbrauch an Flüssiggas und Kohle berechnet werden. In Summe werden im Stadtgebiet jährlich rund 2.792 MWh an Flüssiggas verbraucht, welcher zum Großteil der Verbrauchergruppe „Private Haushalte und Kleingewerbe“ zuzuordnen ist.

Der Verbrauch an Kohle ist im Bereich der privaten Wohngebäude vernachlässigbar. Jedoch werden im Sektor Industrie noch rund 58.756 MWh an Koks für diverse Heizprozesse benötigt.

2.3.6 Der Anteil bereits genutzter erneuerbarer Energien im Ist-Zustand

2.3.6.1 Photovoltaik

In Abbildung 4 ist die Entwicklung der in Betrieb genommenen Photovoltaikanlagen anhand der installierten Leistung im Stadtgebiet Amberg dargestellt. Die Daten wurden einer Aufstellung der Stadtwerke Amberg entnommen. Im Bereich der Photovoltaik konnte zwischen den Jahren 2007 bis 2010 ein massiver Ausbau festgestellt werden.

Zum Ende des Jahres 2010 waren insgesamt 526 Photovoltaikanlagen mit einer Gesamtleistung von 6.744 kW_p installiert. Dies entspricht einer mittleren Anlagengröße von rund 12,8 kW_p. Die Stromerzeugung im Jahr 2010 belief sich nach Auskunft der Stadtwerke auf rund 4.744 MWh.

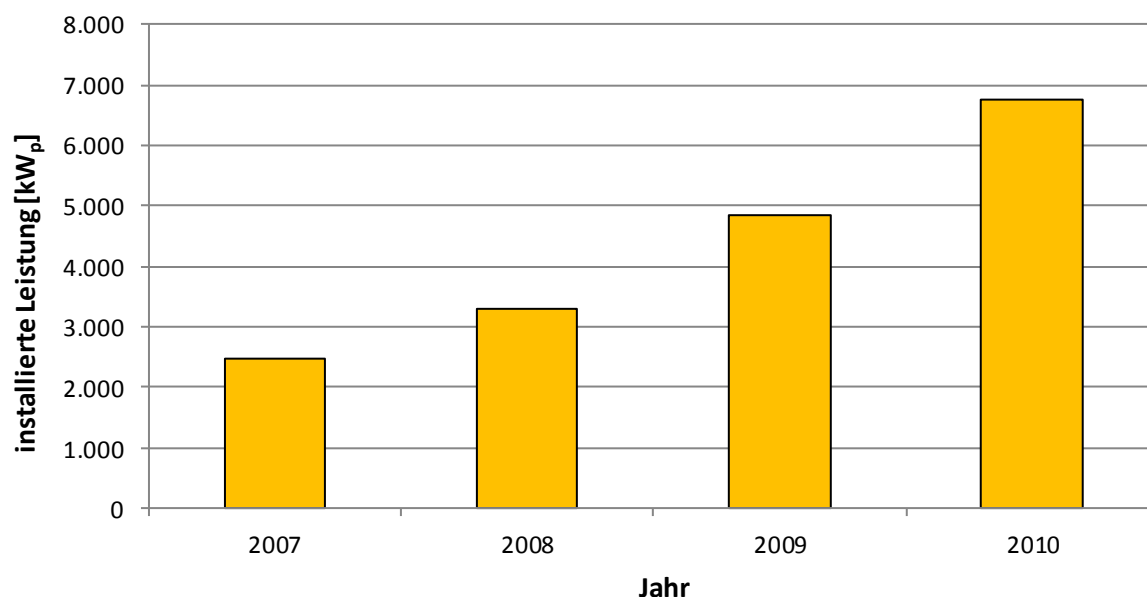


Abbildung 4: Entwicklung der in Betrieb genommenen PV-Anlagen

2.3.6.2 Solarthermie

Die Gesamtfläche der bereits installierten Solarthermieanlagen in der Stadt Amberg wurde mit Hilfe des Solaratlas, einem interaktiven Auswertungssystem für den Datenbestand aus dem bundesweiten "Marktanreizprogramm Solarthermie" (MAP) durchgeführt. Über das Förderprogramm wurden vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) seit Oktober 1999 über 760.000 Solaranlagen gefördert. [3]

Im Stadtgebiet Amberg sind nach Angaben der BAFA (Stand: Ende 2010) insgesamt 640 Solarthermie-Anlagen mit einer Gesamt-Bruttoanlagenfläche aller solarthermischen Kollektortypen von rund 5.505 m² installiert. Die mittlere Kollektorgroße je Anlage beträgt demnach rund 8,6 m². Von den 640 installierten Anlagen werden rund 26 % neben der Warmwasserbereitung auch zur Heizungsunterstützung genutzt.

Zur Errechnung der Wärmemenge, welche von den solarthermischen Anlagen pro Jahr erzeugt wird, wurde von einem Standardwert für eine Solarthermieanlage von 300 kWh/(m²·a) ausgegangen. Der Wert der angegebenen Wärmebereitstellung errechnet sich aus der installierten Kollektorfläche und einem mittleren jährlichen Wärmeertrag. Bei Anlagen, die zusätzlich der Heizungsunterstützung dienen, wird dieser vom BMU mit 450 kWh/(m²·a) angegeben. [4]

Insgesamt beträgt die Energiebereitstellung durch Solarthermie im Stadtgebiet rund 1.900 MWh_{th}/a.

2.3.6.3 Energetische Nutzung von Biomasse

Im Bereich der Biomassenutzung muss zwischen Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) und gewöhnlichen Feuerungsanlagen zur reinen Wärmebereitstellung (feste Biomasse) unterschieden werden.

Feste Biomasse

Unter fester Biomasse versteht man vor allem Stückholz, Hackschnitzel oder Holzpellets, die in Heizkesseln zur Wärmebereitstellung eingesetzt werden. Anhand einer Aufstellung der Feuerstätten kann im Betrachtungsgebiet der Biomasseeinsatz in den einzelnen Verbrauchergruppen nach Verbrauch in Zentralöfen (Pelletkessel, Hackschnitzelkessel, BHKW) und Einzelfeuerstätten (v.a. Kaminöfen) unterschieden werden. Im Betrachtungsgebiet werden jährlich rund 10.964 MWh an Biomasse zur Feuerung von Zentralheizungen, sowie 7.971 MWh zur Feuerung von Einzelfeuerstätten (v.a. Kaminöfen) genutzt. [eigene Berechnung]

Biogas-Anlage

Im Stadtgebiet Amberg ist dem Datenbestand des Jahres 2010 eine Biogasanlage mit einer elektrischen Leistung von 100 kW installiert. Die jährliche Stromproduktion beläuft sich auf rund 821 MWh. Die bei der Stromproduktion erzeugte Wärme wird für die Beheizung von insgesamt 5 Wohngebäuden und der Trocknung von Biomasse genutzt. Im Jahre 2011 wurde die Anlage auf 200 kW_{el} ausgebaut. Im Rahmen dieser Studie wird der Bestand des Jahres 2010 zugrunde gelegt. [Auskunft des Betreibers; eigene Berechnung]

Sonstige Biomasse-KWK-Anlagen (EEG-Anlagen)

Nach Angabe der Stadtwerke Amberg sind im Jahr 2010 neben der bestehenden Biogasanlage noch weitere Biomasse-KWK-Anlagen (Kraft-Wärme-Kopplung) mit einer Gesamtleistung von 1.462 kW installiert. Der Biomasseverbrauch für den Einsatz in Kraft-Wärme-Kopplung (EEG Anlagen) wurde anhand der Stromeinspeisung des Jahres 2010 und einem mittleren elektrischen Wirkungsgrad von 0,37 berechnet und beläuft sich auf rund 13.241 MWh.

Die jährliche Stromproduktion beläuft sich hierbei auf rund 4.899 MWh. Die jährlich genutzte thermische Energie dieser KWK-Anlagen ist nicht bekannt. Unter der Annahme, dass rund 50% der produzierten Wärmemenge thermisch genutzt werden, beläuft sich der Wert auf rund 2.770 MWh pro Jahr. [Stadtwerke Amberg; eigene Berechnung]

2.3.6.4 Wasserkraft

Im Betrachtungsgebiet ist nach Angaben der Stadtwerke Amberg eine Wasserkraftanlage mit einer elektrischen Leistung von rund 74 kW installiert, welche jährlich rund 160 MWh an elektrischer Energie erzeugt.

2.3.6.5 Windkraft

Derzeit sind im Betrachtungsgebiet keine Windkraftanlagen installiert.

2.3.6.6 Wärmepumpen

Nach Auskunft der Stadtwerke Amberg beläuft sich der Stromverbrauch der Wärmepumpen im Stadtgebiet auf rund 52 MWh/a. Unter Annahme eines mittleren COP von 3,5 ergibt sich hierdurch eine Wärmebereitstellung von rund 182 MWh/a.

(COP: Leistungszahl; beschreibt das Verhältnis von nutzbarer Wärmeleistung zu zugeführter elektrischer Verdichterleistung)

2.3.6.7 Kraft-Wärme-Kopplung mit fossilen Brennstoffen

Nach Auskunft der Stadtwerke Amberg waren im Jahr 2010 insgesamt 2.014 kW an KWK-Anlagen installiert, welche mit fossilen Brennstoffen (Erdgas, Heizöl) befeuert wurden. Die jährliche Stromproduktion beläuft sich hierbei auf rund 7.515 MWh.

2.3.6.8 Zusammenfassung

Regenerative Stromerzeugung durch EEG-Anlagen und Kraft-Wärme-Kopplung

Tabelle 3 zeigt eine Übersicht der im Jahr 2009 und im Jahr 2010 eingespeisten Strommengen aus Erneuerbaren Energien. In Summe wurden im Jahr 2010 rund 10.620 MWh durch die EEG-Anlagen im Stadtgebiet Amberg eingespeist. Dies entspricht rund 4 % des gesamten Stromverbrauches im Stadtgebiet.

Tabelle 3: Übersicht der regenerativen Stromerzeugung im Stadtgebiet Amberg

	Jahr 2009		Jahr 2010	
Stadtgebiet Amberg				
	Leistung [kW]	Einspeisung [MWh]	Leistung [kW]	Einspeisung [MWh]
EEG-Anlagen				
Photovoltaik	4.866	3.547	6.744	4.744
Wasserkraft	74	158	74	162
Biomasse	1.462	8.405	1.562	5.714
Summe EEG-Anlagen	6.402	12.110	8.380	10.620
davon Stadtwerke Amberg				
	Leistung [kW]	Einspeisung [MWh]	Leistung [kW]	Einspeisung [MWh]
EEG-Anlagen				
Photovoltaik	83	74	240	143

Die Stromproduktion durch Kraft-Wärme-Kopplung (z.B. Erdgas-BHKW) beläuft sich im Stadtgebiet Amberg auf rund 7.515 MWh im Jahr 2010 (entsprechend rund 3 % des gesamten Stromverbrauches im Stadtgebiet). Hiervon wurden durch die KWK-Anlagen der Stadtwerke Amberg (Energiezentrale Pond-Barracks, Energiezentrale Raseliushaus) rund 90% entsprechend 6.806 MWh erzeugt.

Tabelle 4: Die bestehenden KWK-Anlagen im Stadtgebiet Amberg

KWK Anlagen	Jahr 2009		Jahr 2010	
	Leistung [kW]	Einspeisung [MWh]	Leistung [kW]	Einspeisung [MWh]
Stadtgebiet Amberg	1.999	7.918	2.014	7.515
davon Stadtwerke Amberg	1.841	7.529	1.841	6.806

Zudem wurde im Jahr 2011 im Hockermühlbad ein Erdgas-BHKW (232 kW_{el}) installiert. Desweiteren wurde bei den Stadtwerken Amberg ein neues BHKW (232 kW_{el}) in Betrieb genommen und die Energiezentrale Pond Barracks mit einem neuen BHKW (1.999 kW_{el}) ausgestattet und erweitert.

Thermische Nutzung regenerativer Energien

In Tabelle 5 ist die thermische Nutzung regenerativer Energien dargestellt. In Summe beläuft sich die regenerative Wärmeerzeugung auf rund 24.441 MWh pro Jahr (entsprechend rund 4 % des gesamten thermischen Energiebedarfes im Stadtgebiet). Es ist ersichtlich, dass hiervon rund 75 % durch Energieholz (Scheitholz, Hackschnitzel, Pellets) erzeugt wird.

Tabelle 5: Übersicht der regenerativen Wärmenutzung im Stadtgebiet Amberg

	Thermische Nutzung [MWh/a]
Energieholz	18.950
<i>davon Zentralöfen</i>	<i>10.970</i>
<i>davon Einzelfeuerstätten</i>	<i>7.980</i>
Solarthermie	1.900
Biomasse EEG Anlage	2.770
Biogasanlage	821
Summe	24.441

2.4 Der Endenergieverbrauch in den einzelnen Verbrauchergruppen

2.4.1 Private Haushalte und Kleingewerbe

Abbildung 5 gibt eine Übersicht des Gesamtendenergiebedarfes in der Verbrauchergruppe „Private Haushalte und Kleingewerbe“.

Der jährliche Stromverbrauch beläuft sich in dieser Verbrauchergruppe auf rund 87.290 MWh pro Jahr.

Der gesamte Endenergieeinsatz für die Wärmeversorgung beläuft sich in Summe auf rund 407.056 MWh pro Jahr. Hierbei wird die Wärme zu rund 61 % aus dem Brennstoff Erdgas und zu rund 31 % aus Heizöl gewandelt. Der Biomasseeinsatz der Wärmebereitstellung beläuft sich auf rund 4 %.

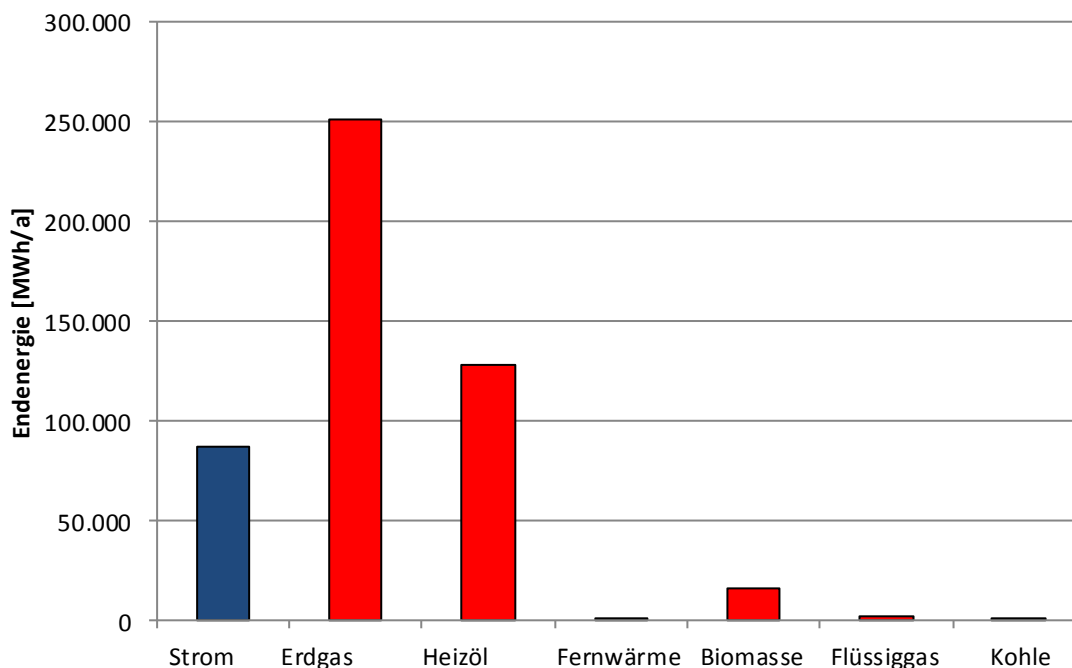


Abbildung 5: Der Endenergiebedarf in der Verbrauchergruppe „Private Haushalte und Kleingewerbe“

2.4.2 Kommunale Liegenschaften

Abbildung 6 gibt eine Übersicht des Gesamtendenergiebedarfes in der Verbrauchergruppe „Kommunale Liegenschaften“. Es ist ersichtlich, dass ein Großteil des Wärmebedarfes in den kommunalen Liegenschaften durch Fernwärme der Stadtwerke Amberg bereitgestellt wird. In Abbildung 7 und Abbildung 8 wird der Stromverbrauch und der Wärmebedarf der kommunalen Liegenschaften auf die einzelnen Energieverbraucher aufgegliedert.

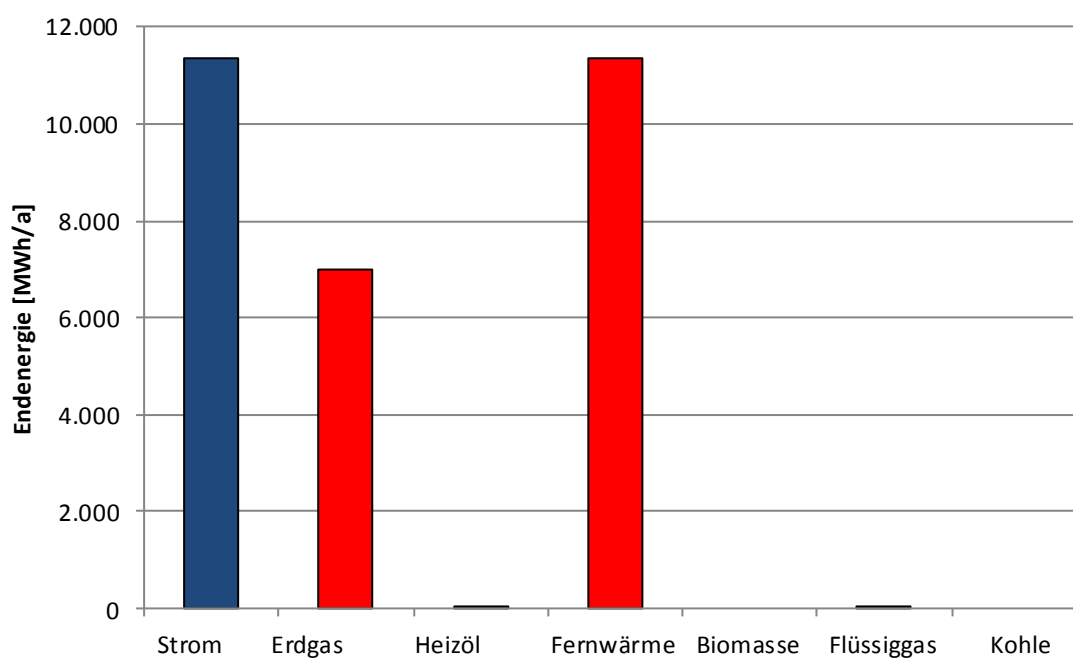


Abbildung 6: Der Endenergiebedarf in der Verbrauchergruppe „Kommunale Liegenschaften“

Der Stromverbrauch der kommunalen Liegenschaften

Der Gesamtstromverbrauch der kommunalen Liegenschaften beläuft sich jährlich auf rund 11.345 MWh. In Tabelle 6 ist der Stromverbrauch aller betrachteten, kommunalen Liegenschaften dargestellt. In Abbildung 7 wird der Stromverbrauch entsprechend der prozentualen Verteilung, grafisch dargestellt.

Tabelle 6: Der Stromverbrauch der kommunalen Liegenschaften

	Stromverbrauch [MWh/a]
Schulen und Kindergärten	1.639
Verwaltungsgebäude	801
Feuerwehr	706
Sonstige Liegenschaften	1.805
Kläranlage	3.567
Ampelanlagen	171
Straßenbeleuchtung	2.657
Summe	11.345

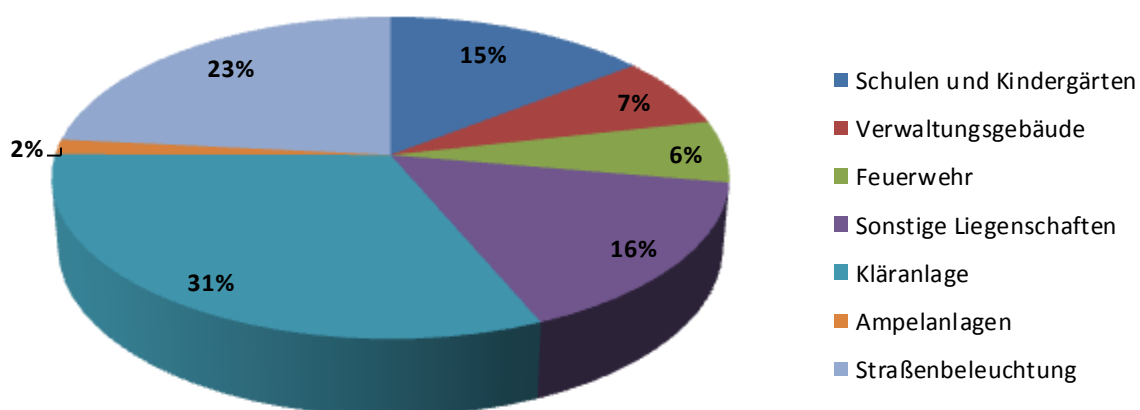


Abbildung 7: Der prozentuale Stromverbrauch der kommunalen Liegenschaften

Die Wärmeversorgung der kommunalen Liegenschaften

Der Endenergieeinsatz für die Wärmebereitstellung der kommunalen Liegenschaften beläuft sich jährlich auf rund 17.964 MWh. In Tabelle 7 ist der Endenergieeinsatz für die Wärmeversorgung aller betrachteten kommunalen Liegenschaften dargestellt. In Abbildung 8 wird der Energieverbrauch entsprechend der prozentualen Verteilung, grafisch dargestellt. Die Wärmeversorgung der Kläranlage Theuern erfolgt rein durch die Abwärmenutzung der bestehenden Blockheizkraftwerke und wird hier folglich nicht aufgeführt.

Tabelle 7: Der Wärmebedarf der kommunalen Liegenschaften

	Wärme [MWh/a]
Schulen und Kindergärten	10.270
Verwaltungsgebäude	2.632
Feuerwehr	1.145
Sonstige Liegenschaften	3.917
Summe	17.964

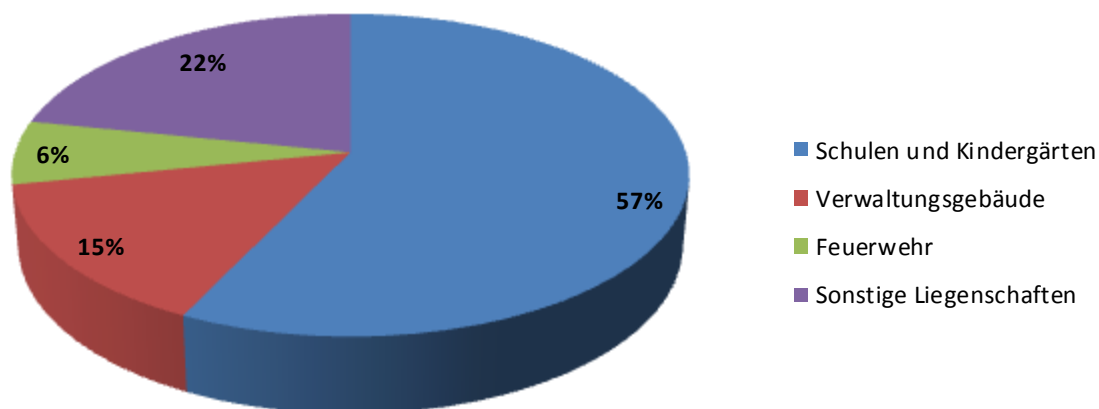


Abbildung 8: Der prozentuale Wärmebedarf der kommunalen Liegenschaften

2.4.3 Industrie und Großgewerbe

Abbildung 9 gibt eine Übersicht des Gesamtendenergiebedarfes in der Verbrauchergruppe „Industrie und Großgewerbe“.

Der jährliche Stromverbrauch beläuft sich in Summe auf rund 167.845 MWh pro Jahr. Die Wärmebereitstellung (Heizwärme und Prozesswärme) erfolgt zum Großteil mit Erdgas.

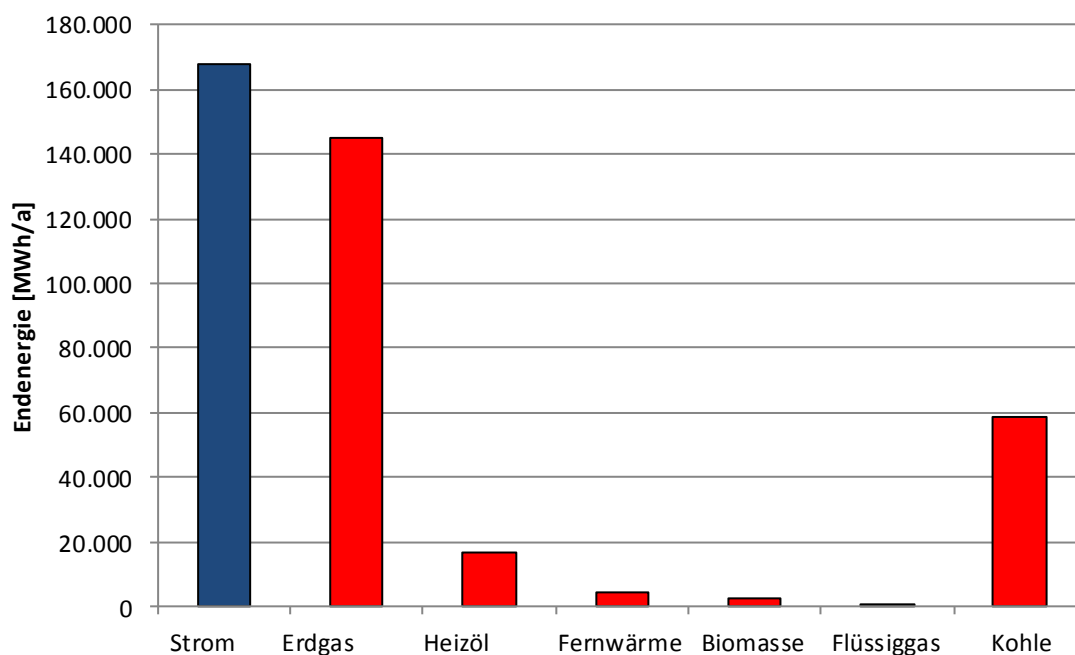


Abbildung 9: Der Endenergiebedarf in der Verbrauchergruppe „Industrie und Großgewerbe“

2.4.4 Verkehr

Motorisierter Individualverkehr (MIV)

Die Ermittlung des mobilen Endenergiebedarfes im Stadtgebiet Amberg erfolgt über die Zulassungszahlen an Kraftfahrzeugen mit der Verrechnung einer Laufleistung und einem durchschnittlichen, bundesweiten Kraftstoffverbrauch.

In Tabelle 8 sind die von der KFZ- Zulassungsbehörde der Stadt Amberg zur Verfügung gestellten Daten aufgelistet.

Tabelle 8: KFZ Zulassungszahlen im Stadtgebiet Amberg (Stand 28.02.2011)

	PKW	LKW	Sattelzug- maschinen	Kräder	Sonder- fahrzeuge	landw. Fahrzeuge
Anzahl	22.483	1.375	82	1.989	252	130

Die Anzahl der PKW sticht mit großem Abstand hervor. Bezogen auf das Gesamtgebiet ergibt sich eine Zulassungszahl von 0,51 PKW je Einwohner.

In Tabelle 9 ist die durchschnittliche Fahrleistung der verschiedenen Fahrzeugarten dargestellt. Die angesetzten Durchschnittswerte wurden vom Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung im Oktober 2009 veröffentlicht. [6]

Tabelle 9: Die durchschnittliche Fahrleistung nach Fahrzeugart [6]

Kraftfahrzeug	durchschnittliche Fahrleistung [km/a]
Krafträder	3.000
Personkraftwagen	14.100
Lastkraftwagen	25.700
Sattelzugmaschinen	102.000
Sonderfahrzeuge	6.100

In Tabelle 10 sind die jährlichen Durchschnittsverbräuche nach Kraftfahrzeugart und ihres jeweiligen Antriebs aufgelistet.

Tabelle 10: Der durchschnittliche Verbrauch nach Fahrzeug-/ und Antriebsart [7]

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
Sonderfahrzeuge	benzinbetrieben	27,0
	dieselbetrieben	25,0
	gasbetrieben	30,0

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

Tabelle 11: Der Endenergiebedarf der landwirtschaftlichen Zugmaschinen

	Fläche [ha]	Verbrauch [l/ha]	Liter [l]
Landwirtschaftliche Fläche	2.133	130	277.290
Waldfläche	901	60	54.060
Summe			331.350

Anhand der durchschnittlichen Fahrleistung und dem durchschnittlichen spezifischen Verbrauch der Kraftfahrzeugarten kann der Endenergieverbrauch im Sektor MIV berechnet werden. Dieser beträgt rund 371.024 MWh, was einem Äquivalent von rund 36,8 Mio. Liter an Dieselkraftstoff entspricht.

Öffentlicher Personennahverkehr

Durch die Einführung des ÖPNV wird ein Teil des motorisierten Individualverkehrs, insbesondere Einzelfahrten im Stadtgebiet und den Nachbarkommunen vermieden.

Die Angaben zu den eingesetzten Omnibussen und den Nutzwagenkilometern wurden von den einzelnen Unternehmen detailliert zur Verfügung gestellt. Der im Rahmen dieser Studie betrachtete öffentliche Personen-Nahverkehr (ÖPNV) im Stadtgebiet Amberg gliedert sich in die folgenden Bereiche.

- RBO
- Fa. Linzer
- Fa. Reichert
- Fa. Bruckner

Anhand der Nutzwagenkilometer und dem durchschnittlichen spezifischen Verbrauch der Kraftfahrzeugarten kann der Endenergieverbrauch im Sektor ÖPNV berechnet werden. Dieser beträgt rund 4.980 MWh, was einem Äquivalent von rund 494.000 Liter an Dieselkraftstoff entspricht.

Die Quantifizierung der CO₂-Emissionen durch den ÖPNV ist nur im Rahmen umfangreicher Analysen und Szenarien-Berechnungen möglich. Diese sind im Rahmen dieser Studie jedoch nicht vorhanden.

Um die CO₂-Einsparung durch den ÖPNV dennoch ermitteln zu können, wird auf eine Untersuchung des Öko-Instituts zurückgegriffen [5]. In dem Gutachten vergleicht das Öko-Institut bundesweit erstmalig die Kohlendioxid-Emissionen des Straßenpersonennahverkehrs mit denen des Autoverkehrs in Schleswig-Holstein. Die Ergebnisse sind folglich nicht spezifisch für die Stadt Amberg berechnet sondern basieren auf den Ergebnissen der Studie für Schleswig-Holstein.

Die Fahrten mit dem Nahverkehr zeigen dabei insgesamt einen deutlichen Klimavorteil. Demzufolge beträgt die CO₂-Einsparung durch die Nutzung des Stadtbusses im Vergleich zum PKW rund 62 %. Hierbei wird davon ausgegangen, dass ein Teil des Verkehrs auch auf nicht motorisierte Verkehrsarten zurückverlagert würde, insbesondere im Innenstadtbereich. Aus diesem Grund wird in dieser Studie unterstellt, dass in Städten 80 % und im Gemeindegebiet 95 % der Bus-Verkehrsleistung ohne ÖPNV mit dem Auto erbracht würden.

Die Emissionen des ÖPNV im Stadtgebiet Amberg belaufen sich auf jährlich rund 1.422 Tonnen. Entfielen die Busverkehre, würde nach den Annahmen des Öko-Instituts der dadurch entstehende Pkw-Verkehr rund 3.742 Tonnen CO₂ verursachen. Damit werden rund 2.320 Tonnen CO₂ weniger emittiert als dies der Fall wäre, wenn die entsprechende Verkehrsleistung durch Pkw und nicht motorisierten Verkehr erbracht würde.

Zusammenfassung im Sektor Verkehr

In Summe ergibt sich im Bereich Verkehr ein jährlicher Endenergiebedarf in Höhe von ca. 376.004 MWh, was einem Äquivalent von rund 37,3 Mio. Liter Dieselkraftstoff entspricht. Die prozentuale Verteilung des Endenergiebedarfes im Sektor Verkehr wird in Abbildung 10 verdeutlicht.

Tabelle 12: Der Endenergieverbrauch des Sektors Verkehr im Betrachtungsgebiet

	Energiebedarf [MWh]
PKW	225.870
LKW	107.426
Sattelzugmaschinen	27.810
Kräder	3.118
ÖPNV	4.980
Sonderfahrzeuge	3.651
landwirtschaftliche Fahrzeuge	3.149
Summe	376.004

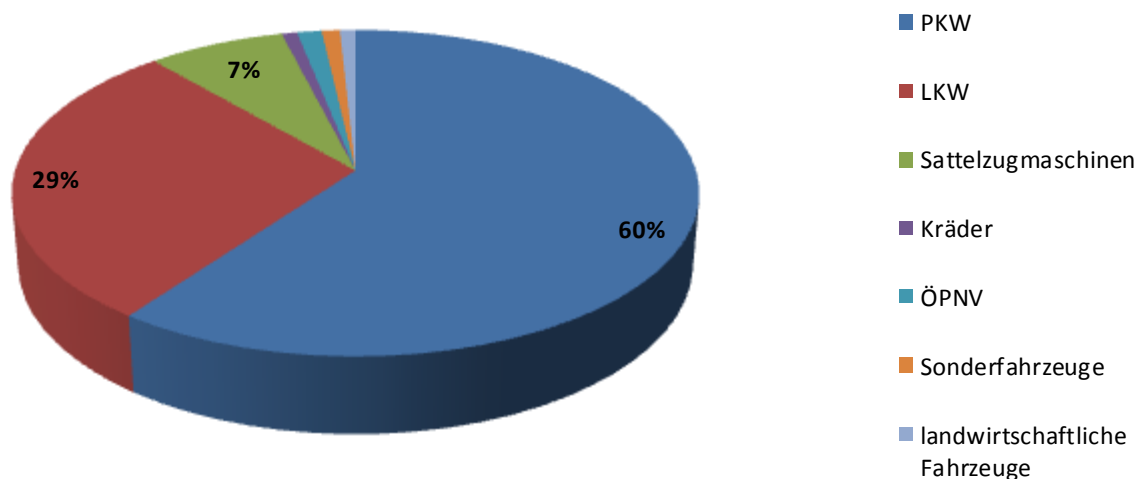


Abbildung 10: Die prozentuale Verteilung des mobilen Endenergiebedarfes

2.4.5 Zusammenfassung

Im Untersuchungsgebiet wurde eine umfangreiche Bestandsanalyse der Endenergieverbrauchsstruktur und des Energieumsatzes durchgeführt. Als Ergebnis wurde in den vorhergehenden Kapiteln der Endenergieeinsatz in den einzelnen Verbrauchergruppen dargestellt. Zudem wurde der Sektor Verkehr anhand der zugelassenen Fahrzeuge mit einer bundesdurchschnittlichen Laufleistung und dem ÖPNV im Stadtgebiet Amberg betrachtet.

Tabelle 13: Der Endenergieverbrauch im Ist-Zustand

	Strom [MWh]	Erdgas [MWh]	Heizöl [MWh]	Fernwärme [MWh]	Biomasse [MWh]	Flüssiggas [MWh]	Kohle [MWh]	Dieseläquivalent [MWh]
private Haushalte und Kleingewerbe	87.290	251.149	128.038	735	16.530	2.332	666	
kommunale Liegenschaften	11.350	7.000	60	11.370	0	30	0	
Industrie und Großgewerbe	167.845	145.130	16.887	4.500	2.420	430	58.756	
Biomasse-EEG Anlagen					15.460			
Energieerzeuger Fernwärmenetze		26.043			2.400			
Verkehr								376.004
Summe	266.485	429.322	144.984	16.605	36.810	2.792	59.422	376.004

In Abbildung 11 ist der elektrische und thermische Endenergiebedarf in den einzelnen Verbrauchergruppen zusammenfassend dargestellt. Hierbei wird den einzelnen Verbrauchergruppen lediglich die Fernwärmeauskopplung der „Energieerzeuger Fernwärmenetze“ und der „Biomasse-EEG Anlagen“ als thermischer Endenergiebedarf zugeordnet.

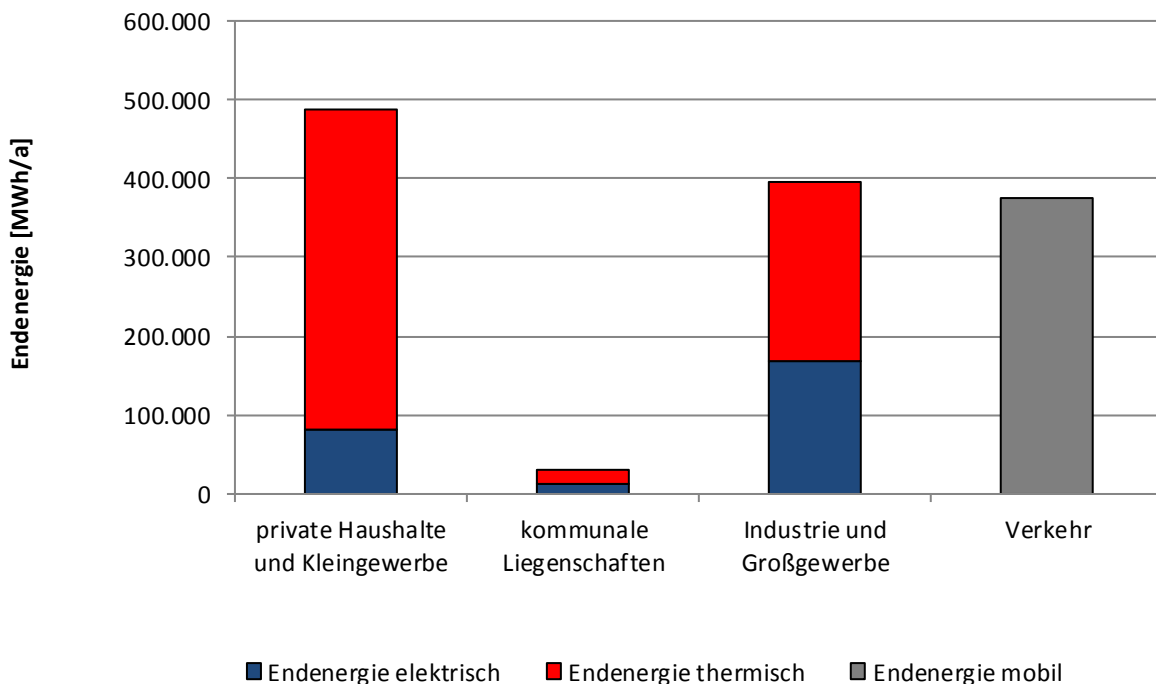


Abbildung 11: Übersicht des Endenergiebedarfes in den einzelnen Verbrauchergruppen

2.5 Der Primärenergieeinsatz und CO₂-Ausstoß in den einzelnen Verbrauchergruppen

Anhand der in den vorhergehenden Kapiteln dargestellten Endenergieverbrauchsdaten der jeweiligen Verbrauchergruppen und der zugehörigen Zusammensetzung nach Energieträgern wird nachfolgend der Primärenergieumsatz sowie der CO₂- Ausstoß im Ist-Zustand (Ausgangslage) berechnet.

Der Primärenergieumsatz in den einzelnen Verbrauchergruppen wird anhand der jeweiligen Primärenergiefaktoren der eingesetzten Energieträger berechnet. Die zugrunde gelegten Primärenergiefaktoren sind in Tabelle 14 dargestellt.

Bei der Darstellung der CO₂- Emissionen gibt es grundsätzlich eine Vielzahl unterschiedlicher Herangehensweisen. Bisher existiert bei der kommunalen CO₂- Bilanzierung keine einheitliche Methodik die anzuwenden ist, bzw. angewendet wird. Die Thematik der CO₂- Bilanz gewinnt jedoch gerade wieder entscheidend an Präsenz, da diese ein wichtiges Monitoring- Instrument für den kommunalen Klimaschutz darstellt. Bei den nachfolgenden Berechnungen zum CO₂- Ausstoß werden die CO₂- Emissionen nach CO₂- Emissionsfaktoren für die verbrauchte Endenergie der entsprechenden Energieträger berechnet. Die Emissionsfaktoren wurden einer Aufstellung des IWU vom 14.01.2009 übernommen und sind in Tabelle 14 dargestellt. Die Primärenergiefaktoren enthalten hierbei nur den nicht-regenerativen Anteil.

Tabelle 14: Die CO₂-Äquivalente und Primärenergiefaktoren der konventionellen Energieträger

Energieträger	CO ₂ - Äquivalent [g/kWh _{end}]	Primärenergie- faktor
Erdgas	244	1,12
Heizöl	302	1,11
Flüssiggas	266	1,11
Hackschnitzel	35	0,06
Pellets	41	0,14
Brennholz	6	0,01
Strom	633	2,61
Koks	445	1,15

Im Untersuchungsgebiet wurde eine umfangreiche Bestandsanalyse der Energieverbrauchsstruktur und des Energieumsatzes durchgeführt. Als Ergebnis wurde in den vorhergehenden Kapiteln der Endenergieeinsatz in den einzelnen Verbrauchergruppen dargestellt.

Darauf aufbauend wurde der Primärenergieumsatz sowie der CO₂- Ausstoß in den jeweiligen Verbrauchergruppen im Ist-Zustand berechnet. Die Situationsanalyse stellt somit die Basis für das weitere Vorgehen einer Potentialbetrachtung zur Reduzierung des CO₂- Ausstoßes dar.

In Abbildung 12 ist die ermittelte Energiebilanz mit Endenergie, Primärenergie sowie dem gesamten CO₂-Ausstoß mit den bereits genutzten Anteilen an erneuerbaren Energieträgern für das Stadtgebiet Amberg als Summe dargestellt.

	Endenergie elektrisch [MWh]	Endenergie thermisch [MWh]	Endenergie mobil [MWh]	Primärenergie [MWh _{prim}]	CO ₂ -Ausstoß [t/a]
Private Haushalte und Kleingewerbe	82.087	407.056		655.714	156.780
kommunale Liegenschaften	11.350	18.460		37.563	8.919
Industrie und Großgewerbe	167.845	228.123		684.644	173.115
Verkehr			376.004	417.365	113.553
Biomasse EEG				1.082	618
Energieerzeuger Fernwärme				29.336	6.450
erneuerbare Energien				-47.332	-11.055
Gesamt	261.282	653.639	376.004	1.778.371	448.381

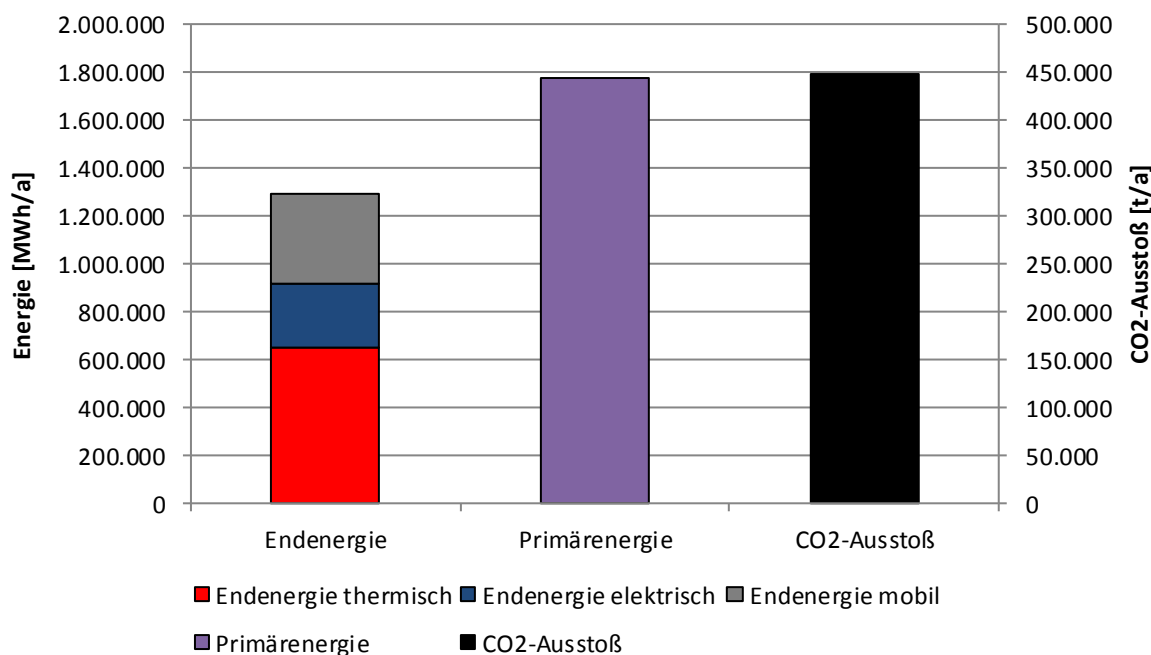


Abbildung 12: Die Gesamtenergiebilanz im Ist-Zustand

In Summe werden im Betrachtungsgebiet jährlich rund 1.291.000 MWh Endenergie verbraucht, wovon rund Endenergie 653.639 MWh dem Verbrauch an thermischer Energie, rund 261.282 MWh dem Verbrauch an elektrischer Energie, sowie rund 376.004 MWh dem Verbrauch an Kraftstoffen für den mobilen Bereich zuzuordnen sind.

Dem Datenstand des Jahres 2010 zufolge wird im Stadtgebiet Amberg bereits jährlich eine elektrische Energiemenge von rund 10.620 MWh (entsprechend rund 4 % am Gesamtstromverbrauch) aus Erneuerbaren Energien und rund 7.515 MWh (entsprechend rund 3 % am Gesamtstromverbrauch) in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt und in das öffentliche Netz eingespeist. [Quelle: Stadtwerke Amberg]

Die Summe des ermittelten Anteils an Erneuerbaren Energieträgern an der thermischen Energieversorgung (Biomasse, Solarthermie, Fernwärme) liegt derzeit bei einem absoluten Wert von etwa 24.441 MWh (entsprechend rund 4 % am thermischen Gesamtverbrauch) pro Jahr. [Quelle: Stadtwerke Amberg; eigene Berechnungen]

Der Endenergieverbrauchsstruktur zufolge entstehen in der

- ➔ Verbrauchergruppe „Private Haushalte und Kleingewerbe“ rund 156.800 Tonnen jährlicher CO₂- Ausstoß,
- ➔ durch den Verbrauch in den „Kommunalen Liegenschaften“ rund 9.000 Tonnen
- ➔ der Sektor „Industrie und Großgewerbe“ verursacht einen Ausstoß von rund 173.200 Tonnen
- ➔ der Sektor „Verkehr“ emittiert jährlich rund 113.600 Tonnen.
- ➔ die Energieerzeuger Fernwärme emittieren jährlich rund 6.450 Tonnen
- ➔ die Biomasse-EEG Anlagen emittieren jährlich rund 618 Tonnen
- ➔ Durch die Einspeisung elektrischer Energie aus erneuerbaren Energien wird gleichzeitig ein Ausstoß von rund 11.100 Tonnen pro Jahr vermieden

Aus dem Gesamtendenergieverbrauch resultieren unter der Berücksichtigung der Einspeisung des Stroms aus erneuerbaren Energien ein Primärenergieverbrauch von rund 1.778.371 MWh/a sowie ein Ausstoß von rund 448.400 Tonnen CO₂ pro Jahr.

Dies entspricht einem jährlichen CO₂-Ausstoß pro Kopf von rund 10,3 Tonnen

3 Potentialbetrachtung zur Minderung der CO₂ - Emissionen

Im folgenden Kapitel wird eine „Potentialbetrachtung zur Minderung von CO₂ – Emissionen“ durchgeführt, indem die verschiedenen Potentiale der einzelnen Verbrauchergruppen betrachtet und bewertet werden. Zunächst wird hierbei auf bereits durchgeführte Energieeinsparmaßnahmen im Stadtgebiet hingewiesen.

3.1 Bereits durchgeführte Klimaschutzaktivitäten im Stadtgebiet Amberg

Im Stadtgebiet Amberg gibt es bereits zahlreiche erfolgreiche Klimaschutzprojekte, laufende und bereits abgeschlossene. Umfangreich sind die Beratungsangebote für Bürger. Insbesondere Mitarbeiter der Stadtwerke Amberg beraten zu diversen Energiethemen. In den folgenden Kapiteln werden einige bereits durchgeführte Klimaschutzaktivitäten der Stadtwerke Amberg vorgestellt:

3.1.1 Solar Energie Förderverein Amberg

Der SFV informiert über die Anwendung der Sonnenenergie und über aktuelle Fördermittel. Dazu bietet er Vorträge, Veranstaltungen und Info-Material an.

Zudem werden Architekten, Handwerksbetriebe und Politiker angesprochen, damit die Weichen für weitere Solaranlagen gestellt werden.

3.1.2 Ausbau der Energiezentralen – Einsatz hocheffizienter KWK

Durch die KWK-Anlagen der Stadtwerke Amberg (Energiezentrale Pond-Barracks, Energiezentrale Raseliushaus) wurden im Jahr 2010 rund 6.806 MWh an Strom produziert. Gleichzeitig wird die in Kraft-Wärme-Kopplung anfallende Abwärme sinnvoll in den Fernwärmenetzen genutzt. Im Jahr 2011 wurde zudem im Hockermühlbad ein Erdgas-BHKW (232 kW_{el}) installiert. Desweiteren wurde bei den Stadtwerken Amberg ein neues BHKW (232 kW_{el}) in Betrieb genommen und die Energiezentrale Pond Barracks mit einem neuen BHKW (1.999 kW_{el}) ausgestattet und erweitert. Durch den stetigen Ausbau konnte seit dem Jahr 2006 die Fernwärmeproduktion um 50 % gesteigert werden. Die Stromproduktion durch KWK konnte seit 2007 sogar verdoppelt werden.

3.1.3 Photovoltaikanlagen der Stadtwerke

Die Stadtwerke Amberg sind bereits seit dem Jahr 2004 Betreiber mehrerer PV-Anlagen. In Summe wurden bis zum Jahr 2010 rund 241 kW_p installiert. Als Beispiel ist in Abbildung 13 die Photovoltaikanlage auf dem Werkstattgebäude mit einer Nennleistung von 134 kW_p dargestellt. Diese Anlage wurde im Jahr 2010 in Betrieb genommen. Sie produziert jährlich eine Strommenge von rund 120 MWh und vermeidet im Vergleich zum Deutschen Strommix jährlich einen CO₂-Ausstoß von ca. 63 Tonnen. [Stadtwerke Amberg; eigene Berechnung]



Abbildung 13: Installation einer Photovoltaikanlage auf dem Werkstattgebäude (134 kW_p)

3.1.4 Bürgersolaranlagen

Im Jahr 2003 gründeten die Stadt Amberg, die Grammer Solar + Bau GmbH und die Stadtwerke Amberg die Solarstrom Bürgerbeteiligungsanlage Amberg GmbH & Co. KG. Hierbei wird interessierten Bürgern die Möglichkeit gegeben, sich mit Eigenkapital an einer Bürgerbeteiligungs-PV Anlage zu beteiligen. In Summe waren im Jahr 2010 hierfür rund 208 kW_p installiert.

3.1.5 Energieberatung der Stadtwerke Amberg

Die Stadtwerke Amberg bieten jedem interessierten Bürger die Möglichkeit, sich bei einem persönlichen Beratungsgespräch mit dem Energieberater zu folgenden Themen zu informieren (Auszug):

- Informationen zum Gebäudeneubau
- Gebäudesanierung
- Heizungsanlagen (allgemein Wärmeerzeugung)
- Einsatz und Nutzung regenerativer Energien
- Energiepolitische Themen

Zudem bieten die Stadtwerke Amberg den Bürgern die Möglichkeit, sich einen verbrauchs- bzw. bedarfsorientierten Energieausweis erstellen zu lassen. Hierbei findet eine Bestandsaufnahme des Gebäudes und der Heizungsanlage statt, bei der die benötigten Daten aufgenommen werden. In einem Übergabe-Gespräch erhält der Bürger den Gebäude-Energieausweis sowie eine Empfehlung über energetisch und wirtschaftlich sinnvolle Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs. Neben den Empfehlungen können auch konkrete Erneuerungen bzw. Veränderungen am Gebäude oder der Heizungsanlage berechnet und bewertet werden.

Desweiteren bieten die Stadtwerke die Erstellung von Thermographieaufnahmen an, durch welche energetische Schwachstellen an der Gebäudehülle ermittelt und häufig durch gering investive Maßnahmen behoben werden können.

In Abbildung 14 ist das gesteigerte Interesse der Bürger an energietechnischen Fragen deutlich zu erkennen. So ist die Anzahl der Energieberatungen durch die Stadtwerke von 44 im Jahr 2006 auf insgesamt 289 im Jahr 2010 angestiegen. [Stadtwerke Amberg]

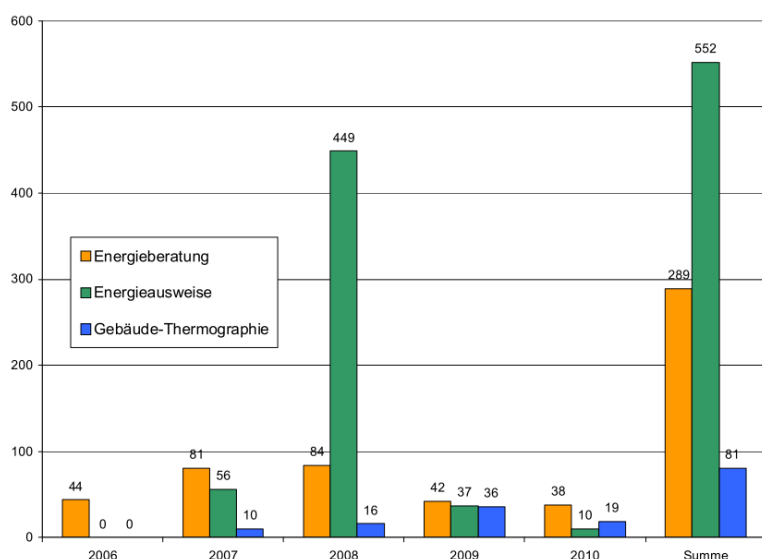


Abbildung 14: Anzahl der durchgeführten Energieberatungen, Energieausweise bzw. Thermographie-Aufnahmen [Stadtwerke Amberg]

3.1.6 Energiekonzept für die Industriegebiete Amberg Nord und Amberg Süd

Im Rahmen des Energiekonzeptes **Amberg Nord**, welches im Jahr 2009 von den Stadtwerken Amberg in Auftrag gegeben wurde, wurde zunächst eine Bestandsanalyse der bestehenden Energieversorgung der Firmen Grammer AG, IMA Automation GmbH, AMA Anlagen- und Maschinenbau Amberg GmbH, Druckhaus Oberpfalz GmbH & Co. KG, Kerb Konus Vertriebs GmbH, Korodur GmbH & Co. KG und Auer Metallkomponenten GmbH durchgeführt.

Im Zuge der Erfassung des Ist- Zustandes wurden die thermische und die elektrische Energieversorgung der Betriebe, deren nutzbares Abwärmepotential sowie die Druckluftversorgung untersucht. Dabei wurden sämtliche Verbrauchsdaten aufgenommen und ausgewertet. Die Versorgungsstruktur sowie die verschiedenen Anlagen wurden bei Vor- Ort Terminen begutachtet und dokumentiert. Ausgehend von den Verbrauchswerten wurden der CO₂- Ausstoß, sowie der Primärenergieumsatz im Ist- Zustand ermittelt.

Für die Energieversorgung wurden verschiedene Wärmeerzeugungsvarianten im Nahwärmeverbund ausgelegt und auf ihre Wirtschaftlichkeit hin untersucht. Die Wärmebelegung erreicht hierbei einen Wert, der aus ökonomischer und ökologischer Sicht den Aufbau eines Wärmeverbundes als sinnvoll erscheinen lässt.

Für die Betrachtungen und Berechnungen zur Realisierung eines Wärmeverbundes im Industriegebiet **Amberg Süd** erfolgte im Jahr 2011 eine Untersuchung im Auftrag der Stadtwerke Amberg.

Zunächst erfolgte hierbei eine detaillierte Aufnahme der energetischen Ausgangssituation ausgesuchter Hauptabnehmer. Als zentrales Gerüst für einen großen Wärmeverbund bzw. Zusammenschluss mit einem möglichen zentralen Heiz- oder Heizkraftwerk werden die Liegenschaften Siemens AG, der Wärmeverbund Raseliushaus sowie der Wärmeverbund Pond Barracks mit der Justizvollzugsanstalt Amberg herangezogen.

Alle untersuchten Nahwärmelösungen stellten sich sowohl aus ökologischer als auch als ökonomischer Sicht als sinnvoll heraus.

3.2 Grundlegende Strategieleanalyse zur weiteren Minderung der CO₂-Emissionen

Eine Minderung der energiebedingten CO₂-Emissionen muss grundsätzlich über mehrere Wege und Ansatzpunkte betrachtet werden.

Um eine Minderung der CO₂ - Emissionen erreichen zu können, müssen die Potentiale in den einzelnen Verbrauchergruppen ermittelt werden. Im Zusammenhang mit dieser Thematik wurden verschiedene Richtlinien und Leitfäden veröffentlicht. Zu den wichtigsten Publikationen zählt die „Richtlinie 2006/32/EG des europäischen Parlaments und des Rates über Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen“. Zweck dieser Richtlinie ist es, die Effizienz der Energienutzung durch gezielte Maßnahmen kostenwirksam zu steigern. Als allgemeines Ziel der Mitgliedsstaaten wurde ein genereller nationaler Einsparrichtwert von 9 % ausgerufen, der zum Abschluss des neunten Jahres erreicht werden soll. Dieses Ziel gibt also eine jährliche Einsparung von einem Prozentpunkt vor. Eine besondere Rolle in dieser Richtlinie nimmt die Energieeffizienz im öffentlichen Sektor ein, da diese eine Vorbildfunktion einnehmen soll. [7]

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

Anhand der natürlichen Gegebenheiten im Stadtgebiet Amberg ergeben sich lediglich geringe Potentiale zur Nutzung Erneuerbarer Energien, z.B. im Bereich der Land- und Forstwirtschaft oder der solaren Strahlungsenergie. In der Stadt Amberg liegen jedoch mit den bereits vorhandenen Fernwärmenetzen der Stadtwerke im Vergleich zu anderen Kommunen und Städten sehr gute Grundlagen für eine weitere Optimierung.

In der nachfolgenden Potentialbetrachtung werden demnach zum einen Möglichkeiten in den einzelnen Verbrauchergruppen aufgezeigt, wie der Energieverbrauch reduziert werden kann, zum anderen werden parallel dazu die Potentiale zum Ausbau der Erneuerbaren Energien betrachtet, die im untersuchten Gebiet anhand der gegebenen räumlichen und strukturellen Situation dargestellt werden können.

3.3 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.

Die Daten wurden der regionalisierten Bevölkerungsvorausberechnung für Bayern bis 2029 entnommen. Bei der regional-planerischen Betrachtung werden Ziele und Grundsätze der Raumordnung und der Landesplanung ausgewertet. [8]

In Abbildung 15 ist die Entwicklung der Einwohnerzahlen für die Stadt Amberg dargestellt. In dieser Abbildung ist zu erkennen, dass in den vergangenen Jahren eine relativ konstante Einwohnerzahl registriert werden konnte. Der prognostizierte Trend weist für das Stadtgebiet in den nächsten 20 Jahren eine nur leicht sinkende Einwohnerzahl voraus.

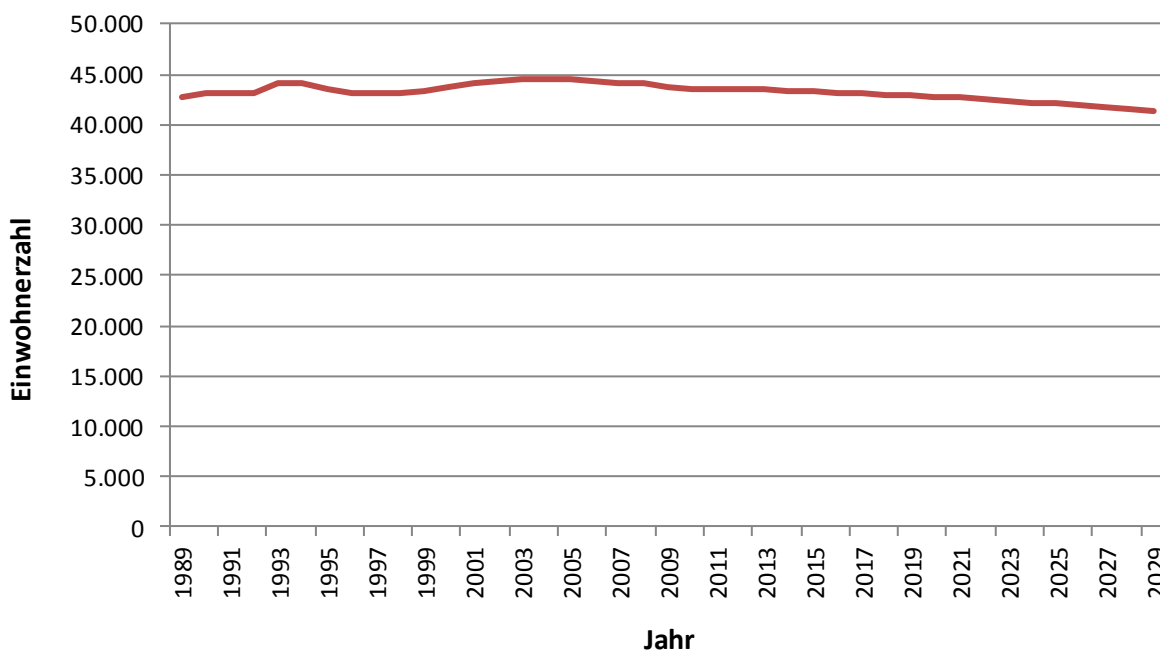


Abbildung 15: Die prognostizierte Entwicklung der Einwohnerzahlen in Amberg

Neben der Entwicklung der Bevölkerungszahlen ist die Veränderung der Altersgruppenverteilung ein entscheidender Faktor bei der demographischen Betrachtung. In Abbildung 16 ist die Veränderung der Altersgruppenstruktur für das Stadtgebiet dargestellt.

Für die kommenden Jahre wird eine Veränderung der Altersgruppenstruktur im Betrachtungsgebiet prognostiziert. Diese Prognose zeigt eine Zunahme der Bevölkerungsgruppen über 60 Jahre. Parallel dazu wird für die Altersgruppe zwischen 0 und 18 Jahre und für die Altersgruppe zwischen 18 und 65 Jahre eine Abnahme vorausgesagt.

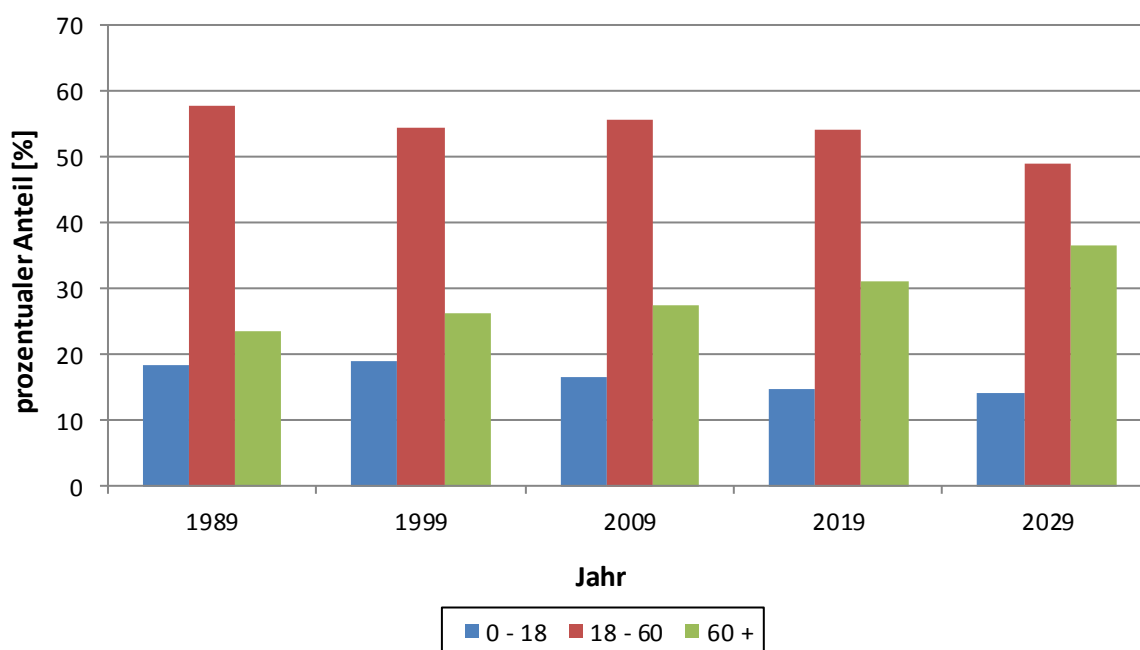


Abbildung 16: Die Veränderung der Altersgruppenstruktur im Betrachtungsgebiet

Die Ergebnisse dieser Vorausberechnung zeigen, dass der demographische Wandel im Betrachtungsgebiet einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss haben wird. Neben der langfristigen Abnahme der Bevölkerung stellt die Alterung der Bevölkerung das zweite Merkmal dar.

Nach Betrachtung der demographischen Aspekte bezüglich der zukünftigen Entwicklung bzw. Veränderung werden nachfolgend die regionalplanerischen Gesichtspunkte betrachtet. Hierzu wird der Regionalplan Oberpfalz-Nord (Stand: Dezember 2009) herangezogen. [9]

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 Oberbayern durch ein breiter aufgefächertes und qualitativ verbessertes Arbeitsplatzangebot gestärkt werden. In diesem Regionalplan ist die Stadt Amberg als Oberzentrum definiert worden, welches eine Entwicklungsachse mit Sulzbach-Rosenberg, Weiden und Schwandorf bildet, und somit von überregionaler Bedeutung ist.

In Abbildung 17 ist ein Auszug des Regionalplanes dargestellt. Aus diesem Auszug ist erkennbar, wie die überregionale Entwicklungsachse (grüner Verlauf) definiert ist. Das Oberzentrum Amberg soll demnach mit den übrigen Gemeinden des Stadt und Umlandbereiches Amberg/Sulzbach-Rosenberg eine verstärkte kommunale Zusammenarbeit im Bereich Siedlungswesen, Umweltschutz, Verkehrserschließung, Verkehrsgestaltung sowie Sicherung und Entwicklung von Freiräumen und Naherholungsgebieten anstreben. Zudem soll in den Bereichen Kultur, Bildung und Wissenschaft sowie Anwendung von Forschungsereignissen eine intensiviertere Zusammenarbeit mit dem Oberzentrum Regensburg angestrebt werden.

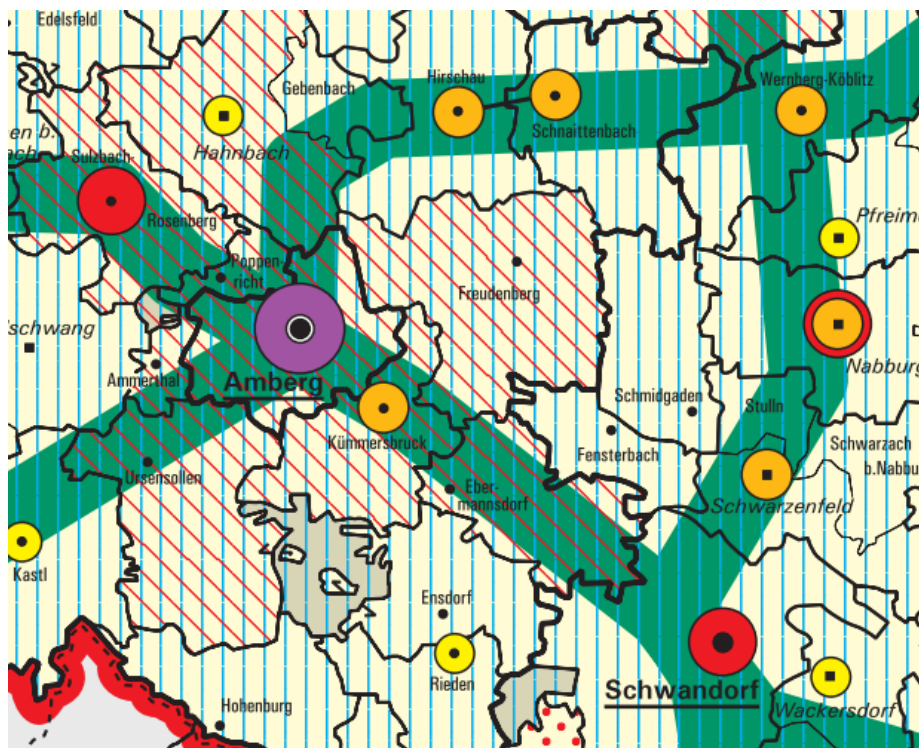


Abbildung 17: Auszug aus dem Regionalplan Oberpfalz-Nord (Stand: Dezember 2009)

3.4 Potentialbetrachtung im Bereich der privaten Haushalte

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

In Abbildung 18 ist die Aufteilung des Endenergieverbrauchs in dieser Verbrauchergruppe dargestellt. Es ist 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“. [10]

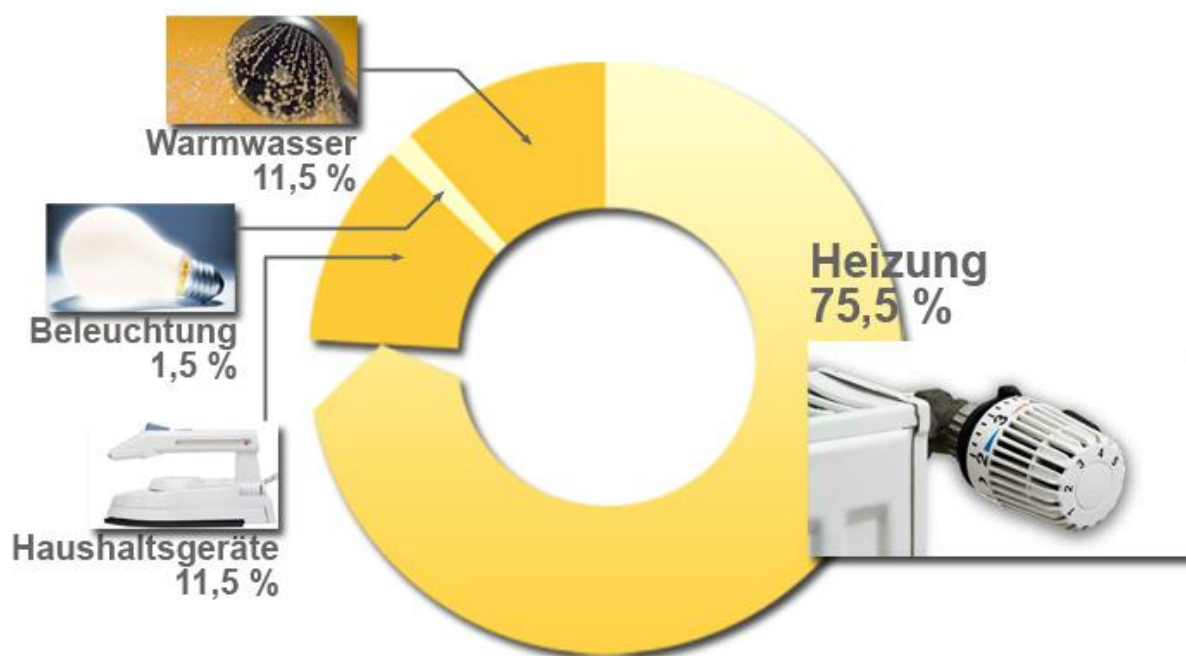


Abbildung 18: Die Aufteilung des Endenergiebedarfes in den privaten Haushalten [10]

Die nachfolgenden Kapitel zeigen die einzelnen Potentiale zur Energiereduzierung, und somit der Reduzierung der CO₂ – Emissionen in den einzelnen Bereichen der privaten Haushalte auf.

3.4.1 Sanierung von Bestandsgebäuden

Im folgenden Kapitel werden die Potentiale der Energieeinsparung mittels Sanierung der bestehenden Gebäudehüllen sämtlicher Bestandsgebäude untersucht. Die 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 1957
- Baualterklasse IV: Baujahr 1958 bis 1968
- Baualterklasse V: Baujahr 1969 bis 1977
- Baualterklasse VI: Baujahr 1978 bis 1984
- Baualterklasse VII: Baujahr 1985 bis 1995
- Baualterklasse VIII: Baujahr 1996 bis 2001
- Baualterklasse IX: ab Baujahr 2002

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 Programm „Energieberater Version 7.0.2“ für die geltenden Baujahre entnommen.

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

- Gebäudetyp: freistehendes Einfamilienhaus
- Wohneinheit: 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 Wohnfläche.
- Lüftung: Das Gebäude wird mittels Fensterlüftung belüftet.
Nutzerverhalten: Für die nachfolgende Betrachtung wurde das EnEV – Standard - Nutzerverhalten zugrundegelegt.
- mittlere Temperatur: 19°C
- Luftwechselrate: 0,70 1/h

Tabelle 15: Die Aufteilung der Bauteile des Gebäudes mit den zugehörigen Flächen

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

Im Anhang dieses Konzeptes ist die Berechnung der Heizenergieeinsparung an einem Mustergebäude der Baualterklasse I dargestellt. Diese Bewertung, mit welcher je nach Baualterklasse die Heizenergieeinsparung durch die Sanierung nach dem EnEV-Standard 2009 berechnet werden kann, wurde für jede Baualterklasse separat durchgeführt.

Zusammenfassung

Ausgehend vom Gebäudebestand und der Gebäudealtersstruktur im Stadtgebiet Amberg (siehe Abbildung 19) wird das energetische Einsparpotential berechnet, das durch verschiedene Gebäudesanierungsszenarien erreicht werden kann. Für den Gebäudebestand und somit die vorhandene Wohnfläche wird ein maximaler Heizwärmebedarf vorgegeben.

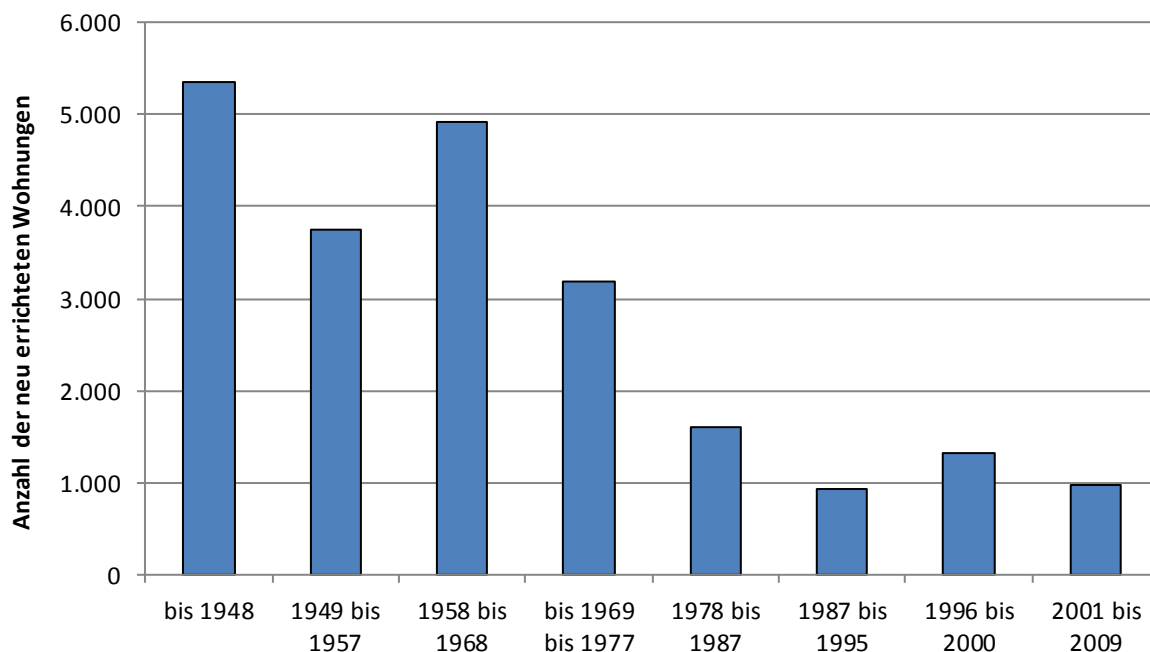


Abbildung 19: Die Baualtersstruktur der Wohnungen im Stadtgebiet Amberg

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

- **Sanierung 1:**

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

- **Sanierung 2:**

Es wird ab dem Jahr 2010 mit einer mittleren Sanierungsrate von 2 % pro Jahr auf den EnEV 2009 Standard gerechnet. Die Betrachtung wird hierbei bis zum Jahr 2030 durchgeführt.

Auch dieses Szenario stellt eine ehrgeizige Aufgabe dar. Die mittlere Sanierungsrate in Deutschland liegt derzeit lediglich bei rund 1 %. [11]

Das Ergebnis der Potentialbetrachtung der energetischen Sanierung von Bestandsgebäuden im Stadtgebiet Amberg ist in Abbildung 20 dargestellt.

In Summe kann der thermische Endenergiebedarf im Bereich der Wohngebäude im Stadtgebiet Amberg durch eine EnEV 2009 Sanierung mit einer jährlichen Sanierungsrate von 2 % bis zum Jahr 2030 um rund 140.270 MWh gesenkt werden. Dies entspricht einer CO₂-Einsparung von rund 35.680 Tonnen pro Jahr.

Durch eine Sanierung aller Wohngebäude (Stand 2009) nach EnEV-Standard bis zum Jahr 2030 könnte der thermische Endenergiebedarf um rund 243.623 MWh gesenkt werden, was eine jährliche CO₂-Einsparung in Höhe von rund 63.400 Tonnen hervorrufen würde.

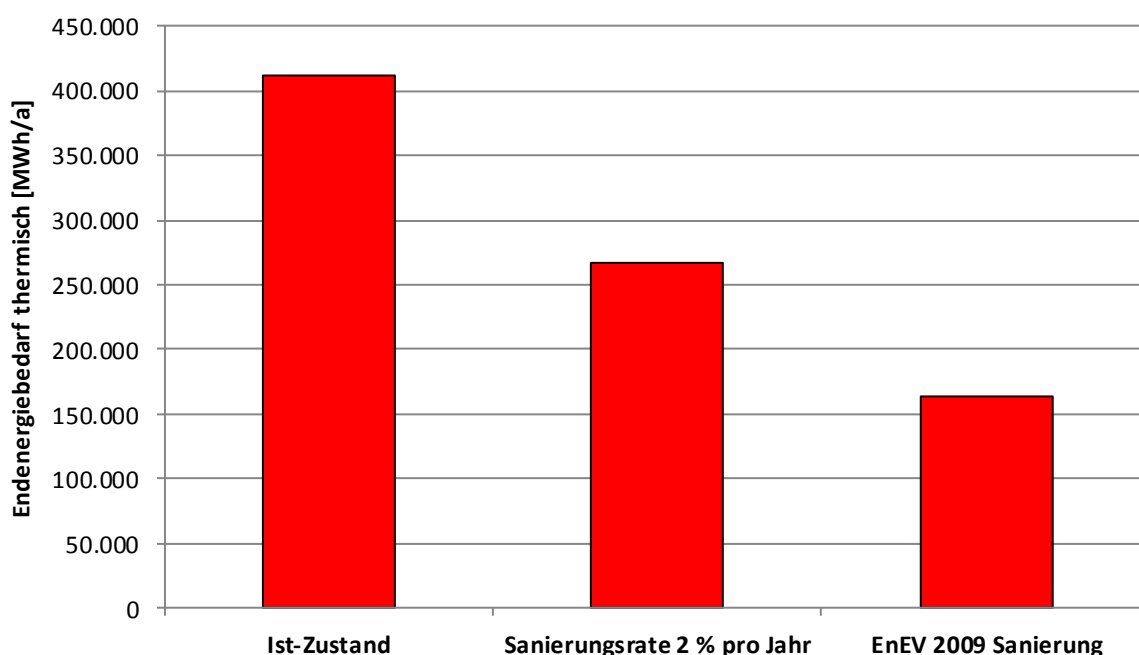


Abbildung 20: Die Potentialbetrachtung der energetischen Sanierung von Bestandsgebäuden

In der Stadt Amberg sind in Summe rund 9.200 Gebäude in der Verbrauchergruppe „Private Haushalte und Kleingewerbe“ und „Kommunale Liegenschaften“ vorhanden. Unter der Annahme, dass Sanierungen (Sanierungsrate deutschlandweit rund 1 Prozent) bereits getätigt wurden, verbleiben im Sanierungsszenario 1 (Sanierungsrate 2% bis 2030) noch rund 3.850 sanierungsbedürftige Gebäude. Unter den oben erläuterten Annahmen ergeben sich Investitionskosten von rund 289.000.000 Euro.

Die Sanierung aller Wohngebäude auf den EnEV 2009 Standard (Sanierungsszenario 2) würde Investitionskosten in Höhe von rund 480.000.000 Euro verursachen.

3.4.2 Reduzierung bzw.- Effizienzsteigerung im Stromverbrauch

Vermeidung von Stand-By Verlusten

Durch den Fortschritt der Technik, zunehmenden Wohlstand und dem immer größer werdenden Angebot an Unterhaltungselektronik nimmt der Einsatz von Elektrogeräten im Haushalt kontinuierlich zu. Die Geräte sind per Fernbedienung ständig einsatzbereit und verfügen somit über eine Stand-By Funktion, die auch außerhalb der eigentlichen Nutzung einen Energieverbrauch aufweist. Die Stand-By Verluste machen in einem durchschnittlichen Haushalt über 10 % des Stromverbrauchs aus und verursachen Zusatzkosten.

Zur Vermeidung von unnötigem Energieverbrauch ist bereits bei der Neuanschaffung von Elektrogeräten auf die Energieeffizienz zu achten bzw. während der Nutzung auf die konsequente Vermeidung von Stand-By Verlusten durch Abschaltung.

Kühl- / Gefrierschränke / -truhen

Beim Kühlen und Gefrieren entstehen rund 3 % des gesamten Endenergieverbrauchs privater Haushalte. Da diese Geräte rund um die Uhr im Einsatz sind, lohnt es sich, genau auf den Energieverbrauch zu achten. Generell ist bei modernen hocheffizienten Kühl- oder Gefriergeräten der Verbrauch gegenüber 1990 (in einer Zeitspanne von rund 20 Jahren) um rund 60 % gesunken.

Um einen unnötigen Energieverbrauch vermeiden zu können, sollte z. B. auf die optimale Innenraumtemperatur, den Aufstellort, regelmäßiges Abtauen, intakte Dichtungen, usw. geachtet werden. Durch eine Erhöhung der Innenraumtemperatur um 1 °C können bei Gefriergeräten ungefähr 3 % Strom, bei Kühlgeräten sogar 6 % eingespart werden. Der Jahresstromverbrauch einer modernen Haushaltsgefriertruhe (Energieeffizienz A++, 365 Liter Nutzinhalt) beträgt rund 220 kWh.

Waschen

Auch in den Haushaltsbereichen Waschen, Kochen, Spülen entsteht ein großer Anteil des jährlichen Stromverbrauchs privater Haushalte. Notwendiges Warmwasser zum Waschen und Spülen in Waschmaschine und Geschirrspüler werden in der Regel elektrisch bereit. Neben dem Einsatz energieeffizienter Geräte ist ebenfalls auf das entsprechend notwendige Temperaturniveau zu achten, welches möglichst ausreichend gering gehalten werden sollte. Ist im Haushalt eine solarthermische Kollektoranlage vorhanden empfiehlt sich der Anschluss entsprechender Geräte an die Warmwasserleitung, da solare Energie im Sommer meistens im Überschuss vorhanden ist und das Wasser somit in den Geräten nicht elektrisch geheizt werden muss. Durch die Energieeinsparungen entstehen entsprechend auch Kosteneinsparungen in den privaten Haushalten.

Einsatz von leistungsgeregelten Pumpen zur Heizungsumwälzung

Ein weiterer großer Anteil am elektrischen Energieverbrauch in privaten Haushalten wird durch die Heizungsumwälzung verursacht. Ungeregelte Pumpen mit konstantem Fördervolumen bzw. manueller Stufenschaltung sind noch weit verbreitet, entsprechen jedoch nicht mehr dem Stand der Technik. Durch den Einsatz geregelter und leistungsangepasster Umwälzpumpen ergibt sich in diesem Verbraucherbereich ein Einsparpotential von bis zu 75 %.

Bei einer Leistungsaufnahme einer handelsüblichen unregelmäßig arbeitenden Heizungsumwälzpumpe von ca. 40 Watt und einer jährlichen Laufzeit von ca. 5.000 Betriebsstunden, ergibt sich bei einer Einsparung von 75 % ein vermiedener Stromverbrauch von rund 150 kWh/a je Pumpe. Könnte in jedem Wohngebäude im Stadtgebiet eine Pumpe getauscht werden, ergibt sich ein Einsparpotential von rund 1.350 MWh pro Jahr.

Im Bereich der Energieeffizienz der Haushalte können einige Maßnahmen ganz ohne Investitionen umgesetzt werden (z.B. Änderung des Nutzerverhaltens, Vermeidung von Stand-by Verlusten). Für die konkret dargestellten Einsparpotentiale durch Neugeräte werden rund 500 Euro je Wohnung veranschlagt, die vor 1990 genutzt wurden. Die Gesamtzahl der Wohnungen in Amberg beläuft sich auf rund 22.000. In Summe würden sich hier Investitionskosten von rund 11.000.000 Euro ergeben.

3.4.3 Zusammenfassung

Durch konsequentes Umsetzen der aufgezeigten Maßnahmen zur Reduzierung des **elektrischen Energieverbrauchs** in den privaten Haushalten ist davon auszugehen, dass durchschnittlich eine Einsparung von rund 20 % des derzeitigen Stromverbrauchs in der Verbrauchergruppe ohne Komfortverlust und wirtschaftlichen Nachteil erreicht werden kann. Bei einer Umsetzung bis zum Jahr 2030 müsste eine jährliche Einsparung von 1,0 Prozentpunkten erreicht werden.

Absolut würde sich hierdurch – ausgehend vom derzeitigen Verbrauch von ca. 82.087 MWh/a – im Bereich der privaten Haushalte ein Einsparpotential von rund 16.417 MWh/a an elektrischer Endenergie, bzw. rund 10.400 Tonnen CO₂ pro Jahr ergeben.

In Summe kann der **thermische Endenergiebedarf** im Bereich der Wohngebäude im Stadtgebiet Amberg durch eine EnEV 2009 Sanierung mit einer von Experten als technisch und wirtschaftlich machbaren Sanierungsrate von 2 % pro Jahr (bis zum Jahr 2030) im Vergleich zum Ist-Zustand um rund 140.270 MWh gesenkt werden. Dies entspricht einer CO₂-Einsparung von rund 35.680 Tonnen pro Jahr.

Die Investitionskosten zum Erreichen dieser Energieeffizienzsteigerung belaufen sich in Summe auf rund 300.000.000 Euro.

3.5 Potentialbetrachtung im Bereich der kommunalen Liegenschaften

Aus Sicht der EU und des Bundes kommt den Städten und Kommunen eine zentrale Rolle bei der Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen zu. Nur auf der kommunalen Ebene besteht die Möglichkeit einer direkten Ansprache der Akteure. Die Motivation zur eigenen Zielsetzung und Mitwirken bei der Reduktion der CO₂-Emissionen für die Städte und Kommunen kann dabei auf mehrere Ebenen untergliedert werden:

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

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

Die Stadt/Kommune bildet somit das Verbindungsglied zwischen EU, Bund, Land und dem Endverbraucher.

3.5.1 Energetische Gebäudesanierung und Wärmedämmung

Nach der Grundlage der Berechnung des Einsparpotentials im Bereich der Wohngebäude ergibt sich auch für die kommunalen Gebäude ein erhebliches Potential in der energetischen Gebäudesanierung. Angriffspunkte stellen in erster Linie die Schulen dar, welche die Hauptwärmeverbraucher im Bereich der kommunalen Liegenschaften sind. Maßnahmen zur energetischen Sanierung von Schulen werden derzeit auch bereits durchgeführt, z. B. mit Mitteln des Konjunkturpaketes II, bzw. sind in Planung oder bereits abgeschlossen. Nachfolgend werden einige Beispiele exemplarisch aufgeführt (Auszug):

- Barbaraschule
- Städtische Wirtschaftsschule mit Sporthalle
- Dr. Johanna Decker Schule
- Heizungsoptimierung am Hockermühlbad

Alle bereits aufgeführten Energieeinsparmaßnahmen in Bezug auf die Energieeffizienz (Anlagentechnik, Heizungspumpen) zur Minderung der CO₂- Emissionen gelten ebenfalls für die kommunalen Liegenschaften, insbesondere z. B. für Hallen- oder Schwimmbäder.

In den öffentlichen Gebäuden ergeben sich zusätzlich Möglichkeiten im Bereich der Beleuchtung durch intelligente Lichttechnik, z. B. tageslichtabhängige Bewegungsmelder, Zeitsteuerung.

Wird in Summe eine Reduktion des Heizenergieverbrauchs aller kommunalen Liegenschaften von rund 35 % erreicht, so ergibt sich eine Einsparung von jährlich rund 570 Tonnen CO₂- Ausstoß, bzw. eine Endenergieeinsparung von rund 6.312 MWh/a.

Ausgehend von einer jährlichen Steigerung der Elektroeffizienz in den kommunalen Liegenschaften um 1,5 Prozentpunkte kann bis zum Jahr 2030 der elektrische Verbrauch um jährlich 3.465 MWh gesenkt werden, was einem CO₂- Minderungspotential von rund 940 Tonnen entspricht.

3.5.2 Straßenbeleuchtung

Nach Auskunft der Stadt Amberg sind im Betrachtungsgebiet insgesamt 6.167 Leuchten installiert, welche im Bilanzierungsjahr 2010 einen Stromverbrauch von rund 2.660 MWh verursachten. Eine detaillierte Auflistung der Straßenbeleuchtung im Ist-Zustand ist in Tabelle 16 aufgeführt.

Tabelle 16: Die Straßenbeleuchtung im Ist-Zustand

		HQL	EcoArc	NAV	Leuchtstoffröhren	Sonstige	Summe
Anzahl Leuchten	[-]	2.565	726	1.945	769	162	6.167
Anzahl Leuchtmittel	[-]	3.139	1.018	2.279	1.287	162	7.885
Gesamtleistung	[kW]	353	92	149	52	2	648
Stromverbrauch	[MWh/a]	1.448	378	611	212	9	2.657

Es ist ersichtlich, dass noch 2.565 Leuchten mit Quecksilberhochdrucklampen (HQL) bestückt sind. Zudem sind noch 726 EcoArc Leuchten installiert. Mittelfristig wird die Umrüstung aller HQL-Leuchten und EcoArc-Leuchten auf gelbes Licht NAV betrachtet.

Langfristig (bis zum Jahr 2030) wird im Rahmen dieser Studie die Umrüstung aller Straßenleuchten auf die moderne LED-Technik betrachtet. LED Lampen stehen weltweit vor der Markteinführung im Bereich der Straßenbeleuchtung. Sie sind besonders energieeffizient (> 150 Lumen/Watt) und umweltschonend. Darüber hinaus besitzen sie eine deutlich längere Lebensdauer als eine konventionelle Beleuchtungstechnik. In Abbildung 21 ist die Energieeffizienz der LED-Technologie im Vergleich zu anderen Leuchtmitteln dargestellt.

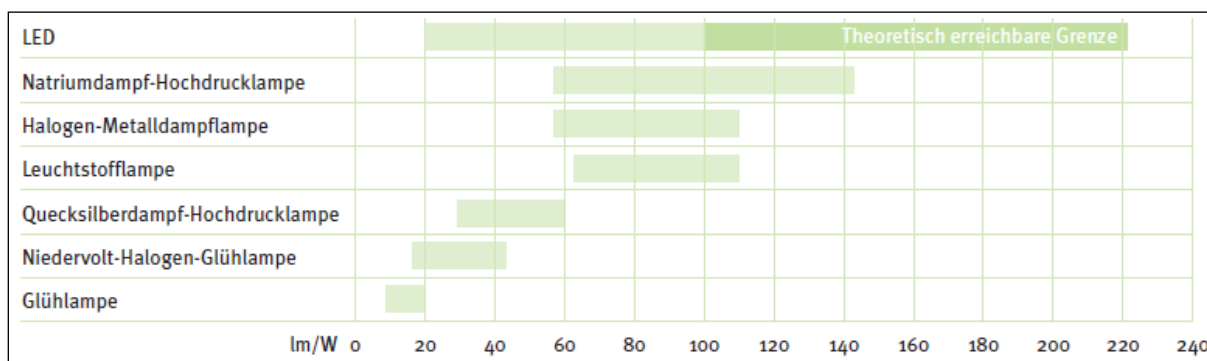


Abbildung 21: Die Energieeffizienz verschiedener Leuchtmittel [12]

In Tabelle 17 sind die Anzahl der Straßenleuchten der einzelnen Beleuchtungstechniken, sowie der Gesamtstromverbrauch der Straßenbeleuchtung im Ist-Zustand dargestellt. Zudem wird der berechnete Energieverbrauch nach der Umsetzung der beschriebenen mittelfristigen Energieeinsparmaßnahmen und der langfristigen Umrüstung auf die LED-Technik aufgeführt.

Die Technologie der Quecksilber-Hochdruckdampf Lampen (HQL) gilt mittlerweile als überholt, wodurch sich bereits durch einen Austausch bzw. Ersatz von Lampen, Vorschaltgeräten bzw. der Leuchten mit verbesserten Reflektoren gegenüber dem aktuellen Stand erhebliche Einsparpotentiale ergeben. Bei Umsetzung der beschriebenen mittelfristigen Energieeinsparmaßnahmen können in Summe rund 717 MWh pro Jahr (entsprechend rund 27 %) im Vergleich zum Ist-Zustand eingespart werden. Dies entspricht einer CO₂-Einsparung in Höhe von rund 454 Tonnen pro Jahr.

Bei einer langfristigen, flächendeckenden Umrüstung der Straßenbeleuchtung auf die LED-Technik mit optimiertem Regelsystem bis zum Jahr 2030, könnten im gesamten Stadtgebiet jährlich bis zu 1.407 MWh elektrische Endenergie im Vergleich zum Ist-Zustand eingespart werden (entsprechend rund 53 %), was einer Reduktion des CO₂-Ausstosses um 890 Tonnen pro Jahr entspricht.

Insgesamt kann der jährliche Stromverbrauch für die Straßenbeleuchtung im Stadtgebiet auf rund 1.250 MWh reduziert werden.

Tabelle 17: Energieeinsparpotentiale der Straßenbeleuchtung im Stadtgebiet

Anzahl Leuchten	Ist-Zustand		mittelfristig		langfristig	
	Beleuchtung [Typ]	Stromverbrauch [MWh/a]	Beleuchtung [Typ]	Stromverbrauch [MWh/a]	Beleuchtung [Typ]	Stromverbrauch [MWh/a]
2.565	HQL	1.448	NAV	837	LED	502
726	EcoArc	378	NAV	271	LED	163
1.945	NAV	611	NAV	611	LED	364
769	LS	212	LS	212	LS	212
162	Sonstige	9	Sonstige	9	Sonstige	9
Summe		2.657		1.940		1.250

Bei Investitionskosten von rund 150 Euro/ Leuchte ergeben sich bei einer Umrüstung auf NAV-Technik (mittelfristiges Potential) Investitionskosten von rund 494.000 Euro. Dies entspricht einer Amortisationszeit von rund 5 Jahren.

Bei Investitionskosten von rund 500 Euro/ Leuchte ergeben sich bei einer Umrüstung auf LED-Technik (langfristiges Potential) Investitionskosten von rund 2.618.000 Euro. Dies entspricht einer Amortisationszeit von rund 12 Jahren.

Im Jahr 2012 wird ein LED-Pilotprojekt im Ortsteil Fuchsstein gestartet.

3.5.3 Ampelanlagen

Die Stadt Amberg betreibt und unterhält insgesamt 45 Lichtsignalanlagen im Stadtgebiet und 5 kleinere Anlagen an Fußgängerüberwegen. Zur Modernisierung der Verkehrssteuerung wurde das Projekt „Amberg mobil“ ins Leben gerufen. Dieses Projekt dient vorrangig dazu, den Individualverkehr innerhalb der grünen Wellen durch verkehrsabhängige Steuerabläufe zu verflüssigen und damit gleichzeitig Lärmentwicklung durch Stop-and-go-Verkehr, Kraftstoffverbrauch und damit verbundenen CO₂-Emissionen zu reduzieren. Im Zuge dieses Projektes wurden auch die Steuergeräte an den Ampelanlagen erneuert.

Ein erhebliches Einsparpotential gibt es jedoch noch bei den Lichtsignalen der Ampeln. Hier sind noch an 26 Ampelanlagen 230 V Signale verbaut. Durch die Umrüstung dieser Lichtsignale kann der Stromverbrauch erheblich gesenkt werden. Exemplarisch wurde die energetische Einsparung durch eine Umrüstung der 230 V Signale auf LED Signale am Knotenpunkt 21 (B 85 Nürnberger Straße / Infanteriestraße / Hockermühlstraße) erfasst. Durch die Umrüstung auf LED-Signale konnte hier eine Stromeinsparung von rund 81 %, entsprechend rund 11,7 MWh pro Jahr gemessen werden.

Von den noch übrigen 26 Anlagen mit 230 V Signalen sind 7 Anlagen nur Gelegenheitsläufer. Die Umrüstung dieser Anlagen erscheint aus wirtschaftlicher Sicht derzeit noch nicht sinnvoll. Die Umrüstung der übrigen 19 Ampelanlagen würde eine Energieeinsparung von rund 139 MWh und eine CO₂-Minderung von rund 88 Tonnen pro Jahr hervorrufen. Die Berechnung ist in Tabelle 18 dargestellt.

Tabelle 18: Einsparpotential durch Umrüstung der Ampelanlagen

Anzahl Ampelanlagen	19 [-]
Gesamtzahl der Signale	1.045 [-]
Stromverbrauch 2010	171 [MWh/a]
Stromverbrauch nach LED-Umrüstung	32 [MWh/a]
Einsparpotential Strom	139 [MWh/a]
CO ₂ -Einsparung	88 [Tonnen/a]

Bei Investitionskosten von rund 200 Euro/ LED-Signal ergeben sich bei einer Umrüstung Investitionskosten von rund 209.000 Euro. Dies entspricht bei der beschriebenen Stromeinsparung einer Amortisationszeit von rund 10 Jahren.

3.5.4 Kläranlage Theuern

Das Klärwerk Theuern ist eine mechanisch-biologisch-chemische Abwasserreinigungsanlage, die im Jahr 1991 in Betrieb genommen wurde. Sie wurde als Zweckverband der Stadt Amberg, Freudenberg und Kümmersbruck errichtet. Zudem leiten die Gemeinden Poppenricht, Ammerthal und Illschwang als „Gasteinleiter“ ein. Die Anlage ist entsprechend den heutigen Anforderungen an die Reinigungsleistung in der Lage, das Abwasser von 170.000 Einwohnerequivalenten zu reinigen. Die Jahresabwassermenge (Mischwasser) belief sich im Jahr 2010 auf rund 7.668.000 m³, was einem mittleren täglichen Abwasseranfall von rund 21.000 m³ entspricht. Das gereinigte Abwasser wird der Vils zugeleitet. Der bei der Abwasserbehandlung anfallende Schlamm wird anaerob ausgefault, entwässert und zum Großteil an die Landwirtschaft abgegeben.

Das bei der anaeroben Schlammfäulung entstehende Methangas (2 Faultürme à 4.000 m³) wird in einem Gasspeicher (Volumen: 2.000 m³) zwischengespeichert und anschließend in 3 Blockheizkraftwerken (2 x 230 kW_{el}; 1 x 370 kW_{el}) verstromt. Das neueste BHKW (370 kW_{el}) ist seit dem Jahr 2003 in Betrieb. In Summe beläuft sich die jährliche Stromproduktion auf rund 2.600 MWh. Somit können rund 2/3 des gesamten Strombedarfes auf der Kläranlage durch Eigenstromerzeugung gedeckt werden. Gleichzeitig können mit der im Kühlwasser und Abgas enthaltenen Abwärme der BHKW die Schlammfäulbehälter, das Betriebsgebäude und das Maschinenhaus beheizt werden. Im Jahr 2010 wurde folglich kein zusätzliches Heizöl für den Betrieb der Kläranlage benötigt. In Tabelle 19 sind die Kennwerte der Kläranlage zusammenfassend aufgeführt.

Tabelle 19: Die Kennwerte der Kläranlage Theuern [Stadt Amberg; eigene Darstellung]

Ausbaugröße	[EW]	170.000
Angeschlossene Einwohnerzahl	[EW]	57.318 *
Jahresabwassermenge (Mischwasser)	[m ³]	7.667.739
Faulgaserzeugung	[m ³]	1.194.536
<i>davon Gasverbrauch in Heizkessel</i>	<i>[m³]</i>	<i>0</i>
<i>davon Gasverbrauch in Fackel</i>	<i>[m³]</i>	<i>330</i>
<i>davon Gasverbrauch in BHKW</i>	<i>[m³]</i>	<i>1.194.206</i>
Zusatzbrennstoffverbrauch	[Liter]	0
Stromverbrauch gesamt	[MWh]	3.567
<i>davon Stromerzeugung in BHKW</i>	<i>[MWh]</i>	<i>2.603</i>
<i>davon Strombezug eon</i>	<i>[MWh]</i>	<i>964</i>
*Amberg, Freudenberg, Kümmersbruck Poppenricht, Ammerthal, Illschwang		

Im Bereich der Abwasserbehandlung wird schon seit Jahren auf einen energieeffizienten Betrieb geachtet. Bei einer notwendigen Ertüchtigung wird jedes Aggregat energetisch überprüft und bei Bedarf sofort gewechselt. Im Rahmen einer vergleichenden Untersuchung aller Klasse 5 - Kläranlagen in Bayern (in Summe 36) belegte die Kläranlage des Zweckverbandes mit einem Stromverbrauch von 20 kWh/EW einen der besten Werte.

Nachfolgend sind einige durchgeführte Energieeffizienzmaßnahmen im Bereich der Abwasserklärung in den letzten Jahren dargestellt:

- Installation eines neuen BHKW (370kW_{el}) im Jahr 2003
- Technische Optimierung der Faultürme in den Jahren 2006/2007 → hierdurch konnte die Gasausbeute signifikant gesteigert werden
- Technische Optimierung der Gasbehälter im Jahr 2009 → hierdurch konnte die Stromproduktion in den BHKW durch eine bessere Regelung der Gaszufuhr gesteigert werden
- Optimierung der Biologie einschließlich Belebung in den Jahren 2010-2012
- Umrüstung der bestehenden S5 Steuerungen auf moderne S7 Steuerungen

In den kommenden Jahren sind zudem folgende Optimierungsmaßnahmen geplant:

- Optimierung der Schlammwässerung → Überschussschlammeindickung mittels Siebtrommel
- Ertüchtigung der Schaltanlage

Die Maßnahmen, mit deren Umsetzung der energetische Verbrauchszustand der Kläranlage in Amberg verbessert werden kann, lassen sich nach der Betriebs- und der Maschinentchnik untergliedern. Insbesondere die betrieblichen Maßnahmen lassen sich häufig zeitnah und kostengünstig umsetzen und stellen den überwiegenden Teil der Sofortmaßnahmen dar.

Nachfolgend werden einige Maßnahmen und damit einhergehende Energieeinsparungen für den Betrieb der Kläranlage in Theuern aufgezeigt, die bei einem Gespräch mit der Stadt Amberg aufgefallen sind. Die Optimierungspotentiale der einzelnen Maßnahmen wurden hierbei der Studie [13] entnommen.

Zudem wurde im Jahr 2008 eine Studie durch das ATZ Sulzbach-Rosenberg erarbeitet, welche die optimierte Gaserzeugung auf der Kläranlage detailliert untersuchte. Die Ergebnisse dieser Studie wurden ebenfalls berücksichtigt. [14]

Abwärmenutzung der bestehenden Blockheizkraftwerke

In der Kläranlage wird nach Auskunft der Stadt Amberg der Nassschlamm mit Hilfe einer mechanischen Entwässerung auf rund 20-25% TS-Gehalt reduziert. Dieser entwässerte Schlamm muss anschließend zur Verwertung transportiert werden. Die erzielbaren Entwässerungsgrade durch mechanische Verfahren sind jedoch begrenzt. Eine weitergehende Entfernung des Schlammwassers lässt sich nur durch thermische Verfahren erreichen.

Durch eine Trocknung des Klärschlammes mit der Abwärme der BHKW kann ein großer Teil der Transport- und Verwertungskosten für Klärschlamm eingespart werden, da das Volumen und die Masse des zu transportierenden Schlammes deutlich verringert werden. Insbesondere falls künftig die landwirtschaftliche Ausbringung untersagt werden sollte, muss diese Option auf der Kläranlage Theuern mit beachtet werden. Inwieweit die Abwärme der BHKW für die thermische Trocknung ausreichend ist, sollte in einer detaillierten Berechnung untersucht werden.

Desweiteren könnte die Abwärme im Kühlkreislauf der BHKW zur Verbesserung der Entwässerung des Überschussschlammes in den Wintermonaten z.B. über einen Doppelrohrwärmeübertrager genutzt werden. Hierdurch kann der Überschussschlamm mittels der Siebtrommel in den Wintermonaten leichter entwässert werden. [14]

Pumpen

Der Energiebedarf von Pumpen hängt maßgeblich von der Fördermenge und der Förderhöhe ab. Um 1 m³ Wasser in 1h um 1m anzuheben errechnet sich ein physikalischer Energiebedarf von 2,7 Wh. Unter Berücksichtigung der Pumpen- und Motorisierungswirkungsgrade ergibt sich ein Energieverbrauch von 4 bis 11 Wh. Defekte Pumpen werden auf der Kläranlage Theuern heute bereits gegen effizienteste Pumpen nach dem Stand der Technik getauscht. [13]

Rührwerke

Aus energetischer Sicht ist es sinnvoll, zur Erzeugung des erforderlichen Propellerschubs ein Rührwerk mit einem möglichst großen Propellerdurchmesser zu wählen, wobei die Durchmessergröße durch die Wassertiefe und das verfügbare Platzangebot im Becken begrenzt ist. Bei einem im Dauerbetrieb laufendem Rührwerk betragen die Energiekosten häufig ein Vielfaches der Investitionskosten, so dass die Energiekosten maßgebend für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit eines Rührwerks sind.

Der Austausch eines Kompaktrührwerks gegen ein langsam laufendes Rührwerk amortisiert sich in den meisten Fällen binnen weniger Jahre. Durch eine geschickte Strömungsführung mit einer Ausnutzung des Energieeintrags von Zulauf, Rücklaufschlamm und interner Rezirkulation kann der Energiebedarf der Rührwerke bereits bei der Planung einer Anlage optimiert werden. [13]

Belüftung

Durch biologische Belagsbildungen und chemische Ablagerungen auf bzw. in den Belüfterelementen kommt es zu einer Erhöhung des Differenzdruckes. Die Belüftungselemente sollten chemisch gereinigt werden, sobald sich der Anfangsdruck um 5 bis 10 % erhöht hat. Somit kann ein energetischer Mehraufwand von 5 bis 10 % vermieden werden. [13]

Einsatz regenerativer Energien

Der größte und bislang meist genutzte regenerative Energieträger auf Kläranlagen ist das Klärgas, welches auch in Theuern zur Erzeugung von Strom und Wärme in drei BHKW genutzt wird. Neben dem Klärgas existieren auf Kläranlagen aber auch die folgenden weiteren Möglichkeiten zur regenerativen Energieerzeugung:

- Abwasserwärme zur Beheizung von Gebäuden
- Wasserkraft zur Elektrizitätserzeugung
- Sonnenenergie zur Wärmeerzeugung mittels Solarthermie (Klärschlamm-trocknung)

Die Abwasserwärme stellt neben dem Klärgas den größten regenerativen Energieträger auf Kläranlagen dar. Die Temperatur im Zulauf einer Kläranlage liegt in der Regel zwischen 7°C und 20°C. Um die Wärme aus dem Abwasser zu nutzen, kann ein Wärmetauscher in die Sohle des Abwasserkanals eingebaut werden oder das gereinigte Abwasser des Ablaufs direkt einem Wärmetauscher zugeführt werden. Mit Hilfe von Wärmepumpen wird dem Abwasser Wärmeenergie entzogen und auf das für die Raumheizung notwendige Temperaturniveau angehoben.

Neben der Nutzung der Abwasserwärme besteht auch die Möglichkeit die Abwärme von Aggregaten, wie z.B. von Gebläsen für die Raumbeheizung bzw. Brauchwasserbereitung zu nutzen.

Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Studie wird das Energieeinsparpotential auf der Kläranlage Theuern untersucht. Es muss jedoch nochmals erwähnt werden, dass es sich bei dieser Kläranlage um einen Zweckverband handelt. Mögliche energetische Einsparungen sind folglich nicht gesamt der Stadt Amberg zuzuordnen. Unter der Annahme, dass im Zeitraum bis 2030 sämtliche Pumpen und Rührwerke auf den effizientesten Stand der Technik ertüchtigt werden, kann eine Einsparung in Höhe von ca. 20 % des derzeitigen elektrischen Energieaufwandes prognostiziert werden. Hierdurch ergibt sich eine Einsparung in Höhe von rund 713 MWh. Dies entspricht einem vermiedenen CO₂-Ausstoß in Höhe von rund 450 Tonnen pro Jahr. [eigene Berechnung]

Die Investitionskosten für die Ertüchtigung sämtlicher Pumpen und Rührwerke, sowie die Nutzung der im Abwasser enthaltenen Abwärme kann im Rahmen dieser Studie nicht prognostiziert werden. Hierfür wäre eine detaillierte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung notwendig.

3.5.5 Zusammenfassung

Durch konsequentes Umsetzen der aufgezeigten Maßnahmen zur Reduzierung des **elektrischen Energieverbrauchs** bei den kommunalen Liegenschaften könnte der Stromverbrauch von aktuell 11.350 MWh/a auf rund 7.744 MWh reduziert werden (entsprechend rund 32%). Hierbei wurde die Ertüchtigung aller Pumpen und Rührwerke der Kläranlage Theuern, die Umrüstung der Straßenbeleuchtung auf LED, die Umrüstung der Ampelanlagen auf LED und der Einsatz effizientester Technik in den kommunalen Liegenschaften detailliert untersucht.

Absolut würde sich hierdurch CO₂-Einsparpotential von rund 2.390 Tonnen CO₂ pro Jahr ergeben.

In Summe kann der **thermische Endenergiebedarf** im Bereich der kommunalen Liegenschaften im Stadtgebiet Amberg durch eine energetische Sanierung um rund 35% gesenkt werden. Dies entspricht einer Einsparung in Höhe von rund 6.500 MWh/a, bzw. einer CO₂-Einsparung von rund 610 Tonnen pro Jahr.

3.6 Potentialbetrachtung im Bereich Industrie und Großgewerbe

Grundsätzlich ist die Potenzialabschätzung im Sektor Industrie und Großgewerbe mit großen Unsicherheiten behaftet. In großen Betrieben stellt der Energiebedarf für Raumwärme meist nur einen geringen Teil des Gesamtenergiebedarfs dar, weil energieintensive Verarbeitungsprozesse durchzuführen sind. Aufgrund von gealterten Versorgungsstrukturen in den Betrieben ist das energetische Einsparpotential hierbei jedoch oft sehr groß. Kann hingegen an einem energieintensiven Arbeitsprozess nicht mehr viel optimiert werden, da er schon sehr ausgereizt ist, bleibt der absolute Bedarf oft dennoch sehr hoch.

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

Aus Erfahrungswerten und verschiedenen Quellen wie z.B. dem „Leitfaden für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe“, der im Jahre 2009 vom Bayerischen Landesamt für Umwelt veröffentlicht wurde, lassen sich Aussagen darüber treffen, in welchen Bereichen in dieser Verbrauchergruppe Einsparpotentiale vorhanden sind. [15]

3.6.1 Reduzierung bzw. Effizienzsteigerung im Stromverbrauch

Maschinen-, Anlagen- und Antriebstechnik

Rund 70 Prozent des Stromverbrauchs in Industriebetrieben entfallen auf den Bereich der elektrischen Antriebe. Mehr als 2/3 dieses Bedarfs an elektrischer Energie werden für den Betrieb von Pumpen, Ventilatoren und Kompressoren benötigt.

Die möglichen Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung im Bereich der Maschinen-, Anlagen und Antriebstechnik werden in Tabelle 20 zusammenfassend dargestellt. Die Potentiale wurden hierbei dem „Leitfaden für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe“ entnommen. [15]

Folglich können die nachfolgend aufgeführten Einsparpotentiale nur als durchschnittliche Werte gesehen werden, die in der tatsächlichen Umsetzung deutlich abweichen können. Eine ausführliche Beschreibung der Effizienzsteigerungen werden im Anhang, Kapitel 13.1 dargestellt.

Tabelle 20: Energieeffizienzsteigerung in der Maschinen-, Anlagen- und Antriebstechnik [15, eigene Darstellung]

Maßnahmen	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%
Motorensysteme gesamt	25-30%

Beleuchtung

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

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

- modernen Spiegelrasterleuchten
- elektronischen Vorschaltgeräten
- Dimmern

kann dieser Anteil, wie in Abbildung 22 dargestellt, bis zu 80 Prozent gesenkt werden.

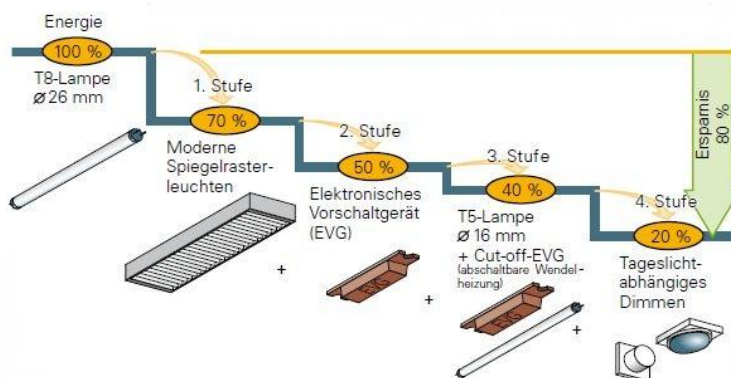


Abbildung 22: Die Einsparpotentiale im Bereich der Beleuchtung [15]

3.6.2 Einsparung bzw. Effizienzsteigerung im Bereich Raumheizung, Prozesswärme und Warmwasserbereitung

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

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

3.6.3 Zusammenfassung

Der thermische Endenergieverbrauch für die Verbrauchergruppe Industrie und Großgewerbe beläuft sich im Ausgangszustand auf etwa 228.123 MWh/a, wodurch jährlich rund 1.682 Tonnen CO₂-Emissionen verursacht werden. Der elektrische Endenergieverbrauch beläuft sich im Ist-Zustand auf rund 167.845 MWh/a, wodurch jährlich CO₂-Emissionen in Höhe von 66.869 Tonnen entstehen.

Ohne einen Produktionszuwachs könnte der **thermische** Endenergiebedarf bei einer konservativen, jährlichen Effizienzsteigerung von 1,25 Prozentpunkten in den nächsten 20 Jahren bis zum Zieljahr 2030 um insgesamt 25 % verringert werden. Bei einer daraus resultierenden Einsparung von 57.031 MWh Endenergie ergibt sich ein CO₂-Minderungspotential von etwa 16.720 Tonnen im Jahr.

Ohne einen Produktionszuwachs könnte der **elektrische** Endenergiebedarf bei einer konservativen, jährlichen Effizienzsteigerung von 1,5 Prozentpunkten in den nächsten 20 Jahren bis zum Zieljahr 2030 um insgesamt 30 % verringert werden. Bei einer daraus resultierenden Einsparung von 50.354 MWh Endenergie ergibt sich ein CO₂-Minderungspotential von etwa 31.880 Tonnen im Jahr.

Es muss nochmals erwähnt werden, dass die aufgeführten Einsparpotentiale nur als durchschnittliche Werte gesehen werden, die in der tatsächlichen Umsetzung im Stadtgebiet Amberg deutlich abweichen können.

3.7 Potentialbetrachtung im Bereich Verkehr

In Deutschland wird rund ein Viertel des jährlichen Energieverbrauchs durch die Sparte Verkehr eingenommen. Wie in Kapitel 2.4.4 dargestellt wurde, fallen auf den Bereich Verkehr in der Stadt Amberg knapp 29 Prozent des jährlichen Endenergiebedarfs.

Der Verkehrssektor im Stadtgebiet Amberg verursacht einen jährlichen CO₂- Ausstoß in Höhe von rund 113.553 Tonnen. Die Sparte der Personenkraftwagen hat in der Verbrauchergruppe „Verkehr“ den größten Anteil mit rund 60 Prozent des gesamten CO₂-Ausstoßes. Sattelzugmaschinen und LKW mit circa 36 Prozent haben neben den Personenkraftwagen die größten Anteile am gesamten CO₂-Ausstoß in der Verbrauchergruppe „Verkehr“.

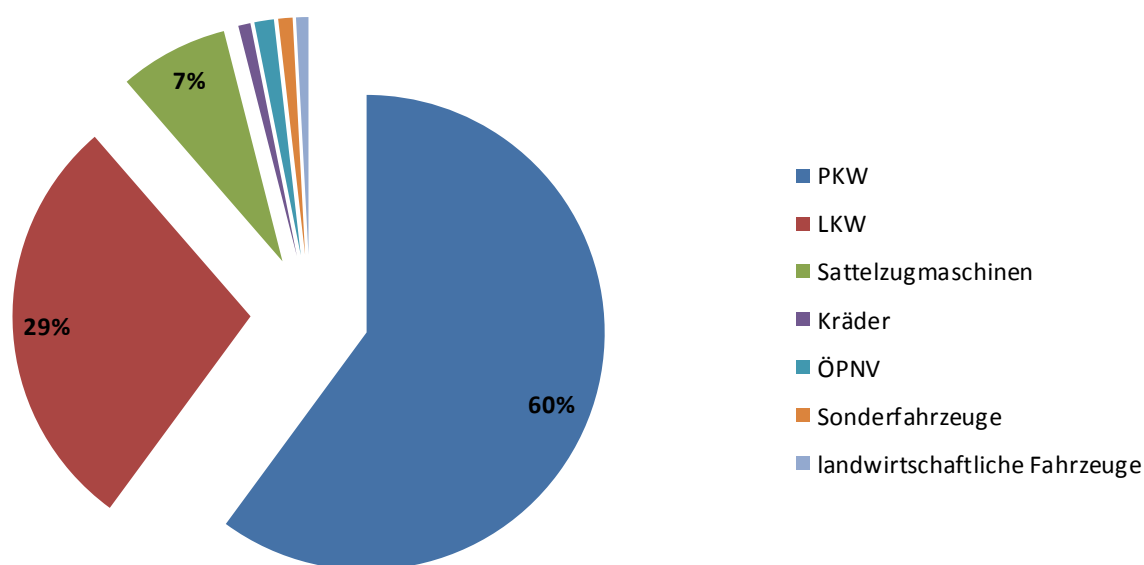


Abbildung 23: Die Aufteilung der CO₂-Emissionen in der Verbrauchergruppe Verkehr aufgelistet nach den verschiedenen Fahrzeugarten

Nachfolgend werden verschiedene Potentiale betrachtet, die CO₂-Emissionen im Sektor Verkehr zu verringern:

- Ansätze im ÖPNV
- Klimaeffizienz im Bereich des PKW- und LKW-Sektors

Ansätze im ÖPNV

Die Stadt Amberg nimmt den zentralen Knotenpunkt in der Verkehrsgemeinschaft Amberg-Sulzbach ein und verfügt bereits über ein flächendeckend ausgebautes Netz von Verbindungen. So können nahezu alle Punkte ohne PKW erreicht werden. Auch die Anbindung zu den Nachbarkommunen, insbesondere der Stadt Sulzbach-Rosenberg und Kümmerbruck stehen in hoher Taktung zur Verfügung. Zudem wird das Netz stetig erweitert. So bedient z.B. die Linie 54 der Regionalbus Ostbayern GmbH (RBO) künftig auch das Gewerbegebiet in Theuern. In Abbildung 24 ist eine Übersicht der Stadtlinien Amberg aufgeführt [16]

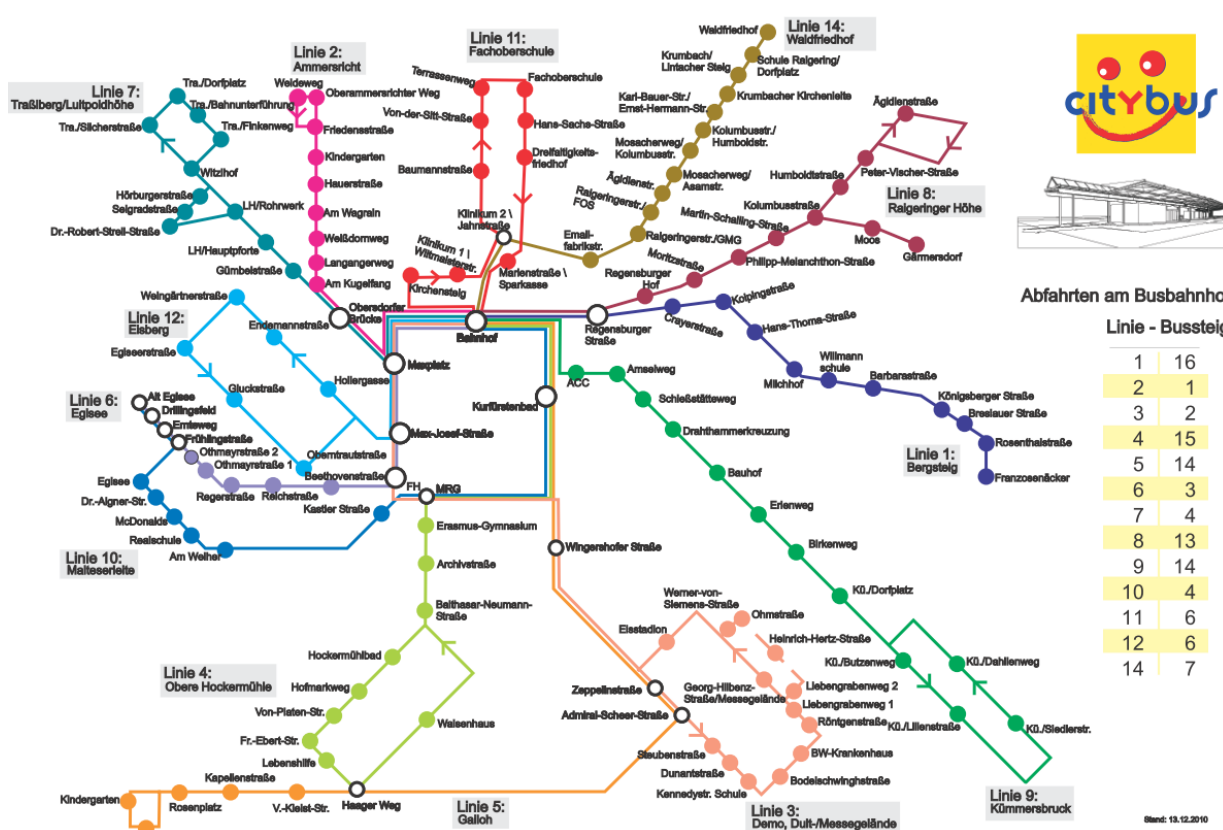


Abbildung 24: Die Stadtlinien Amberg [16]

Die Optimierungsmöglichkeiten bestehen in der weiteren Sensibilisierung der Bevölkerung zur Nutzung des Angebotes am ÖPNV. Zudem könnte die Ausweitung der Verbindungen auf das Wochenende und die Abendstunden berücksichtigt werden. Hierfür wurde seit dem 16.07.2011 probeweise ein Bus-Abend-Verkehr eingeführt. Eine Erweiterung des örtlichen ÖPNV-Angebotes muss jedoch einer gesonderten Nutzen-Kosten-Untersuchung in wirtschaftlicher und ökologischer Sicht unterzogen werden. [16]

Klimaeffizienz im Bereich des PKW-und LKW-Sektors anhand der Shell Studie [17]

Im Stadtgebiet Amberg liegt die PKW-Dichte bei rund 510 PKW pro 1.000 Einwohner. Obwohl die Bevölkerungszahlen seit Jahren rückgängig sind, nehmen die PKW-Dichte und auch die Anzahl der Fahrzeuge weiter zu. Ein Grund hierfür stellt der in Kapitel 3.3 beschriebene, demographische Wandel dar. Die über 65-jährigen möchten zunehmend mobiler werden, gleichzeitig stieg der Motorisierungsgrad der Frauen und der Jugend in den vergangenen Jahren deutlich an. Zudem blieb die PKW-Fahrleistung trotz steigender Energiepreise in den vergangenen Jahren nahezu unverändert hoch.

In der Shell-Studie wurde das Nachhaltigkeitsszenario „Automobilität im Wandel“ entwickelt, in dem die künftige Entwicklung des Verkehrssektors bis zum Jahr 2030 berechnet wurde. Nach dieser Studie soll rund die Hälfte aller PKW bis zum Jahr 2030 mit Hybridantrieb ausgestattet sein. Durch den technologischen Fortschritt wird der Kraftstoffverbrauch konventioneller Kraftstoffe in den nächsten 20 Jahren von aktuell rund 7,5 Liter/ 100 km auf rund 5,2 Liter/ 100 km sinken. Der Biomasseanteil wird im Jahr 2030 einen Anteil von rund 15 % am gesamten Flüssigkraftstoffverbrauch ausmachen. Zudem sollen im Jahr 2030 rund 10 % aller PKW-Neuzulassungen mit Elektromotor ausgestattet sein. Jedoch muss berücksichtigt werden, dass aufgrund der Lebenserwartung von PKW in Höhe von rund 13-15 Jahren eine beschleunigte ökologische Modernisierung in diesem Bereich nicht erwartet werden kann. [17]

Im Rahmen dieser Studie werden die Prognosen der Shell Studie (sinkender Kraftstoffverbrauch, 10% Elektrofahrzeuge im Jahr 2030) auf das Stadtgebiet Amberg angewendet.

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

Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurden die Potentiale in der Verbrauchergruppe „Verkehr“ betrachtet. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Klimaschutzkonzeptes waren rund 26.200 Fahrzeuge in der Stadt Amberg angemeldet.

Nach den Prognosen der beschriebenen Shell-Studie lassen sich im Stadtgebiet Amberg rund 28 % des Endenergieverbrauchs in der Verbrauchergruppe Verkehr einsparen. Dies würde einer Einsparung von rund 106.903 MWh_{End} pro Jahr bedeuten, was wiederum einer Einsparung von rund 32.290 Tonnen CO₂ jährlich entspricht. Durch die Einführung von rund 10 % an Elektrofahrzeugen (PKW) bis zum Jahr 2030 wird ein zusätzlicher Strombedarf in Höhe von 6.100 MWh/a berücksichtigt.

Den Bürgern könnte durch die Errichtung einer Ladestation im Stadtgebiet (z.B. Ladestation vor Gastronomiebetrieben) die Umstellung auf Elektrofahrzeuge bzw. Pedelecs näher gebracht werden.

Ein durch die Stadt unmittelbar zu beeinflussendes Potential bietet primär der Bereich der Erweiterung und Optimierung des öffentlichen Nahverkehrs. Eine nochmalige Erweiterung des örtlichen ÖPNV-Angebotes müsste jedoch vorab einer gesonderten Nutzen-Kosten-Untersuchung in wirtschaftlicher und ökologischer Sicht unterzogen werden.

3.8 Potentialbetrachtung im Bereich der erneuerbaren Energien

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

In dieser Studie werden insbesondere die Verfügbarkeit von Biomasse sowie die direkte Sonnenstrahlung genauer betrachtet. Einen Sonderfall stellt die Geothermie dar, die ebenfalls zu den erneuerbaren Energieträgern gezählt wird, da sie für menschliche Zeitschritte ebenfalls als unerschöpflich angesehen werden kann. Abbildung 25 gibt eine Übersicht der Möglichkeiten zur Nutzung des regenerativen Energieangebotes.

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

Abbildung 25: Die Möglichkeiten der Nutzung erneuerbarer Energiequellen

[22; eigene Darstellung]

Potentialbegriffe

Für die Darstellung von zur Verfügung stehenden „Energienmengen“ wird grundsätzlich der Begriff Potential verwendet. Es werden verschiedene Potentialbegriffe gebraucht. Unterschieden werden kann zwischen den theoretischen, den technischen, den wirtschaftlichen und den erschließbaren Potentialen, wie in Abbildung 26 dargestellt wird.

Da die wirtschaftlichen und insbesondere die erschließbaren Potentiale erheblich von den sich im Allgemeinen schnell ändernden energiewirtschaftlichen und –politischen Randbedingungen abhängig sind, wird auf diese Potentiale bei den folgenden Ausführungen zu den jeweiligen Optionen zur Nutzung regenerativer Energien nicht detailliert eingegangen.

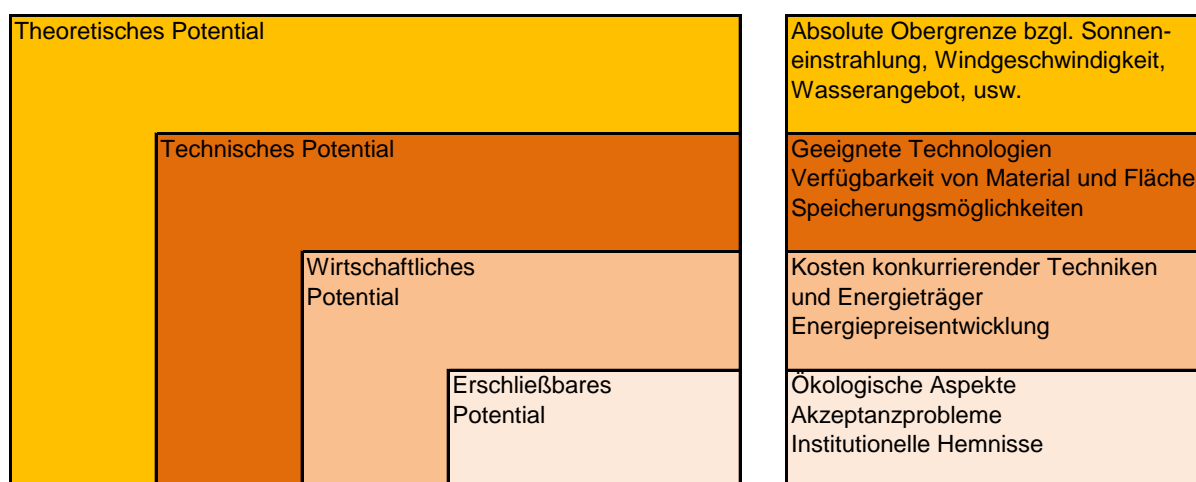


Abbildung 26: Die Abgrenzung der Potentialbegriffe

3.8.1 Biomasse

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

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

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

Im Rahmen dieser Studie wird unter Biomassepotential das Potential an

- Primärprodukten für die energetische Nutzung,
- das Potential aus Gülle durch den Viehbestand,
- eine Klärschlammnutzung der Kläranlage Theuern
- und die Nutzung des Bioabfallaufkommens

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

3.8.1.1 Forstwirtschaft

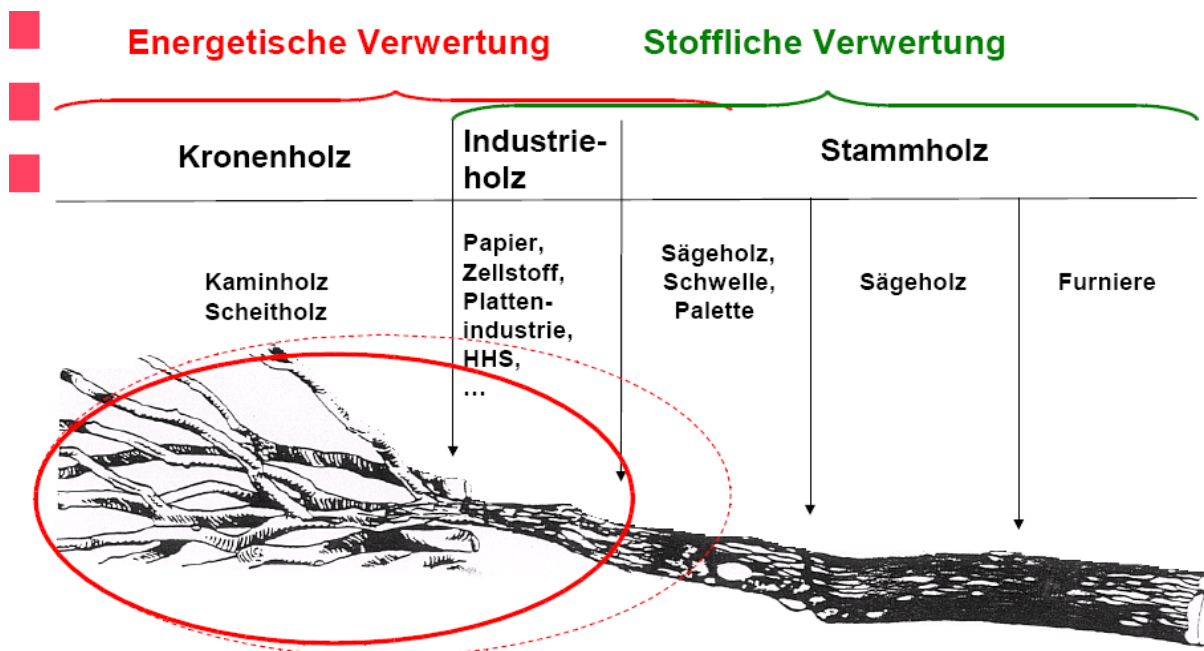
Die gesamte Waldfläche im Stadtgebiet Amberg umfasst rund 901 ha, was einem Anteil an der gesamten Gebietsfläche von etwa 18 % entspricht.

Bei der Ermittlung des maximal zur Verfügung stehenden Potentials an Primärenergie aus Holz wird von einem durchschnittlichen Holzzuwachs von etwa 11,5 Vollfestmetern je ha und Jahr ausgegangen.

Nach Rücksprache mit dem Amt für Landwirtschaft und Forsten in Amberg steht im Landkreis Amberg-Sulzbach eine Waldfläche von rund 60.000 ha zur Verfügung, was einem Anteil von rund 48 % an der Gesamtfläche entspricht. Das jährliche Potential an Energieholz wird hierbei auf rund 89.000 Tonnen_{natro} prognostiziert. Hierbei würde ein Energiepotential von rund 445.000 MWh/a zur Verfügung stehen. Die Potentiale für die Stadt Amberg werden analog berechnet und nachfolgend erläutert.

Bei der vorhandenen Waldfläche im Stadtgebiet Amberg entspricht dies einem theoretisch nutzbaren Potential von rund 19.900 MWh/a.

Bei dem so zur Verfügung stehenden Potential an Holz steht der Anteil, welcher energetisch genutzt werden kann in Konkurrenz mit der stofflichen Verwertung. Der Rohstoff Holz ist nicht nur ein wichtiger Energieträger sondern auch Ausgangsstoff für unzählige Produkte des täglichen Gebrauchs. In Abbildung 27 sind die unterschiedlichen Verwertungsmöglichkeiten dargestellt.



Holger Pflüger-Grone; 30.10.2006

Aspekte der energetischen Holzverwertung

Abbildung 27: Die Aufteilung der energetischen und stofflichen Verwertung von Holz

Brennholz, Sägenebenprodukte, Industrierestholz

Für Brennholz wird in der Regel nicht das gesamte Holzsortiment, sondern nur Schwachholz und Waldrestholz verwendet. Der Großteil geht in die weiterverarbeitende Holz- oder Papierindustrie. In der Holz verarbeitenden Industrie fallen Abschätzungen zufolge ca. 30 bis 40 Prozent des Inputs an Nebenprodukten (Abfallholz, Sägereste) an, wovon ungefähr die Hälfte der stofflichen Verwertung zugeführt werden (z. B. Spanplatten), der Rest steht potentiell wiederum für die energetische Nutzung (z. B. in Form von Pellets) zur Verfügung.

Der durchschnittliche jährliche Ertrag für die energetische Nutzung (Holzbrennstoffe Ertrag) beläuft sich nach Annahmen des Amtes für Landwirtschaft und Forsten in der Stadt Amberg auf rund 6.690 MWh/a.

Landschaftspflegeholz

Landschaftspflegeholz (Holz aus öffentlichem und privatem Baum-, Strauch- und Heckenschnitt) unterliegt keiner sonstigen Nutzung und steht somit – theoretisch – komplett zur Verfügung. Unter der Annahme eines jährlichen Anfalls an Landschaftspflegeholz von rund 20 kg pro Einwohner entspricht dies einer Masse von rund 875 Tonnen. [eigene Berechnung]

Altholz

Eine Sonderstellung kommt dem Altholz zu. Pro Einwohner und Jahr fallen verschiedenen Angaben zufolge bundesweit ca. 60 bis 100 kg Altholz an.

Bezogen auf die Einwohnerzahl im Stadtgebiet Amberg steht dadurch eine Menge von knapp 2.620 t/a zur Verfügung. Davon werden rund 50% zur Produktion von Holzwerkstoffen oder Papier verwendet, bzw. können aufgrund der Belastungen nicht ohne Aufbereitung verbrannt werden. Der Rest steht potentiell für die energetische Verwertung in Biomasseheizwerken zur Verfügung. [eigene Berechnung]

In Tabelle 21 ist das Potential zur Energiebereitstellung aus holzartiger Biomasse aufgelistet.
[Amt für Landwirtschaft und Forsten Amberg; eigene Berechnung]

Tabelle 21: Übersicht der Energiebereitstellungspotentiale aus Holz

Energiebereitstellung	MWh/a
Nachwuchs auf gesamter Waldfläche (rund 901 ha; regenerativer Nachwuchs 9,2 Fm/ha x a)	19.900
davon als Brennholz nutzbar (Waldrestholz, Durchforstung)	6.690 (rund 34%)
zusätzlich:	
Landschaftspflegeholz	2.620
Altholz	5.250
Summe nutzbares Potential	14.560 MWh/a

In Summe beträgt das nutzbare Gesamtpotential an fester Biomasse für das Gesamtgebiet rund 14.560 MWh/a. Im Stadtgebiet Amberg werden, wie in Kapitel 2.3.6.3 beschrieben, bereits 18.935 MWh/a durch die Feuerung von Biomasse-Zentralöfen und Einzelfeuerstätten verbraucht. Somit besteht aus eigenen Ressourcen im Stadtgebiet Amberg kein weiteres Ausbaupotential mehr zur Verfügung.

Es wird folglich in Summe bereits mehr Energieholz genutzt, als regenerativ im Stadtgebiet zur Verfügung steht.

3.8.1.2 Landwirtschaft

Landwirtschaftsfläche

Bei der Abschätzung des Potentials an Biomasse aus der landwirtschaftlichen Produktion wird in dieser Studie von einem Anbau von Energiepflanzen (z.B. Raps, Mais o. sonstige) auf 25 % der zur Verfügung stehenden landwirtschaftlichen Fläche ausgegangen. Folglich würden weiterhin 75 % der Flächen für die Nahrungsmittelproduktion zur Verfügung stehen.

Bei einer ausgewiesenen landwirtschaftlichen Nutzfläche von rund 2.133 ha im gesamten Stadtgebiet Amberg [2] stünden demnach rund 533 ha für den Anbau von Energiepflanzen zur Verfügung.

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

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

Im Rahmen dieser Studie wird der Betrieb des Zweikulturnutzungssystem für den Energiepflanzenanbau betrachtet: Das System basiert darauf, dass zweimal pro Jahr geerntet wird, um einen maximalen Biomasseertrag zu realisieren. Im Frühsommer bringt man zunächst die im Vorjahr gesäte Winterfrucht ein, danach folgt eine Sommerkultur, die man wiederum im Herbst erntet. Anschließend wird wieder eine Winterkultur für das nächste Jahr gesät usw. Es kann jeweils vor der Vollreife der Pflanzen geerntet werden, da nicht die Früchte selbst, sondern der Ertrag an Biomasse im Vordergrund steht. Die ganzjährig bestandene Fläche verhindert Erosion und Nährstoffauswaschung. Ein ökologischer Landbau sollte auch eine ökologisch verträgliche Energieversorgung haben. Hierfür wird ein spezieller Energiepflanzenanbau benötigt, der zu einer Optimierung in der Fruchtfolgegestaltung führen sollte. Neben Mais mit seinen sehr guten Eigenschaften als Energiepflanze gibt es zahlreiche andere Pflanzenarten, die energetisch genutzt werden können und zu vergleichbaren Energieerträgen führen. Sinnvoll ist dabei die Entwicklung innovativer Anbausysteme für die Energiepflanzen, die sich durch hohe Flächenproduktivität und eine ökologische Verträglichkeit auszeichnen.

Tabelle 22 gibt einige Beispiele für Erst-, bzw. Zweitkulturen im Energiepflanzenanbau.

Tabelle 22: Erst-, bzw. Zweitkulturen im Energiepflanzenanbau

Erstkulturen	Zweitkulturen
Weizen	Mais
Roggen	Sonnenblumen
Winterhafer	Sudangras
Raps	Hanf
Rüben	Senf
Wintererbsen	Ölrettich
Weidelgrad	Phacelia

Bei einem prognostizierten jährlichen Hektarertrag von rund 6.600 m³ Biogas liegt das durchschnittliche Potential an Biogasertrag auf der zur Verfügung stehenden Fläche im Betrachtungsgebiet bei rund 19.109 MWh im Jahr. [eigene Berechnung]

→ Diese Biogasenergie kann z. B. in Blockheizkraftwerken in elektrische und thermische Energie umgewandelt werden, wodurch rund 7.643 MWh_{el} und 8.599 MWh_{th} bereitgestellt werden können (Grundlage: $\eta_{th} = 0,45$; $\eta_{el} = 0,40$). Bei einer durchschnittlichen Jahresbetriebszeit von 7.500 Stunden ergibt sich eine installierte elektrische Leistung von rund 1.020 kW. [eigene Berechnung]

→ Mit diesem jährlichen Biogasertrag könnte in geeignet umgerüsteten Fahrzeugen eine Fahrleistung von insgesamt rund 25.300.000 km/a für den mobilen Sektor zur Verfügung gestellt werden. Bei einer durchschnittlichen Fahrleistung im PKW von 14.100 km/a könnten damit knapp 1.800 PKW betrieben werden. [eigene Berechnung]

Biogas aus Gülle

Eine weitere Möglichkeit der energetischen Nutzung in der Landwirtschaft stellt der Reststoff „Gülle“ dar. Eine Großvieheinheit produziert ca. 15 Tonnen Gülle im Jahr. Mit einer Tonne Gülle können in Biogasanlagen ca. 20-30 m³ Biogas erzeugt werden.

Unter der Voraussetzung, dass in etwa 60 % der anfallenden Gülle als Input für Biogasanlagen genutzt werden, ergibt sich für das Betrachtungsgebiet derzeit ein Potential von rund 3.584 MWh/a an Biogas.

Diese Biogasenergie kann z. B. in Blockheizkraftwerken in elektrische und thermische Energie umgewandelt werden. Bei angenommenen Nutzungsgraden von $\eta_{el} = 0,40$ und $\eta_{th} = 0,45$ können somit 1.434 MWh_{el} sowie 1.613 MWh_{th} erzeugt werden.

Biogas aus Bioabfällen

Im Stadtgebiet Amberg werden nach Auskunft der Veolia Umweltservice Süd GmbH und Co. KG jährlich rund 4.000 t an Bioabfällen produziert und in der Bioabfalltonne abgeholt (dies entspricht rund 92 kg pro Einwohner). Derzeit wird der Großteil dieser Masse kompostiert. Unter der Annahme eines mittleren Biogasertrages von rund 100 m³ pro Tonne Bioabfall könnten folglich rund 960 MWh_{el} sowie 1.080 MWh_{th} erzeugt werden. [Abfallbilanz Bayern; eigene Berechnungen]

Biogas aus Klärschlamm

Eine weitere Möglichkeit stellt die Biogaserzeugung aus Klärschlamm der Kläranlage Theuern dar. Derzeit wird der Klärschlamm (rund 1.600 Tonnen Trockenmasse pro Jahr) zum Großteil landwirtschaftlich verwertet. Künftig könnte jedoch diese landwirtschaftliche Verwertung verboten werden. Aus diesem Grund sollte eine mögliche Co-Vergärung detailliert geprüft werden. Unter der Annahme eines mittleren Biogasertrages von rund 300 m³ pro Tonne Trockenmasse Klärschlamm könnten folglich rund 800 MWh_{el} sowie 900 MWh_{th} erzeugt werden. [Abfallbilanz Bayern, eigene Berechnungen]

Zusammenfassung

Im Stadtgebiet Amberg steht ein Gesamtpotential an Energiepflanzen, Gülle, Bioabfälle und Klärschlamm zur Installation einer Biogasanlage von insgesamt rund 1.440 kW zur Verfügung. Das Gesamtpotential beinhaltet die energetische Verwertung von Energiepflanzen auf 25 % der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche, der energetischen Nutzung von rund 60 % des gesamten Gülleanfalls im Stadtgebiet, der Vergärung des gesamten Bioabfalles im Stadtgebiet Amberg und der Vergärung des gesamten Klärschlammaufkommens der Kläranlage Theuern (Zweckverband Amberg, Kümmerbruck und Freudenberg).

Im Stadtgebiet Amberg ist bereits eine Biogasanlage mit einer elektrischen Leistung von 100 kW installiert (Stand 2010). Demnach steht noch ein Ausbaupotential einer Biogasanlage mit einer elektrischen Leistung von rund 1.350 kW aus heimischer Biomasse zur Verfügung. Unter der Annahme von spezifischen Investitionskosten in Höhe von rund 5.000 Euro/kW_{el} würden sich Gesamtkosten in Höhe von rund 6.750.000 Euro ergeben. Die jährliche CO₂-Einsparung würde sich in Summe auf rund 8.940 Tonnen belaufen.

Jedoch muss hierbei erwähnt werden, dass die Errichtung des BHKW für einen langfristig wirtschaftlichen Betrieb der Biogasanlage an einer Wärmesenke installiert werden muss, um die anfallende Wärme sinnvoll nutzen zu können. Hierfür einen Standort zu finden stellt sich jedoch als schwierig dar. Der Grund liegt in der Tatsache, dass die möglichen Wärmesenken im Stadtgebiet Amberg bereits durch hocheffiziente KWK genutzt werden.

Neben der Errichtung einer Biogasanlage mit direkter Verstromung sollte auch die Errichtung einer Biogasanlage mit Aufbereitung des produzierten Biogases auf Erdgasqualität geprüft werden. In Summe könnte mit den beschriebenen Potentialen eine Aufbereitungsanlage mit einer Leistung von rund 350 Nm³/h betrieben werden. Hierdurch könnten jährlich rund 26.000 MWh an Erdgas in das allgemeine Versorgungsnetz der Stadtwerke Amberg eingespeist werden. Dies entspricht rund 6 % des gesamten Erdgasverbrauches im Stadtgebiet Amberg. Die Möglichkeit der Errichtung einer Biogasaufbereitungsanlage im Stadtgebiet Amberg muss jedoch zunächst einer umfangreichen Wirtschaftlichkeitsprüfung unterzogen werden.

Es besteht zudem die Möglichkeit, den Bioabfall aus den benachbarten Landkreisen zu sammeln und ebenfalls in der Aufbereitungsanlage zu verwerten. Insbesondere vor dem Hintergrund der Änderung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes im Jahr 2015 sollte diese Option weiter geprüft werden.

Bewertung bisheriger Aktivitäten:

Die mögliche Errichtung einer Biogasanlage auf dem Standort des ehemaligen Munitionsdepots der Bundeswehr Atzlricht wurde von den Stadtwerken Amberg bereits seit dem Jahr 2008 verfolgt. Zunächst wurden hierbei die Errichtung einer Biogasanlage mit einer elektrischen Leistung von rund 1.500 kW und die Aufbereitung des produzierten Biogases auf Erdgasqualität intensiv geprüft. Es konnte jedoch kein Substratpreis erzielt werden, der einen wirtschaftlichen Betrieb dieser Anlage zugelassen hätte. Das Projekt „Biogasanlage“ wurde dennoch nicht fallen gelassen. Das ursprüngliche Anlagenkonzept wurde im Jahr 2010 nochmals überarbeitet und angepasst. Geplant wäre nun die Errichtung einer Biogasanlage mit einer elektrischen Leistung von etwa 500 kW, ebenfalls auf dem Standort des ehemaligen Munitionsdepots der Bundeswehr Atzlricht. Das produzierte Biogas würde vor Ort gereinigt und über eine Mikrogasleitung zur bestehenden Energiezentrale Pond Barracks geleitet werden. Dort würde das Biogas in den bestehenden BHKW zur Erzeugung von Strom und Wärme (im bereits vorhandenen Nahwärmeverbund) genutzt. Die von den Stadtwerken gestellte Bauvoranfrage wurde positiv beschieden. Das zum Betrieb der Anlage erforderliche Substrat sollte von Landwirten aus der Region geliefert werden, eine alternative Substratlieferung, beispielsweise von Landwirten aus Tschechien, wurde aus ökologischen Gründen ausgeschlossen. Jedoch konnten mit den regionalen Landwirten keine längerfristigen Lieferverträge geschlossen werden, weshalb das wirtschaftliche Risiko für die Stadtwerke als Investor und Betreiber zu groß gewesen wäre.

Die Energiezentrale Pond Barracks wurde im Jahr 2011 modernisiert und mit einem BHKW (1,99 MW_{el}) ausgestattet, nachdem die angedachte Biogaslieferung nicht realisiert werden konnte. Deshalb ist zumindest diese angedachte Lösung einer Mikrogasleitung zur Energieinsel Pond Barracks aus einer 500kW Biogasanlage nicht mehr realisierbar.

3.8.2 Windkraft

Mithilfe des Bayerischen Windatlas und Daten des Deutschen Wetterdienstes kann eine grobe Vorabbewertung des Betrachtungsgebietes hinsichtlich der mittleren Windgeschwindigkeiten durchgeführt werden. Diese Bewertung ergab, dass die potentiellen Standorte für das Errichten von Windenergieanlagen in Amberg relativ schwach sind, da relativ geringe Windgeschwindigkeiten vorherrschen (Mittlere Windgeschwindigkeiten rund 4,5 m/s bis max. 5,9 m/s auf 140 m über Grund). Zudem müssen bei der Wahl des Standortes für Windenergieanlagen verschiedene landschaftliche Begebenheiten berücksichtigt werden, ebenso aber auch verschiedene Gesetze und Regelungen. Die aktuell (Stand 2011) gültigen Gesetze und Richtlinien zum Bau einer Windkraftanlage werden im Anhang dieser Studie (Kapitel 13.4) ausführlich beschrieben.

Unter Berücksichtigung dieser Aspekte wurde das Stadtgebiet Amberg nach geeigneten Standorten für Windkraftanlagen untersucht. Es konnte jedoch **kein geeigneter Standort** festgestellt werden, der den gesetzlichen Ansprüchen entspricht und einen wirtschaftlichen Betrieb (nach aktuellem Stand der Technik) ermöglicht.

Die im Rahmen dieser Studie ermittelten Prognosen können jedoch nur als unverbindliche Aussagen gesehen werden. Um aussagekräftige Ergebnisse erhalten zu können, müssen detaillierte Planungen von Experten aus der Windenergieanlagenplanung durchgeführt werden.

3.8.3 Direkte Nutzung der Sonneneinstrahlung

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

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

Wohngebäude

Aus der „Statistik kommunal“ liegt der Gesamtbestand an Wohngebäuden im Stadtgebiet Amberg 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.

Zudem wurden denkmalgeschützte Bereiche bzw. Liegenschaften im Ensembleschutzbereich in der Betrachtung nicht berücksichtigt. Diese sind nach Rücksprache mit der Stadt Amberg:

- Altstadtbereich (Bezirk 011, 012, 013, 014)
- Sternschanzen
- Liegenschaften im Umkreis der Mariahilfbergkirche

Auf vorhandenen Flachdächern bietet sich die Möglichkeit Solarthermie- oder Photovoltaikanlagen aufgeständert zu installieren. Die Anlagen können somit in Neigung und Ausrichtung optimal zur Sonne ausgerichtet werden. Durch die Aufständigung am Flachdach ergeben sich zwischen den einzelnen Reihen in Abhängigkeit vom Sonnenstand Verschattungen, wodurch nur etwa ein Drittel der Grundfläche als Modulfläche nutzbar ist.

Auch bei Flachdächern wird noch ein Fünftel der grundsätzlich nutzbaren Fläche aufgrund von Verbauungen und Verschattungen von Hindernissen abgezogen, sodass letztendlich ca. 25 % der Flachdachfläche als Modulfläche nutzbar sind.

Im nächsten Schritt muss die Dachfläche im Stadtgebiet bestimmt werden. Da aus der „Statistik kommunal“ 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 Quaschnig verwendet, der ein Verhältnis von Dachfläche zu Wohnfläche von 0,8 angibt. In Summe beträgt die gesamte Dachfläche im Stadtgebiet rund 1.533.000 m². Die Dachflächen im denkmalgeschützten Bereich bzw. Ensembleschutzbereich, welche in der Berechnung nicht betrachtet werden, beträgt rund 200.000 m² [18; Angaben Stadt Amberg]

Mithilfe der Anzahl der Wohngebäude aus der Statistik Kommunal [2] und unter Berücksichtigung der erläuterten Annahmen kann die für die Nutzung von Solarthermie und Photovoltaik geeignete Dachfläche bestimmt werden.

- | | |
|------------------------------------|-------|
| • Gebäude mit 1 Wohnung | 5.148 |
| • Gebäude mit 2 Wohnungen | 1.693 |
| • Gebäude mit 2 und mehr Wohnungen | 2.182 |

Das Verhältnis von Wohngebäuden mit geneigten Dächern zu denen mit Flachdächern beträgt für

- Gebäude mit 1 Wohnung 95 % / 5 %
- Gebäude mit 2 Wohnungen 98 % / 2 %
- Gebäude mit 2 und mehr Wohnungen 92 % / 8 %

Berücksichtigt man nur das Potential der bestehenden Wohngebäude im Betrachtungsgebiet ergibt sich somit eine technisch nutzbare Fläche von rund 276.000 m².

Ausgehend vom heutigen Stand der Technik kann bei der Verwendung von monokristallinen PV-Modulen zur solaren Stromproduktion von einem Flächenverbrauch von rund 8 m²/kW_{peak} ausgegangen werden.

Die Effizienz der Wärmegewinnung einer Solarthermieanlage ist gegenüber einem PV-Modul deutlich höher. So erzeugt 1m² solarthermisch genutzte Fläche bei reiner Warmwasserbereitung rund 300 kWh_{th}, bei zusätzlicher Heizungsunterstützung rund 450 kWh_{th}. Jedoch kann dieser technische Vorteil nur bedingt genutzt werden, da die schlechte Transportfähigkeit und die mangelnde Speicherfähigkeit einen Durchbruch dieser Technik erschweren. So ist beispielsweise die Wärmeerzeugung in den Sommermonaten am höchsten, während der Wärmebedarf erst in den Wintermonaten merklich ansteigt.

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

Für die weiteren Berechnungen wird von folgenden Annahmen ausgegangen:

- **Photovoltaik (Aufdach)** → mittl. jährlicher Ertrag: 900 kWh_{el}/kW_p
- **Photovoltaik (Freifläche)** → mittl. jährlicher Ertrag: 1.000 kWh_{el}/kW_p
- **Solarthermie** → mittl. jährlicher Ertrag: 300 kWh_{th}/m²

Szenario 1

In Szenario 1 wird davon ausgegangen, dass die für solare Nutzung geeignete Dachfläche für die Installation von Solarthermieanlagen für die Warmwasserbereitung und die Installation von Photovoltaikanlagen für die Stromproduktion genutzt werden.

Aufgrund der direkten Standortkonkurrenz der beiden Techniken muss eine prozentuale Verteilung berücksichtigt werden. Um ein praxisbezogenes Ausbausoll an Solarthermiefläche vorgeben zu können, wird als Randbedingung ein Deckungsziel von 60% des Warmwasserbedarfs in der Verbrauchergruppe Private Haushalte und Kleingewerbe gesteckt. Der Warmwasserbedarf kann mit verschiedenen Annahmen überschlagen werden. Ausgehend von einem spezifischen Warmwasserbedarf von $12,5 \text{ kWh}_{\text{th}}/\text{m}^2_{\text{WF}} \cdot \text{a}$ ergibt sich für das Betrachtungsgebiet ein jährlicher Gesamt-Warmwasserwärmebedarf von rund $23.951 \text{ MWh}_{\text{th}}$, von dem rund 14.371 MWh durch Solarthermie gedeckt werden soll (entsprechend 60%). Um die Randbedingung des 60 prozentigen Deckungsgrades zu erreichen, werden insgesamt rund 47.900 m^2 an Kollektorfläche benötigt (Gesamtpotential).

Derzeit sind im Stadtgebiet Amberg Solarthermieanlagen mit einer Gesamtfläche von rund 5.500 m^2 installiert. Unter Berücksichtigung der bereits installierten Solarthermieanlagen müssen folglich noch rund 42.400 m^2 installiert werden (Ausbaupotential).

Ausgehend von der Annahme, dass die benötigten Solarthermie-Kollektoren installiert werden, ergibt sich eine maximale nutzbare Restdachfläche für Photovoltaikmodule von 228.000 m^2 . Dies entspricht einer maximal zu installierenden Leistung in Höhe von rund 28.500 kW_p . Insgesamt können im Stadtgebiet bei einem mittleren spezifischen Energieertrag von $900 \text{ kWh}_{\text{el}}/\text{kW}_{\text{peak}}$ rund 25.640 MWh an elektrischer Energie bereitgestellt werden. (Gesamtpotential)

Im Stadtgebiet sind bereits PV-Anlagen mit einer Gesamtleistung von 6.744 kW_p installiert. Diese Anlagen nehmen eine Fläche von rund 53.900 m^2 ein. Somit stehen insgesamt noch rund 174.100 m^2 , bzw. 21.800 kW_p für die Belegung mit PV-Modulen zur Verfügung.

Nachfolgend wird das realistische Szenario betrachtet, falls **lediglich 70%** der für Photovoltaik geeigneten Dachfläche belegt wird, was in der weiteren Betrachtung zur Ermittlung des Ausbaupotentials angewendet wird.

Um das Gesamtpotential zur Bereitstellung von 60% des Warmwasserbedarfes in der Verbrauchergruppe „Private Haushalte und Kleingewerbe“ und der Ausschöpfung des Photovoltaikpotentials bei Belegung von **70%** der geeigneten Dachflächen (realistisches Ziel) auszuschöpfen, müssen zu den bereits bestehenden PV-Anlagen noch rund 13.200 kW_p im Stadtgebiet installiert werden. (Ausbaupotential)

Unter der Annahme von spezifischen Investitionskosten in Höhe von rund 600 Euro pro m² Solarthermiefläche, bzw. 2.000 Euro pro kW_p an Photovoltaik ergeben sich in Summe Kosten für das Ausbaupotential von rund 51.900.000 Euro. Die jährliche CO₂-Einsparung beläuft sich bei Szenario 1 in Summe auf rund 11.120 Tonnen/a.

(Solarthermie:	42.500 m ²	x	600 Euro/m ²	= 25.500.000 Euro
Photovoltaik:	13.200 kW _{el}	x	2.000 Euro/kW _{el}	= 26.400.000 Euro)

Szenario 2

Bei Szenario 2 wird kein Zubau von solarthermischen Anlagen angenommen, sondern die komplette zur Verfügung stehende Restdachfläche zur Stromerzeugung durch Photovoltaik genutzt. In der Stadt Amberg sind aktuell rund 5.500 m² Dachfläche mit solarthermischen Anlagen belegt. Unter der Annahme, dass die übrige für solare Nutzung geeignete Dachfläche für die Stromproduktion mit Photovoltaik genutzt wird, entspricht dies einer maximal zu installierenden Leistung in Höhe von rund 33.800 kW_p. Insgesamt können folglich im Stadtgebiet bei einem mittleren spezifischen Energieertrag von 900 kWh_{el}/kW_{peak} rund 30.400 MWh an elektrischer Energie bereitgestellt werden. (Gesamtpotential)

Im Stadtgebiet sind bereits PV-Anlagen mit einer Gesamtleistung von 6.744 kW_p installiert. Somit können insgesamt noch rund 27.040 kW_p installiert werden.

Nachfolgend wird das realistische Szenario betrachtet, falls **lediglich 70%** der für Photovoltaik geeigneten Dachfläche belegt wird, was in der weiteren Betrachtung zur Ermittlung des Ausbaupotentials angewendet wird.

Um das Gesamtpotential der Ausschöpfung des Photovoltaikpotentials bei Belegung von **70%** der geeigneten Dachflächen auszuschöpfen (realistisches Ziel), müssen zu den bereits bestehenden PV-Anlagen noch rund 18.900 kW_p im Stadtgebiet installiert werden. (Ausbaupotential)

Unter der Annahme von spezifischen Investitionskosten in Höhe von rund 2.000 Euro pro kW_p an Photovoltaik ergeben sich in Summe Kosten von rund 37.800.000 Euro. Die jährliche CO₂-Einsparung beläuft sich bei Szenario 2 in Summe auf rund 10.100 Tonnen/a.

(Photovoltaik:	18.900 kW _{el}	x	2.000 Euro/kW _{el}	= 37.800.000 Euro)
----------------	-------------------------	---	-----------------------------	--------------------

Freiflächen

Neben der Nutzung von geeigneten Dachflächen besteht auch noch die Möglichkeit Sonnenenergie auf Konversionsflächen und sonstigen Freiflächen zu nutzen. Ähnlich wie beim Flachdach kann hier die Ausrichtung der zu installierenden Anlage optimal gewählt werden. Dementsprechende Freiflächen bieten auch die Möglichkeit Großanlagen mit ggf. einer Nachführung nach dem Sonnenstand zu installieren und den Energieertrag zu optimieren.

Zur Potentialbetrachtung werden zunächst nur die nutzbaren Dachflächen hinzugezogen, eine Abschätzung des Potentials an Freiflächenanlagen erfolgt nicht. Die Potentialabschätzung in der vorliegenden Arbeit stellt somit nicht die Obergrenze der zu installierenden Photovoltaik- bzw. Solarthermieflächen dar, sondern lediglich eine mittlere Abschätzung. Sollten nicht alle beschriebenen Potentiale auf Dachflächen erschlossen werden können und sich somit die grundsätzlich nutzbare Fläche verkleinern, stehen zur Kompensation weitere Möglichkeiten zur Verfügung (Fassadenintegration, Nebengebäude, Gewerbebauten, kommunale Gebäude), die hier nicht explizit aufgeführt sind.

Zudem könnte die Möglichkeit der Installation von Photovoltaikmodulen neben Bahntrassen o.ä. entsprechend § 32 EEG geprüft werden. Hierfür müssten jedoch zunächst die geeigneten Gebiete im Bebauungsplan der Stadt Amberg ausgewiesen werden.

3.8.4 Wasserkraft

Im Rahmen dieses Konzeptes wird kein weiteres Potential zur Steigerung der Stromproduktion gesehen.

3.8.5 Geothermie

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

Grundsätzlich gibt es zwei Arten der Geothermienutzung

- 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 Abbildung 28 sind die als wirtschaftlich möglichen Gebiete für tiefe Geothermie im Bundesland Bayern dargestellt. Die blau gefärbte Fläche stellt Gebiete mit geologisch günstigen Verhältnissen für die energetische Nutzung von Erdwärme mittels tiefer Geothermie dar. Die gelb gefärbte Fläche stellt die Gebiete dar, die möglicherweise günstige geologische Verhältnisse für die energetische Nutzung von Erdwärme mittels Geothermie bieten. Allgemein lässt sich feststellen, dass die Stadt Amberg in einem Gebiet liegt, in welcher Energieerzeugung aus tiefer Geothermie wirtschaftlich nicht realisierbar erscheint.

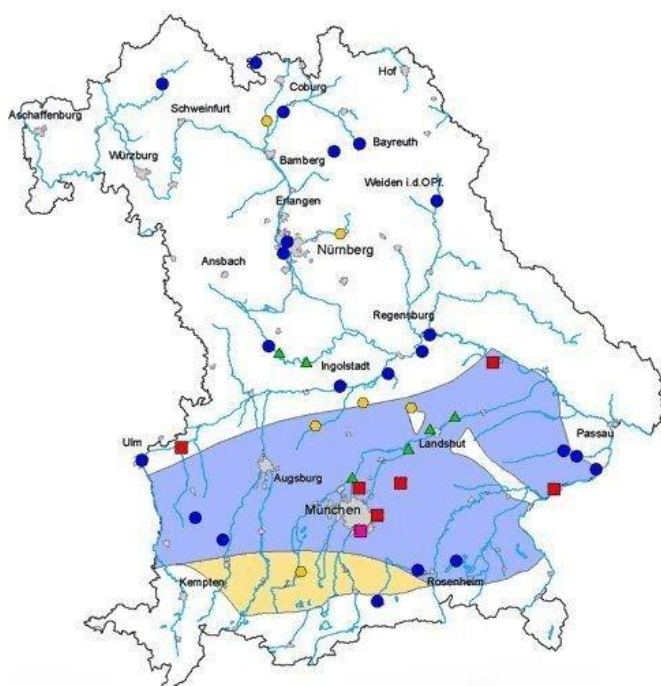


Abbildung 28: Das Geothermiepotential im Bundesland Bayern [19]

Die direkte Nutzung oberflächennaher Geothermie, in Form von Wärmepumpenheizung, ist in Deutschland schon sehr weit verbreitet und verzeichnet hohe Zuwachsraten. In Amberg wird derzeit eine Wärmemenge von rund 182 MWh über Wärmepumpen gedeckt (siehe Kapitel 2.3.6.6). Diese Technik findet überwiegend ihren Einsatz in kleinen und mittleren dezentralen Anlagen zur Bereitstellung von Wärmeenergie und Klimakälte.

Zur Nutzung des niedrigen Temperaturniveaus, in Bayern zwischen 7°C und 12°C, steht ein vielfältiges Spektrum an Techniken zur Verfügung, um die im Untergrund vorhandene Energie nutzen zu können. Die wichtigsten hierbei sind:

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

Das Gesamtpotential an oberflächennaher Geothermie im Stadtgebiet Amberg kann im Rahmen dieser Studie nicht quantifiziert werden. Die oberflächennahe Geothermie könnte künftig jedoch einen erheblichen Beitrag zur Senkung der CO₂-Emissionen beitragen, insbesondere wenn der für den Betrieb der Wärmepumpe notwendige Stromeinsatz aus anderen regenerativen Energieformen erzeugt wird.

3.8.6 Zusammenfassung

In Tabelle 23 werden die im Rahmen dieser Studie berechneten Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz in den einzelnen Verbrauchergruppen zusammenfassend dargestellt. In Summe werden im Betrachtungsgebiet jährlich rund 1.291.000 MWh Endenergie verbraucht, wovon rund Endenergie 653.639 MWh dem Verbrauch an thermischer Energie, rund 261.282 MWh dem Verbrauch an elektrischer Energie, sowie rund 376.004 MWh dem Verbrauch an Kraftstoffen für den mobilen Bereich zuzuordnen sind.

Durch die aufgezeigten Maßnahmen zur Effizienzsteigerung können in der Verbrauchergruppe

- Private Haushalte und Kleingewerbe in Summe rund 46.100 Tonnen CO₂
- Kommunale Liegenschaften in Summe rund 2.900 Tonnen CO₂
- Industrie und Großgewerbe in Summe rund 48.600 Tonnen CO₂ und im Sektor
- Verkehr in Summe rund 32.300 Tonnen CO₂

eingespart werden.

Die Investitionskosten für die Umsetzung der beschriebenen Maßnahmen belaufen sich ohne Berücksichtigung der Verbrauchergruppen Industrie/Großgewerbe und Verkehr in Summe auf rund 303.000.000 Euro.

Tabelle 23: Übersicht der Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz

		Endenergie Ist-Zustand	Maßnahme	Einspar- potential	Einspar- potential	Endenergie Soll-Zustand	CO ₂ - Einsparung
		[MWh/a]		[%]	[MWh/a]	[MWh/a]	[t/a]
Private Haushalte	Endenergie thermisch	407.056	Wärmedämmung Sanierungsrate 2 % auf EnEV 2009	35%	143.013	264.044	35.680
	Endenergie elektrisch	82.087	Steigerung der Elektroeffizienz	20%	16.417	65.670	10.400
Kommunale Liegenschaften	Endenergie thermisch	18.460	Wärmedämm- maßnahmen	35%	6.486	11.974	610
	Endenergie elektrisch	4.950	Steigerung der Elektroeffizienz	30%	1.485	3.465	940
	Kläranlage Theuern	3.567	Ertüchtigung aller Pumpen	20%	713	2.853	460
	Ampelanlagen	171	Umrüstung auf LED- Signale	81%	139	32	90
	Straßenbeleuchtung	2.657	Umrüstung auf LED	53%	1.407	1.250	900
Industrie	Endenergie thermisch	228.123	Effizienzsteigerung	25%	57.031	171.092	16.720
	Endenergie elektrisch	167.845	Effizienzsteigerung	30%	50.354	117.492	31.880
Verkehr	Endenergie mobil	376.004	Effizienzsteigerung, persönliches Verhalten	28%	106.903	269.101	32.290
Summe	Endenergie gesamt	1.290.920			383.948	906.973	129.970

In Tabelle 24 ist zusammenfassend der Bestand an Erneuerbaren Energieträgern im Stadtgebiet (Stand 2010) und das in diesem Kapitel ermittelte Gesamtpotential im Betrachtungsgebiet dargestellt. Die Differenz aus Gesamtpotential und Bestand an EE bildet das Ausbaupotential, welches zum Ausschöpfen der Erneuerbaren Energiequellen im Stadtgebiet Amberg noch zur Verfügung steht. Das Geothermiewpotential wird hierbei nicht mit berücksichtigt.

Durch die bestehenden Blockheizkraftwerke im Stadtgebiet Amberg wurden im Jahr 2010 rund 7.515 MWh an Strom produziert. Die von den BHKW der Stadtwerke Amberg betriebenen Energiezentralen Raseliushaus und Pond Barracks lieferten hiervon rund 6.807 MWh. Die abgesetzte Wärme im Nahwärmenetz Raseliushaus und Pond Barracks beläuft sich hierbei auf rund 14.100 MWh.

Zudem betreiben die Stadtwerke Amberg einen Hackschnitzelkessel, welcher das Nahwärmenetz Dreifaltigkeit speist (rund 2.400 MWh/a).

Tabelle 24: Übersicht der Potentiale an Erneuerbarer Energien im Stadtgebiet Amberg

Potential Erneuerbarer Energien		Bestand		Gesamtpotential		Ausbaupotential	
		Endenergie elektrisch [MWh/a]	Endenergie thermisch [MWh/a]	Endenergie elektrisch [MWh/a]	Endenergie thermisch [MWh/a]	Endenergie elektrisch [MWh/a]	Endenergie thermisch [MWh/a]
Photovoltaik	70% der geeigneten Fläche	4.744	-	17.950	-	13.206	-
Solarthermie	60% WW-Deckung	-	1.900	-	14.371	-	12.471
Biomasse	Wald/Altholz/Nebenprod.	-	18.935	-	14.560	0	0
Biomasse	Kraft-Wärme-Kopplung	4.893	2.770	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Biogas	landw. Nutzfläche, Gülle	821	821	10.837	12.192	10.016	11.371
Wasserkraft		162	-	162	-	0	-
Summe EE		10.620	24.426	28.949	41.123	23.222	23.842

Erdgas-KWK		7.515	14.100	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
------------	--	-------	--------	------	------	------	------

Würde die Energiegewinnung aus erneuerbaren Energien wie in der dargestellten Form ausgebaut werden, könnten pro Jahr rund 28.949 MWh an elektrischer Energie bereitgestellt werden, womit z. B. rund 10% des aktuellen Strombedarfs im Stadtgebiet gedeckt werden können.

Im Bereich der thermischen Endenergie ergibt sich ein Gesamtpotential von rund 41.123 MWh im Jahr, was größtenteils auf der regenerativen Biomassenutzung und der Warmwasserbereitung durch Solarthermie beruht. Einen weiteren großen Anteil stellt die thermische Energieauskopplung aus der Biomassenutzung (Kraft-Wärme-Kopplung) dar.

In Tabelle 25 ist zusammenfassend die zu installierende Leistung (Solarthermie: Fläche) der jeweiligen Art von Erneuerbaren Energien dargestellt, welche zum Ausschöpfen der ermittelten Potentiale im Stadtgebiet Amberg zu den bestehenden Anlagen errichtet werden müssten (Solare Nutzung: Szenario 1). Die Berechnungsgrundlagen zur Ermittlung des Ausbaupotentials sind in der Potentialanalyse der jeweiligen Art an EE beschrieben.

Tabelle 25: Die zu installierenden Anlagen zum Ausschöpfen der Potentiale an Erneuerbaren Energien

		Bestand	Gesamt- potential	Ausbau- potential
Photovoltaik	[kW _{el}]	6.744	19.944	13.200
Solarthermie	[m ²]	5.505	47.900	42.395
Biogasanlage	[kW _{el}]	100	1.440	1.340
Biomassekessel	[kW _{th}]	k.A.	k.A.	0

Durch den konsequenten Ausbau an erneuerbaren Energieträgern kann durch das Ausschöpfen der Potentiale im thermischen und elektrischen Bereich der CO₂-Ausstoß im Stadtgebiet um rund 20.100 Tonnen pro Jahr reduziert werden.

In Summe ergeben sich Investitionskosten in Höhe von rund 58.700.000 Euro, welche zum Ausschöpfen der in Tabelle 25 aufgeführten Ausbaupotentiale aufgebracht werden müssten.

4 Gegenüberstellung der Endenergieverbrauchssituation und der CO₂- Bilanz mit den Reduktions- und Substitutionspotentialen

In diesem Kapitel wird der energetische Ist-Zustand im Stadtgebiet Amberg einem Soll-Zustand im Jahr 2030 gegenübergestellt, welcher die vorher ermittelten möglichen Energieeffizienzsteigerungen in den einzelnen Verbrauchergruppen, bzw. das als realistisch zu betrachtende Potential für den Ausbau der Erneuerbaren Energien berücksichtigt.

In Kapitel 4.3 werden anschließend mögliche Entwicklungsszenarien der Stadt Amberg für die thermische und die elektrische Energieversorgung untersucht.

4.1 Der Endenergieverbrauch

Im folgenden Teil werden die Ergebnisse der Darstellung des Energieverbrauchs im Stadtgebiet Amberg im Ist- Zustand einem Soll- Zustand im Jahr 2030 gegenüber gestellt, der die Ausschöpfung der in der Studie beschriebenen Potentiale an Erneuerbaren Energien, Wärmedämmmaßnahmen und Effizienzsteigerungen beschreibt. Die Gegenüberstellung soll die Grundlage zur Definition von ehrgeizigen, aber realisierbaren Klimaschutzzielen bieten, die zum einen durch eine Verbrauchsreduzierung, zum anderen durch die Substitution fossiler Energieträger durch regenerative Energieträger erreicht werden können.

4.1.1 Der elektrische Endenergieverbrauch

In Abbildung 29 ist die elektrische Endenergieverbrauchssituation im Betrachtungsgebiet dargestellt. [eigene Berechnungen]

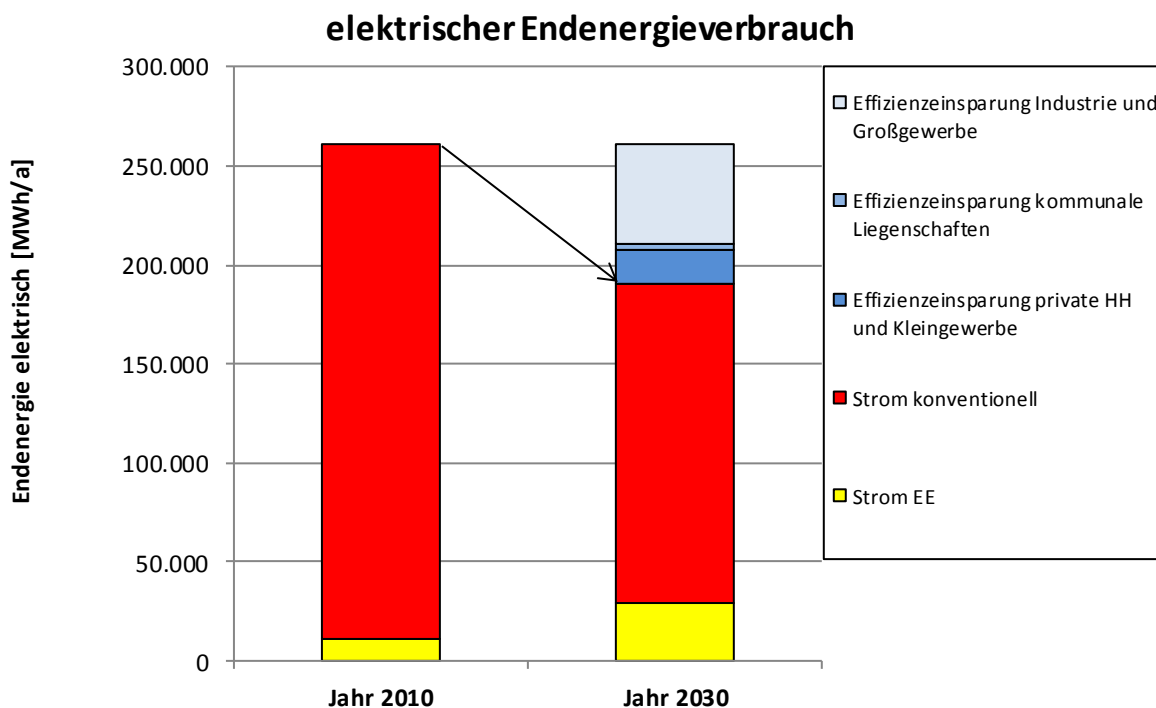


Abbildung 29: Gegenüberstellung des elektrischen Endenergiebedarfes Ist – Ziel 2030

Derzeit werden von allen aufgeführten Verbrauchergruppen insgesamt jährlich ca. 261.106 MWh elektrische Endenergie verbraucht (Heizstrom nicht berücksichtigt). Die Bereitstellung an elektrischer Energie aus erneuerbaren Energieträgern (PV, Wasserkraft, etc), welche im Stadtgebiet bereits erzeugt wird, entspricht einem Anteil von rund 4 % am Gesamtverbrauch.

Bei einer Umsetzung der im vorhergehenden Kapitel ermittelten Effizienzsteigerungspotentiale in den einzelnen Verbrauchergruppen, die sich in Summe auf eine Einsparung von jährlich rund 70.376 MWh Endenergie beziffern, ergibt sich eine mittlere Gesamteffizienzsteigerung von rund 27% im Bereich der elektrischen Energie. Es muss hierbei nochmals erwähnt werden, dass die Effizienzsteigerung im Bereich Industrie und Großgewerbe anhand von charakteristischen Durchschnittswerten berechnet wurde. Das tatsächliche Einsparpotential kann folglich deutlich variieren.

Durch das Ausbaupotential im Bereich der erneuerbaren Energien (u. a., PV, Biomasse-KWK) könnte nach Umsetzung aller Maßnahmen und der kompletten Ausschöpfung der dargestellten Potentiale rund 10 % des Strombedarfes im Zieljahr 2030 regenerativ durch erneuerbare Energien gedeckt werden.

Unter der Berücksichtigung der beschriebenen Einsparpotentiale sowie dem Ausbaupotential an erneuerbaren Energien verbleibt ein Restbedarf von rund 162.000 MWh elektrischer Endenergie pro Jahr bestehen, der weiterhin durch konventionelle Energieträger bzw. durch den Energiehandel mit Erneuerbaren Energien an der Strombörse gedeckt werden müsste.

4.1.2 Der thermische Endenergiebedarf

Der thermische Gesamtendenergiebedarf aller Verbrauchergruppen im Untersuchungsgebiet ist in Abbildung 30 für den Ist-Zustand und dem Soll-Zustand im Zieljahr 2030 gegenübergestellt.

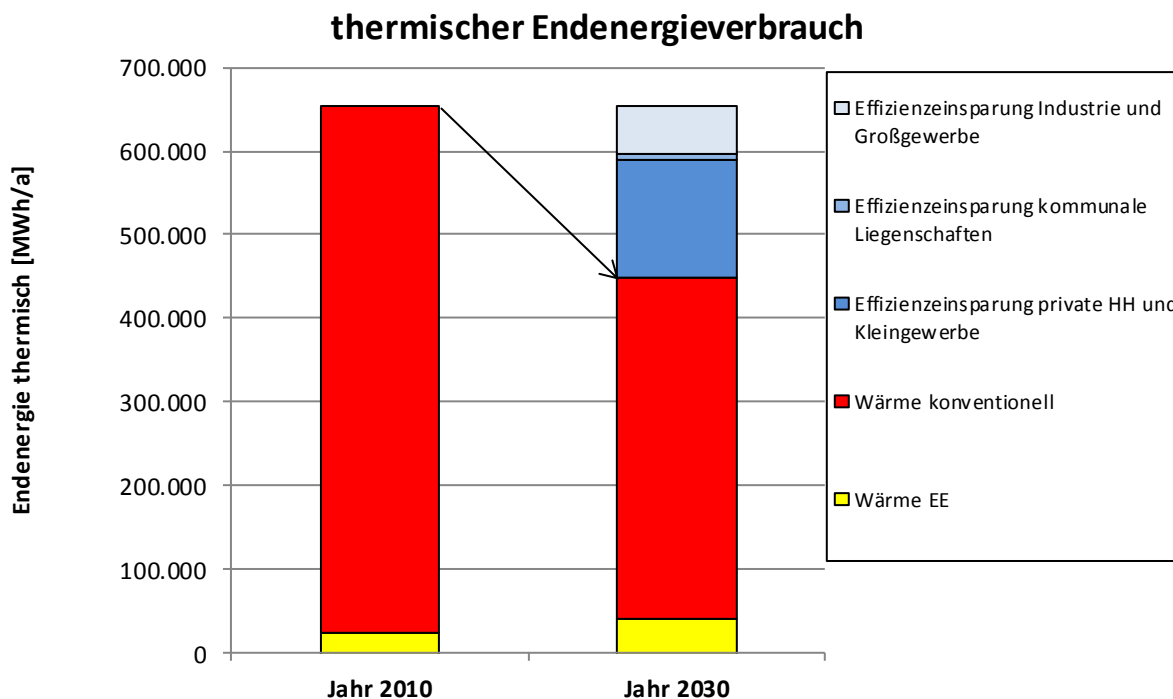


Abbildung 30: Gegenüberstellung des thermischen Endenergiebedarfes Ist – Ziel 2030

Derzeit werden jährlich ca. 653.639 MWh Endenergie in Amberg für Heizwärme in privaten Haushalten und kommunalen Liegenschaften sowie für Heiz- und Prozesswärme in den Gewerbe- und Industriebetrieben verbraucht. Der Anteil erneuerbarer Energieträger am Verbrauch im Ist- Zustand beläuft sich auf rund 4 %.

Ein erhebliches Potential an möglichen Einsparmaßnahmen bietet der Bereich Raumwärme in den privaten Haushalten. Gemessen am Gesamtendenergieverbrauch kann ein Anteil von rund 35% eingespart werden, wenn eine Sanierungsrate von jährlich 2 % der Wohngebäude auf den EnEV 2009-Standard erreicht wird. (Aktuell rund 1% Sanierungsrate)

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

Weiteres Potential ist durch den Ausbau der erneuerbaren Energien gegeben. Mit dem Ausbau an Solarthermieflächen zur Deckung von 60% des Gesamtwärmebedarfs für Warmwasser, dem Ausbau der Biomassenutzung aus landwirtschaftlichen Flächen (dargestellt als Kraft-Wärme-Kopplung aus Biogas) lässt sich die thermische Endenergiebereitstellung im Zieljahr 2030 zu 9% aus heimischen erneuerbaren Energien decken.

Unter der Berücksichtigung der beschriebenen Einsparpotentiale sowie dem Ausbaupotential an erneuerbaren Energien verbleibt ein Restbedarf von rund 406.000 MWh thermischer Endenergie pro Jahr bestehen, der weiterhin durch konventionelle Energieträger bzw. durch den Zukauf Erneuerbarer Energien (z.B. Biomethan, Biomasse) von außerhalb des Stadtgebietes gedeckt werden muss.

4.1.3 Der mobile Endenergiebedarf

In Abbildung 31 ist der Endenergieverbrauch im Bereich Verkehr im Stadtgebiet Amberg für den Ist- und Soll- Zustand im Jahr 2030 gegenübergestellt.

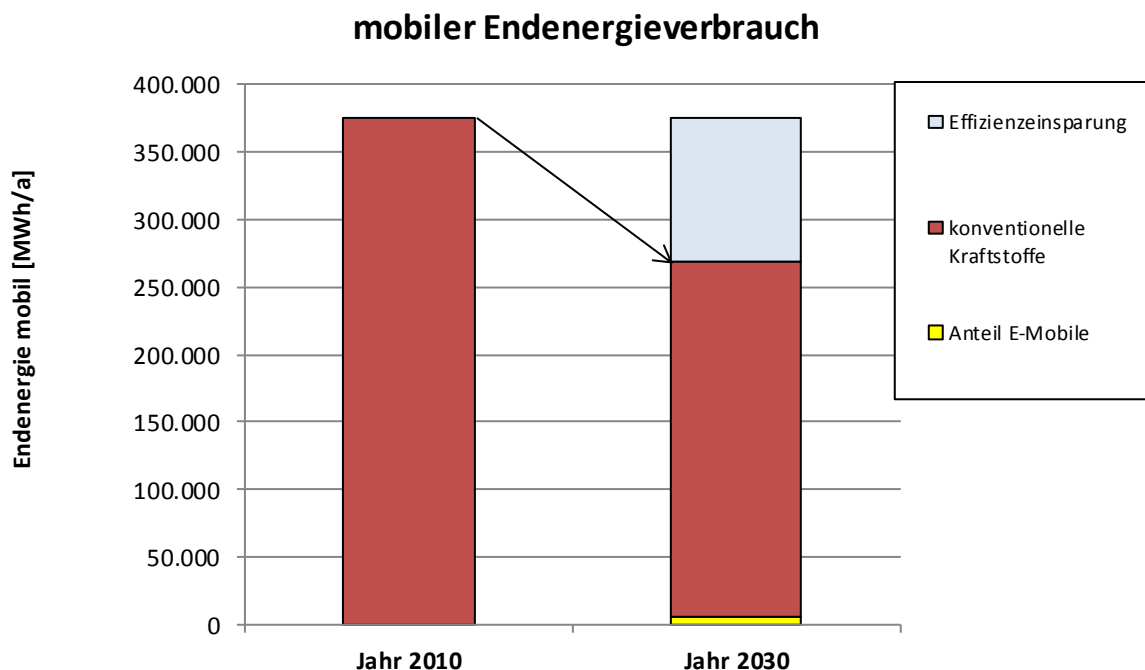


Abbildung 31: Gegenüberstellung des mobilen Endenergiebedarfes Ist – Ziel 2030

Im Ausgangszustand werden derzeit rund 376.004 MWh Endenergie für den mobilen Bereich verbraucht, was einem Äquivalent von ca. 37,3 Mio. Liter Dieselmotorkraftstoff entspricht. Bei einer Reduzierung des Verbrauchs bis zum Jahr 2030 um 28 %, (entsprechend den Ergebnissen der Shell-Studie) verbleibt ein jährlicher Endenergiebedarf für den Verkehrsbereich von rund 263.002 MWh/a, der aus konventionellen Energieträgern gedeckt werden muss.

Durch den Einsatz von rund 10 % an Elektrofahrzeugen gemessen am Gesamtfahrzeugbestand, werden jährlich zusätzlich rund 6.100 MWh an Strom benötigt.

4.2 Die CO₂-Minderungspotentiale

Nach den in den vorangegangenen Kapiteln ermittelten CO₂- Minderungspotentialen in den einzelnen Verbrauchergruppen, zum einen durch die Endenergieeinsparung – durch Wärmedämmmaßnahmen und diversen Möglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz – sowie zum anderen durch die Substitution fossiler Energieträger durch den Ausbau Erneuerbarer Energieträger, kann zusammenfassend das Gesamtminderungspotential dargestellt werden.

In Abbildung 32 ist ausgehend vom ermittelten CO₂- Ausstoß im Ist- Zustand in Höhe von rund 448.400 Tonnen pro Jahr das CO₂- Minderungspotential durch die Umsetzung der vorgeschlagenen Effizienzsteigerungsmaßnahmen (Energieeinsparung) sowie das Minderungspotential durch den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energieträger dargestellt.

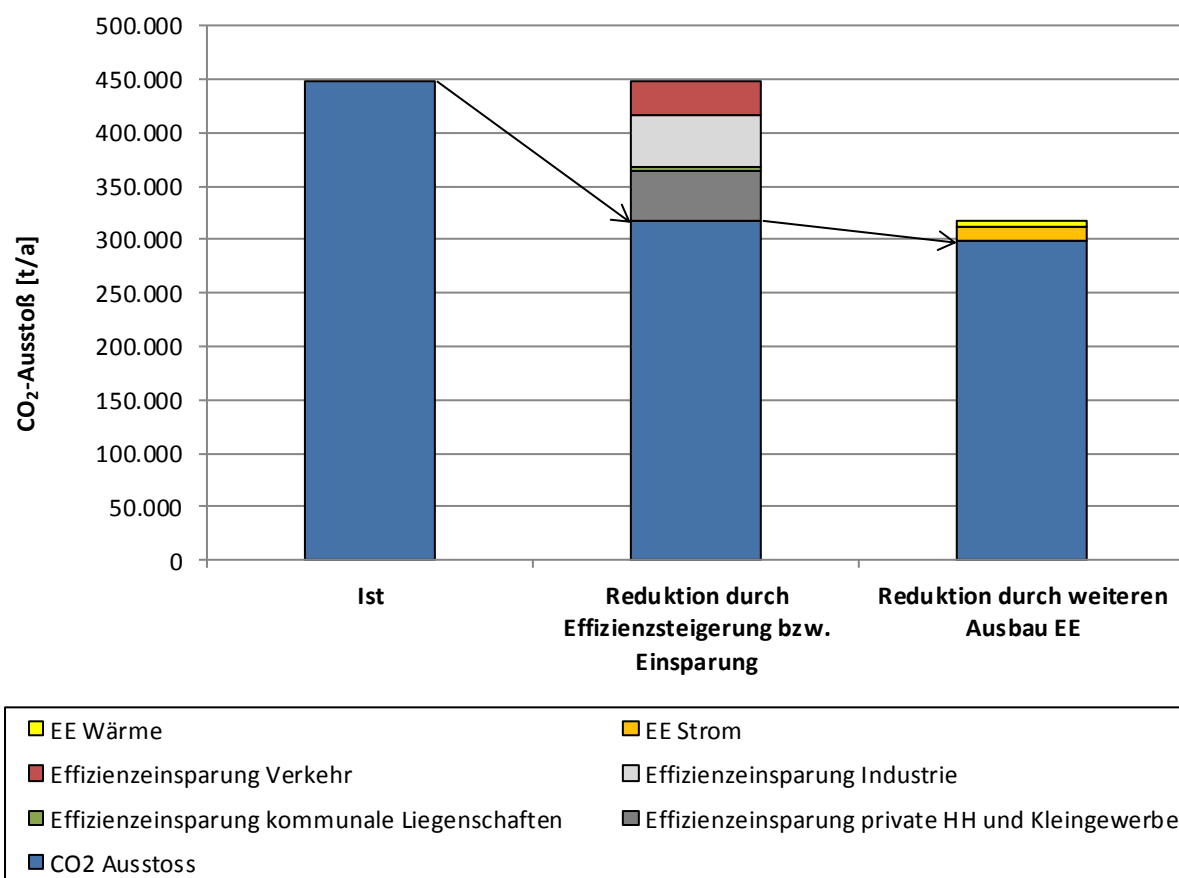


Abbildung 32: Die CO₂-Minderungspotentiale im Stadtgebiet Amberg

Durch die diversen bereits beschriebenen Effizienzsteigerungs- und Einsparmaßnahmen könnte der CO₂- Ausstoß in Summe um ca. 129.900 Tonnen im Jahr reduziert werden. In den einzelnen Verbrauchergruppen könnten die Privaten Haushalte und das Kleingewerbe eine Reduktion von 46.100 t/a, die kommunalen und öffentlichen Gebäude eine Reduktion in Höhe von 2.900 t/a, der Sektor Industrie und Großgewerbe 48.600 t/a sowie der gesamte Verkehrsbereich eine Reduktion von 32.300 t/a dazu beitragen. Der CO₂- Ausstoß kann dadurch um 28 % gegenüber dem derzeitigen Ausstoß gesenkt werden.

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

Das gesamte Ausbaupotential an elektrischer Energie aus Erneuerbaren Energien wird mit ca. 23.222 MWh/a ausgewiesen, wodurch sich ein CO₂- Minderungspotential von 13.771 Tonnen pro Jahr ergibt.

Weitere 6.284 Tonnen CO₂ lassen sich durch den Ausbau erneuerbarer Energien im Bereich der thermischen Nutzung einsparen, wobei jährlich weitere 23.842 MWh Endenergie aus heimischen Rohstoffen genutzt werden können.

Das CO₂-Gesamteinsparpotential durch den konsequenten Ausbau der beschriebenen Potentiale im Bereich der Erneuerbaren Energien liegt bei ca. 6 %.

- ➔ **Unter der Ausnutzung sämtlicher dargestellter Minderungspotentiale kann der CO₂- Ausstoß von derzeit rund 448.400 Tonnen/Jahr auf 298.400 Tonnen/Jahr im Zieljahr 2030 reduziert werden, was einer Einsparung von rund 33 % entspricht**
- ➔ **Der Pro Kopf-Ausstoß könnte folglich von aktuell rund 10,3Tonnen/Einwohner auf rund 6,8 Tonnen pro Einwohner gesenkt werden**
- ➔ **Die Investitionskosten für das Erreichen der aufgezeigten CO₂-Einsparung durch Effizienzsteigerung (ohne den Sektor Industrie/Großgewerbe) und den Ausbau an Erneuerbarer Energien im Stadtgebiet Amberg beläuft sich in Summe auf rund 361.000.000 Euro. Dies entspricht im Zeitraum 2010 bis 2030 einer jährlichen Investition in Höhe von rund 18.000.000 Euro.**

4.3 Entwicklungsszenarien im Stadtgebiet Amberg

Im Rahmen dieser Studie wird untersucht, inwieweit eine vollständige Energieversorgung der Stadt Amberg aus Erneuerbaren Energien (Substitution fossiler Energieträger), unter Berücksichtigung der Steigerung der Energieeffizienz bis zum Jahr 2030 möglich ist.

Für die Ausarbeitung von Handlungsempfehlungen und die Abschätzung ob, wann und wie eine vollständige Energieversorgung aus Erneuerbaren Energien im Stadtgebiet zu erreichen ist, wird auf die in Kapitel 3 ausgearbeitete Potentialberechnung zurückgegriffen. Diese stellt das Potential dar, welches unter den im Jahr 2011 geltenden Bedingungen erschließbar ist.

Die ermittelten Werte des Bestandes an erneuerbaren Energien für die Stadt Amberg sind die Ausgangsdaten für die Fortschreibung. Dabei wird nicht jede Technologie einzeln fortgeschrieben, sondern die Summen von Strom und Wärme genutzt. Aufgrund der unsicheren Zukunftsaussicht im Bereich der Mobilität wird im Rahmen dieser Untersuchung nur der thermische und elektrische Energiebedarf untersucht. Die Datenberechnung erfolgt für die Jahre 2010, 2020 und dem Zieljahr 2030.

Das Ergebnis des fortgeschriebenen Bestandes und des maximalen Energiepotentials aus Sicht des Jahres 2010 wird mit dem Energiebedarf an Strom und Wärme verglichen. Hierbei wird davon ausgegangen, dass im Zieljahr 2030 der notwendige Energiebedarf zu 100% aus erneuerbaren Energien gedeckt wird.

In Abbildung 33 ist der gesamte Strombedarf im Stadtgebiet Amberg für die einzelnen Jahre dargestellt. Durch Effizienzsteigerung und den Umstieg auf moderne Technologien (z.B. LED-Technologie) könnte der Bedarf an elektrischer Energie von aktuell 261.106 MWh auf 190.730 MWh im Jahr 2030 gesenkt werden. Zudem wird die elektrische Endenergie aus Erneuerbaren Energieträgern dargestellt (rote Linie), welche im Zieljahr 2030 die komplette Stromversorgung darstellen soll. Die grüne Linie zeigt das Gesamtpotential an Strom aus EE im Stadtgebiet, welches aus technischer, rechtlicher und ökologischer Sicht als realistisch umsetzbar angesehen wird.

Das ermittelte Strompotential aus heutiger Sicht wird bei beständigem Ausbau der Nutzung im Jahr 2012 erschlossen sein. Unter der Berücksichtigung der beschriebenen Einsparpotentiale sowie dem Ausbaupotential an erneuerbaren Energien verbleibt im Jahr 2030 ein Restbedarf von rund 161.781 MWh an elektrischer Endenergie pro Jahr bestehen, welcher z.B. durch Energiehandel an der Strombörse gedeckt werden muss, um das Ziel „100% Erneuerbare Energien im Jahr 2030“ zu erreichen. Hierfür wäre beispielsweise die Errichtung von rund 24 Windkraftanlagen mit einer Leistung von je 3 MW_{el} an ertragreichen Standorten außerhalb des Stadtgebietes Amberg möglich. Die Investitionskosten hierfür würden sich auf rund 110.000.000 Euro belaufen.

Hinweis: Es ist jedoch sehr wahrscheinlich, nicht mit einem tatsächlich sinkenden Stromverbrauch zu rechnen, da erzielte Einsparungen bisher meist durch neue „Anwendungsbereiche“ ausgeglichen werden.

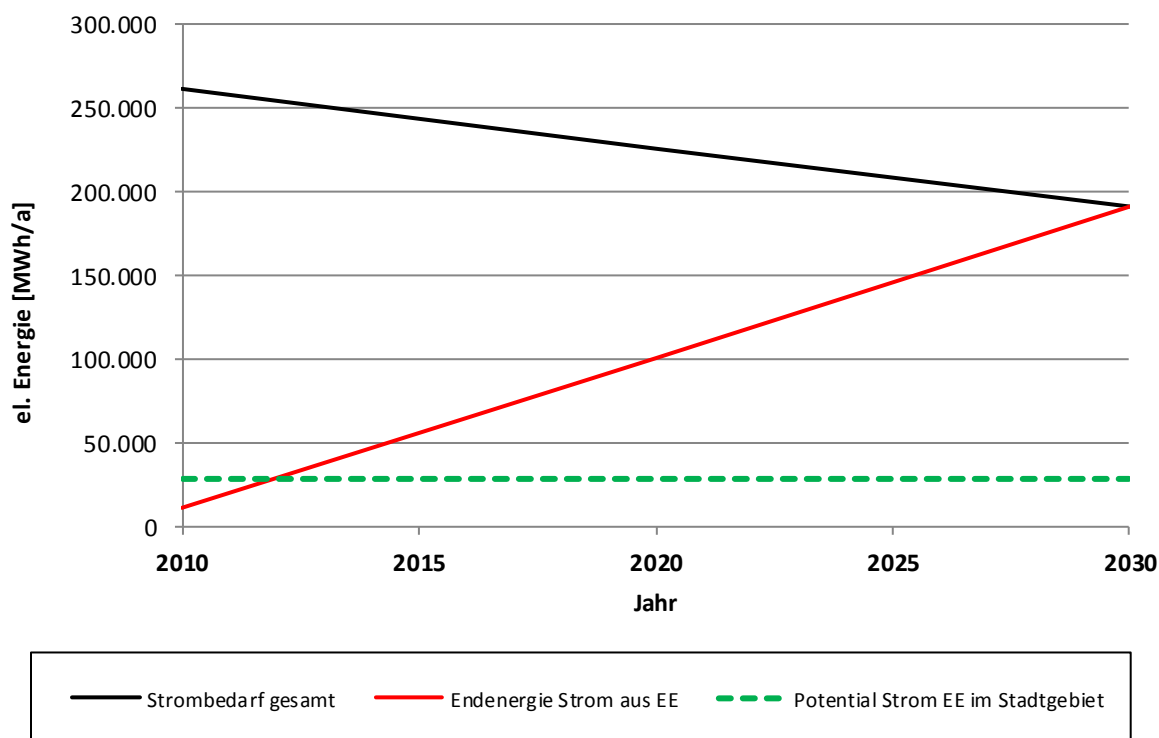


Abbildung 33: Entwicklung des elektrischen Energiebedarfes und –potentials

In Abbildung 34 ist der gesamte Wärmebedarf im Stadtgebiet Amberg für die einzelnen Jahre dargestellt. Durch Wärmedämmmaßnahmen und Effizienzsteigerung kann der Wärmebedarf von aktuell 653.639 MWh auf 447.110 MWh im Jahr 2030 gesenkt werden. Zudem wird die thermische Endenergie aus Erneuerbaren Energieträgern dargestellt (rote Linie), welche im Zieljahr 2030 die komplette Wärmeversorgung darstellen soll. Die grüne Linie zeigt das Wärmepotential aus EE im Stadtgebiet, welche aus technischer, rechtlicher und ökologischer Sicht als realistisch umsetzbar angesehen wird.

Das ermittelte Wärmepotential aus heutiger Sicht wird bei beständigem Ausbau der Nutzung in den nächsten Jahren erschlossen sein. Unter der Berücksichtigung der beschriebenen Einsparpotentiale sowie dem Ausbaupotential an erneuerbaren Energien verbleibt im Jahr 2030 ein Restbedarf von rund 405.987 MWh an thermischer Endenergie pro Jahr bestehen.

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

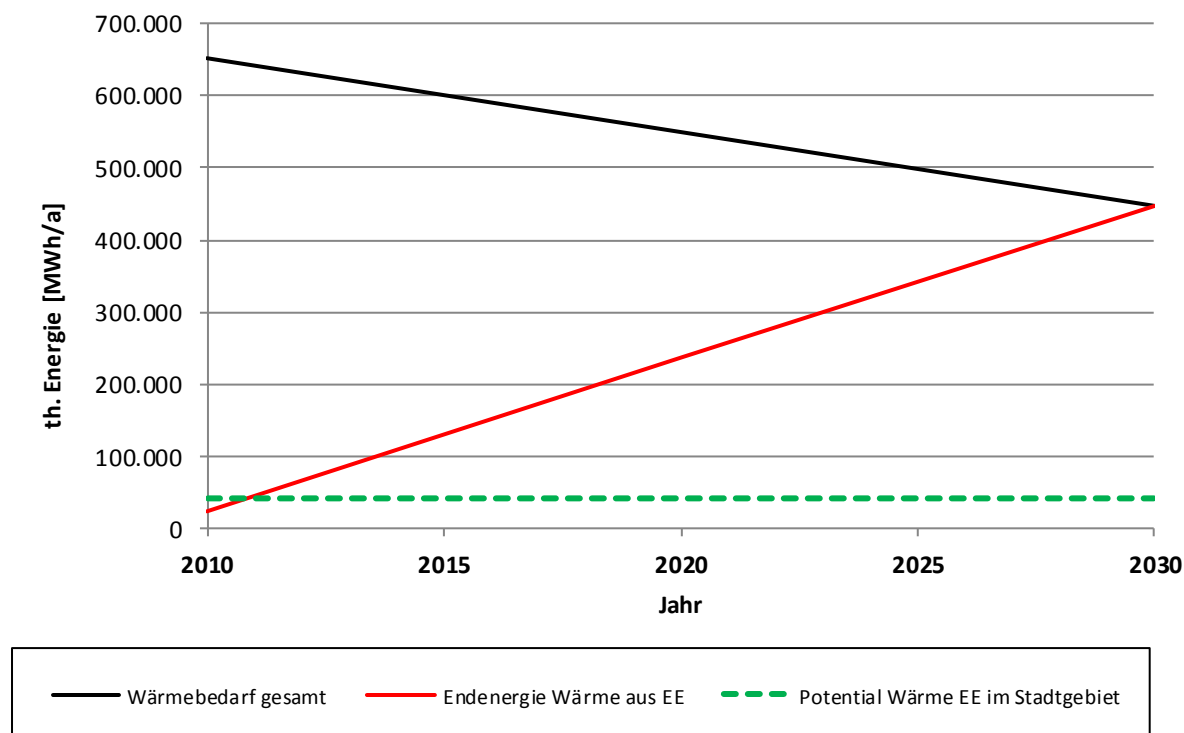


Abbildung 34: Entwicklung des thermischen Energieverbrauchs und –potentials

5 Ausarbeitung eines zielgruppenspezifischen Maßnahmenkataloges in den einzelnen Verbrauchergruppen

5.1 Maßnahmenkatalog für die Verbrauchergruppe private Haushalte und Kleingewerbe

Gemessen am thermischen und elektrischen Endenergieverbrauch im Stadtgebiet Amberg liegt der Anteil der privaten Haushalte bei etwa 38 %. 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, den Energieverbrauch und die damit verbundenen Kosten im eigenen Haushalt zu kennen. Nur wer sich über seine Energiekosten im Klaren ist, wird ein Gespür dafür entwickeln, wie relevant eine effiziente Energieversorgung für die Haushaltskasse und für die Umwelt ist. Die Ermittlung des jährlichen Energieverbrauchs und der jährlichen Kosten sowie eine Einordnung und Bewertung (Ermittlung von Kenngrößen als Vergleichswert, z.B. Energieverbrauch je m² Wohnfläche) sind für weitere Maßnahmen eine wichtige Grundlage.

Die richtige Herangehensweise an die Reduzierung des Energieverbrauchs bzw. den einhergehenden Umweltauswirkungen liegt darin, zunächst

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

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

Maßnahmenkatalog mit Handlungsempfehlungen

Verbrauchergruppe private Haushalte und Kleingewerbe

-> Gebäudehülle

- Lokalisierung von Schwachstellen im Ist-Zustand (z.B. mittels Thermographie)
- Schwachstellenanalyse:
 - ungedämmte oberste Geschoßdecken, ungedämmtes Dach
 - undichte Fenster mit überschrittener Lebensdauer
 - Wärmebrücken durch auskragende Betonteile (z.B. Balkone)
- Ganzheitliche und lückenlose Sanierung der Gebäudehülle (Energieberater)
- vorausschauende und langfristige Denkweise
- Einsatz natürlicher Dämmstoffe

-> Wärmeversorgung

- Brenner- und/oder Kesseltausch bei veralteter und ineffizienter Technik
- Auswahl einer effizienten Anlagentechnik (z.B. Brennwerttechnik)
- Überprüfung der Einsatzmöglichkeit erneuerbarer Energien o. Kraft-Wärme-Kopplung (BHKW, Solarthermie, Wärmepumpe, Biomasse, Nahwärmeanschluss)
- Dämmung von ungedämmten Heizungsverteilungen und Rohrleitungen
- Überprüfung der Systemtemperaturen, wenn möglich absenken
- Hydraulischen Abgleich durchführen (Effizienz bei der Umwälzung)

-> Elektrogeräte

- Überprüfung der Energieeffizienz der installierten Haushaltsgeräte z.B. Kühlschrank, Gefriertruhe, Wäschetrockner, Waschmaschine, Geschirrspüler
- Austausch von „stromfressenden“ unregulierten Heizungspumpen
- Vermeidung von unnötigen Stand-By Verlusten
- Beachtung des Energieverbrauchs bei der Neuanschaffung von Elektrogeräten

-> Beleuchtung

- Vermeidung von Glühbirnen bei Neuanschaffungen
- Einsatz von Energiesparlampen

-> Einsatz erneuerbarer Energien

- Installation einer Photovoltaikanlage mit der Möglichkeit der Eigenstromnutzung
- Installation einer Solarthermieanlage
- Einsatz von regionalen erneuerbaren Energieträger zur gleichzeitigen regionalen Wertschöpfung
- Überprüfung der Möglichkeit eines Anschlusses an die bestehenden Nahwärmenetze

5.1.1 Sanierung der Privaten Wohngebäude

In Kapitel 3.4.1 wurde das energetische Einsparpotential durch die Sanierung des Gebäudebestandes im Stadtgebiet Amberg berechnet. In der Stadt Amberg sind in Summe rund 9.200 Gebäude in der Verbrauchergruppe „Private Haushalte und Kleingewerbe“ und „Kommunale Liegenschaften“ vorhanden. In Summe könnte der thermische Endenergiebedarf hierdurch bis zum Jahr 2030 um rund 140.270 MWh gesenkt werden. Dies entspricht einer CO₂-Einsparung von rund 35.680 Tonnen pro Jahr. (Sanierung von rund 3.850 Gebäuden → Sanierungsrate von 2%/a bis zum Jahr 2030)

Die Investitionskosten für die Umsetzung der 2 % Sanierungsrate belaufen sich bis zum Jahr 2030 auf rund 289.000.000 Euro. Dies entspricht jährlichen Investitionen ab dem Jahr 2010 in Höhe von rund 14.500.000 Euro pro Jahr. Dies sind enorme Summen, die ohne Unterstützung auf Bundesebene von einer Kommune und deren Einwohnern nur schwierig gestemmt werden können. Jedoch muss hierbei berücksichtigt werden, dass sich eine energetische Gebäudesanierung in vielerlei Hinsicht auszahlt.

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

Zudem müssen die steigenden Brennstoffpreise berücksichtigt werden. Unter der Annahme einer jährlichen Preissteigerung von rund 5% würde bspw. der Heizölpreis im Jahr 2030 auf rund 1,85 Euro netto ansteigen. Benötigt ein Einfamilien-Haus aktuell rund 4.000 l Heizöl pro Jahr, belaufen sich die Brennstoffkosten im Jahr 2030 bereits auf jährlich rund 7.500 Euro netto. Langfristig werden die zusätzlichen Ausgaben für die Sanierung über die Heizkosten eingespart. Wenn ohnehin Baumaßnahmen ins Haus stehen, sind energetische Modernisierungen wirtschaftlicher (Sowieso-Kosten).

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

5.1.2 Anschluss an das Fernwärmenetz der Stadtwerke Amberg

Die Bürger sollten intensiv über die Vorteile der Kraft-Wärme-Kopplung informiert werden. In Kapitel 2.3.2 wurde hier die bereits vorhandene CO₂-Einsparung in den bestehenden Fernwärmenetzen dargestellt. Durch den Betrieb der Fernwärmenetze Pond Barracks, Raseliushaus und Dreifaltigkeit konnte im Jahr 2010 eine CO₂-Einsparung im Vergleich zur Erdgasfeuerung in Höhe von rund 2.470 Tonnen erzielt werden. Der Anschluss weiterer privater Wohngebäude könnte den CO₂-Ausstoß noch deutlich senken und sollte daher weiter forciert werden. Ein mögliches Ausbauszenario wird in Kapitel 5.5.1 beschrieben.

5.1.3 Ausbau von Solarthermie und Photovoltaik

Es zeigt sich, dass das größte ungenutzte Solarthermie-Potential in Gebäuden mit mehreren Wohneinheiten liegt. Besonders bei diesen Gebäuden ist eine wirtschaftliche Installation von Solarthermie in vielen Fällen zu erreichen. Durch eine Solarthermie-Anlage kann der Brennstoffverbrauch eines Hauses deutlich gesenkt werden, insbesondere wenn die Anlage nicht nur zur Warmwasserbereitung, sondern auch zur Heizungsunterstützung genutzt wird. Dadurch werden nicht nur die laufenden Kosten des Eigentümers gesenkt, sondern auch die CO₂-Emissionen. Für Informationen zum Potential der Mehrfamilienhäuser empfiehlt sich eine Zusammenarbeit mit den regionalen Energieberatern und den Stadtwerken Amberg.

Auch der weitere Zubau von Photovoltaik auf privaten Wohngebäuden bildet einen wichtigen Beitrag zur Reduzierung der CO₂-Emissionen im Stadtgebiet Amberg. Durch die Vergütung des produzierten Stroms durch das EEG, die sinkenden Investitionskosten und die hiermit verbundene Rendite ist die Anzahl der Photovoltaikanlagen in den vergangenen Jahren stark angestiegen. Jedoch besteht im Stadtgebiet Amberg noch ein Ausbaupotential von rund 13.200 kWp (siehe Kapitel 3.8.3). Die Erschließung dieses Ausbaupotentials ist maßgeblich von der aktuellen EEG-Vergütung und den Investitionskosten abhängig. Hier hat die Stadt Amberg keinen direkten Einfluss. Jedoch kann sie durch eine weitere Öffentlichkeitsarbeit die Vorteile der Photovoltaik beleuchten und so den Bürgern näher bringen.

5.2 Maßnahmenkatalog für die Verbrauchergruppe kommunale Liegenschaften

Die Stadt/Kommune spielt im Klimaschutz eine entscheidende Rolle und sollte 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 Kommune auch eine Basis für den Einstieg der Bürger in die Nutzung Erneuerbarer Energien sein (z.B. Anschluss weiterer kommunaler Liegenschaften an die Nahwärmenetze, etc.)

Die richtige Herangehensweise an die Reduzierung des Energieverbrauchs bzw. den einhergehenden Umweltauswirkungen liegt darin, zunächst

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

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

Maßnahmenkatalog mit Handlungsempfehlungen	
Verbrauchergruppe kommunale und öffentliche Gebäude	
-> Sanierung des kommunalen Gebäudebestandes	<ul style="list-style-type: none"> - Einführung eines Energiemanagementsystems - Installation eines Gebäudeleitsystems mit zentraler Regelung und Steuerung - Entwicklung von Energiesparmodellen an Schulen und Kindertagesstätten - Ermittlung des spez. Energieverbrauchs (Benchmarking) - Überprüfung der Energieeffizienz der installierten Anlagentechnik - Erstellung einer Prioritätenliste für den Handlungsbedarf - Gezielte energetische Sanierung - Definition von Energiestandards - Einsatz natürlicher Dämmstoffe
-> Ausbau erneuerbare Energieträger	<ul style="list-style-type: none"> - Anschluss weiterer Liegenschaften am Nahwärmeverbund - Ausbau von Bürgersolaranlagen - Ausweisung weiterer geeigneter Flächen und Standorte zur Errichtung und Initiierung von PV-Projekten mit Bürgerbeteiligung
-> Betriebsoptimierung	<ul style="list-style-type: none"> - Transparenz beim Stromverbrauch - Aufbau eines Klimaschutz-Controllingsystems - Ökologisches Beschaffungswesen - Kontrolle der Effizienz kommunaler Kläranlagen und Pumpwerke - Prüfung weiterer Möglichkeiten der Klärschlammverwertung
-> Öffentliche Beleuchtung / Straßenbeleuchtung	<ul style="list-style-type: none"> - langfristige und weitsichtige Lichtplanung - Stand der Technik neuer Technologien (z. B. LED) - Austausch der Straßenbeleuchtung - bei Neubauten auf effiziente Technologien achten
-> Umstrukturierung der öffentlichen KfZ- Flotte	<ul style="list-style-type: none"> - Vermeidung von unnötigen Fahrten - Nutzung von Kraftstoffen mit besserer CO₂- Bilanz als Diesel oder Benzin - Vorreiter bei der Nutzung alternativer Technologien
-> Bauleitplanung	<ul style="list-style-type: none"> - Innenentwicklung vor Außenentwicklung - Leitplanung zur Sanierung von Altbauten im Innenstadtbereich - Vorgabe von Baustandards bei der Ausweisung von Neubaugebieten - Berücksichtigung des künftigen Wohnbedarfs (z.B. demografischer Wandel)
-> Interkommunale Zusammenarbeit / Öffentlichkeitsarbeit / Anreizprogramme	<ul style="list-style-type: none"> - Mögliche Bestellung eines Klimaschutzmanagers - Informationsveranstaltungen / Workshops - Aktionsprogramme mit regionalen Handwerkern zur Stärkung der regionalen Wertschöpfung (z.B. Heizungspumpentausch, etc.)
-> Nutzerverhalten in Kommunen	<ul style="list-style-type: none"> - Verbesserung des Nutzerverhaltens in den Verwaltungen - Mitarbeiterschulungen zur Energieeffizienz

5.2.1 Umrüstung der Ampelanlagen

Im Stadtgebiet Amberg sind noch an 26 Ampelanlagen 230 V Signale verbaut. Durch die Umrüstung dieser Lichtsignale kann der Stromverbrauch erheblich gesenkt werden.

Von diesen 26 Anlagen mit 230 V Signalen sind 7 Anlagen nur Gelegenheitsläufer. Die Umrüstung dieser Anlagen erscheint aus wirtschaftlicher Sicht derzeit noch nicht sinnvoll. Die Umrüstung der übrigen 19 Ampelanlagen würde eine Energieeinsparung von rund 139 MWh und eine CO₂-Minderung von rund 88 Tonnen pro Jahr hervorrufen.

Bei Investitionskosten von rund 200 Euro/ LED-Signal ergeben sich bei einer Umrüstung Investitionskosten von rund 209.000 Euro. Dies entspricht bei der beschriebenen Stromeinsparung einer Amortisationszeit von rund 10 Jahren. Um den Investitionsfluss im Haushalt der Stadt Amberg zu stabilisieren, sollte ein Mehrjahresprogramm für die Umrüstung der Ampelanlagen auf die LED-Technik eingerichtet werden.

5.2.2 Umrüstung der Straßenbeleuchtung

Bei einer langfristigen, flächendeckenden Umrüstung der Straßenbeleuchtung auf die LED-Technik mit optimiertem Regelsystem, könnten im gesamten Stadtgebiet jährlich bis zu 1.407 MWh elektrische Endenergie im Vergleich zum Ist-Zustand eingespart werden (entsprechend rund 53 %), was einer Reduktion des CO₂-Ausstosses um 890 Tonnen pro Jahr entspricht.

Bei Investitionskosten von rund 500 Euro/ Leuchte ergeben sich bei einer Umrüstung auf LED-Technik (langfristiges Potential) Investitionskosten von rund 2.618.000 Euro. Dies entspricht einer Amortisationszeit von rund 12 Jahren. Um den Investitionsfluss im Haushalt der Stadt Amberg zu stabilisieren, sollte ein Mehrjahresprogramm für die Umrüstung der Straßenbeleuchtung auf die LED-Technik eingerichtet werden. Es muss jedoch erwähnt werden, dass bislang nur wenige Langzeiterfahrungen über die Straßenbeleuchtung mit LED-Technik existieren. Hierdurch können mögliche weitere Investitionskosten entstehen, welche den Amortisationszeitraum deutlich verlängern können.

5.2.3 Sanierung der kommunalen Liegenschaften

In der Sanierung privater Wohngebäude steckt einer der größten „Hebel“ zur Energieeinsparung. Jedoch hat sich in der Vergangenheit gezeigt, dass der Kommune eine entscheidende Vorreiterrolle und Vorbildfunktion zukommt, um die privaten Hauseigentümer zu einer energetischen Sanierung zu bewegen. (Diese Vorbildfunktion wird zudem durch das EEWärmeG gefordert)

Um den Investitionsfluss zu stabilisieren, sollte ein Mehrjahresprogramm für die Sanierung der kommunalen Liegenschaften eingerichtet werden. Wenn in den nächsten 20 Jahren alle Gebäude saniert werden (th. Einsparpotential rund 35%), können hierdurch rund 610 t CO₂ Emissionen eingespart werden. Hierzu sind jedoch finanzpolitische Weichenstellungen und Schwerpunktsetzungen der kommunalen Entscheidungsträger erforderlich.

5.3 Maßnahmenkatalog für die Verbrauchergruppe Industrie und Großgewerbe

Die Verbrauchergruppe „Industrie und Großgewerbe“, an der hauptsächlich die Arbeitsplätze der Region hängen, stellt neben den privaten Verbrauchern und dem Verkehr die dritte Hauptsäule des Energieverbrauchs und dementsprechend der CO₂- Emissionen im Stadtgebiet Amberg 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 Kapitel 3.6 wurden Energieeffizienzsteigerungen und –einsparungen industrieller Großkonzerne im Stadtgebiet Amberg untersucht. Zudem sollte geprüft werden, bei welchen Betrieben die Nutzung der Niedertemperaturwärme (ca. 90°C) in den Fernwärmenetzen für Produktionszwecke möglich ist.

In Kapitel 3.1 wurden weitere Energiekonzepte vorgestellt, die bereits vor der Erstellung dieses Klimaschutzkonzeptes von den Stadtwerken beauftragt wurden. Diese Konzepte stellten sich alle als wirtschaftlich und ökologisch sinnvoll heraus. Der Aufbau eines Nahwärmenetzes mit möglicher Abwärmenutzung der einzelnen Betriebe sollte weiter forciert werden.

Auch in dieser Verbrauchergruppe gilt, 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 mit Handlungsempfehlungen

Verbrauchergruppe Industrie und Großgewerbe

-> Heizungsversorgung

- Überprüfung von gewachsenen Versorgungsstrukturen hinsichtlich Anlageneffizienz
- Stand der Technik
- Möglichkeit von Vernetzungen / betriebliches Wärmenetz mit effizienter zentraler Wärmebereitstellung
- effiziente Wärmeverteilung und Übergabe
- Einsatzmöglichkeit von Kraft-Wärme-(Kälte)-Kopplung
- Möglichkeit der Einspeisung von Prozessabwärme
- Abwärmenutzung, Wärmerückgewinnung, Luftvorwärmung (z.B. in Lackierbetrieben)
- Überprüfung des Einsatzes Erneuerbarer Energieträger zur Verbesserung der CO₂- Bilanz und Steigerung der Wirtschaftlichkeit
- Möglichkeit des Anschlusses an den Nahwärmeverbund

-> Elektro- / Prozesseffizienz

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

-> Optimierung des betrieblichen Einsatzes von Drucklufttechnik

- Vermeidung / Überprüfung von Leckagen im 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

-> Beleuchtung

- Einsatz energiesparender Beleuchtungstechnik mit intelligenter Lichtsteuerung (Industriehallen, Werkstätten, sonstigen Betrieben, Bürogebäuden und Einzelhandel)

-> Gebäude

- Wärmedämmung von nicht gedämmten aber beheizten Industriehallen und Gebäuden

5.4 Maßnahmenkatalog für die Verbrauchergruppe Verkehr

Rund 20 % des Endenergieverbrauchs wird durch den Sektor Verkehr verursacht, wobei hierbei die Verbrauchsschwerpunkte im Bereich der privaten PKW sowie des LKW-Verkehrs liegen. Beim privaten Verkehr ist ein erheblicher Anteil dem Berufspendelverkehr zuzuordnen. Da dem Automobilbereich in Deutschland aber mehr Ansehen als nur als Fortbewegungsmittel zukommt und die Aufstellung eines konkreten Maßnahmen- und Handlungskataloges nicht pauschal möglich ist, appellieren die Handlungsempfehlungen auch an die Vernunft der Fahrzeughalter.

Maßnahmenkatalog mit Handlungsempfehlungen	
Verbrauchergruppe Verkehr	
-	Allgemein: Vermeidung unnötiger Fahrten!
-	Nachhaltige PKW-Nutzung
-	Spritsparende Fahrweise
-	keine unnötige Übermotorisierung, sondern Umstieg auf sparsame Fahrzeuge
-	Anschaffung von schadstoff- und verbrauchsarmen Fahrzeugen
-	Einsatz von verfügbaren Kraftstoffen mit besserer CO ₂ - Bilanz als herkömmlicher Diesel oder Benzin (z.B. Erdgas, Biomethan)
-	Ggf. Modernisierung öffentlicher und betrieblicher Fuhrparks
-	Steigerung der Attraktivität und gezielte Weiterentwicklung des Angebotes am ÖPNV, z.B. Anschluss von Baugebieten an das ÖPNV-Netz für Berufspendler
-	Errichtung einer Ladestation für z.B. Pedelecs vor z.B. Gastronomieunternehmen
-	Annahme des Angebotes am ÖPNV
-	konsequente Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel
-	Förderung des Radverkehrs durch Ausbau von Rad- und Gehwegen

5.5 Verbrauchergruppenübergreifende Handlungsempfehlungen für den Ausbau Erneuerbarer Energien

5.5.1 Anschluss weiterer Liegenschaften an das Nahwärmenetz der Stadtwerke Amberg

Mithilfe eines Wärmekatasters können Bereiche lokalisiert werden, die sich ökonomisch durch einen Wärmeverbund sinnvoll versorgen lassen. Das erarbeitete Wärmekataster ist eine wichtige Grundlage für zukünftige Maßnahmen zur Erweiterung des bestehenden Nahwärmenetzes, bzw. zur Steigerung des Wärmeabsatzes zur weiteren Verminderung von CO₂ – Emissionen im Stadtgebiet. Hierbei werden Straßen entsprechend ihrer spez. Wärmebelegungsichte [kWh/m x a] farblich rot, orange gelb bzw. weiß abgestuft (rot>orange>gelb>weiß).

Abbildung 35 zeigt das Wärmekataster rund um den Marktplatz Amberg. Hierbei ist das bestehende Fernwärmenetz grün eingezeichnet. Anhand der hohen spezifischen Wärmebelegungsichte sollte die Möglichkeit der Erweiterung des bestehenden Netzes zum Bereich des ehemaligen Bürgerspitals wirtschaftlich und politisch geprüft werden (blau gekennzeichnet).

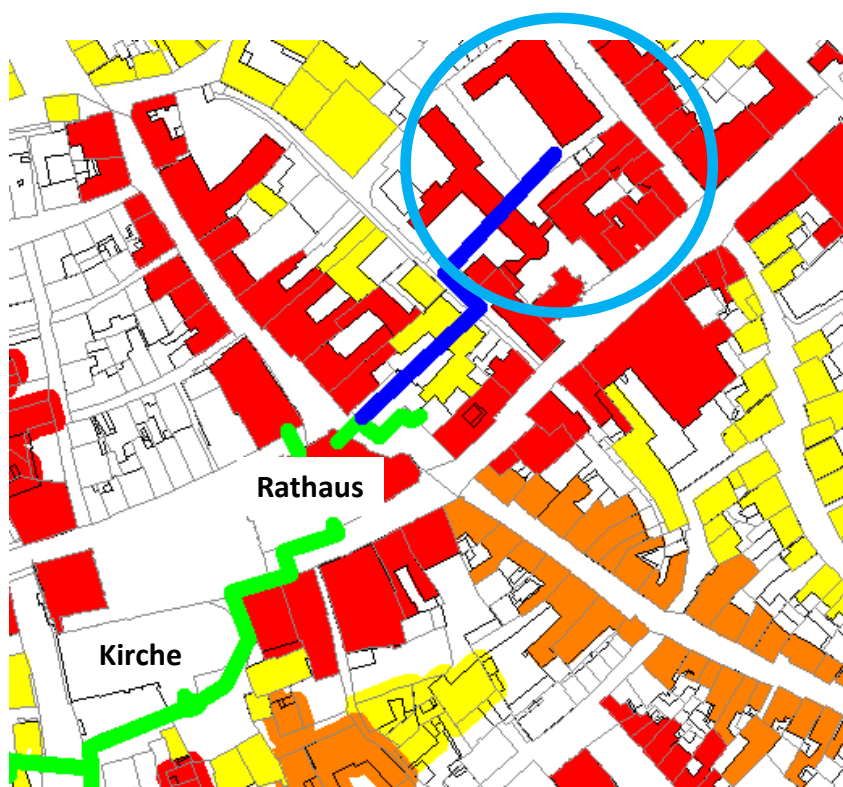


Abbildung 35: Möglicher Fernwärmeausbau im Umfeld des ehemaligen Bürgerspitals

 Bestehende FW-Trasse  Möglicher Ausbau FW-Trasse

5.5.2 Biogasanlage

Im Stadtgebiet Amberg steht ein Gesamtpotential an Energiepflanzen, Gülle, Bioabfälle und Klärschlamm zur Installation einer Biogasanlage von insgesamt rund 1.440 kW zur Verfügung. Dieses „rechnerische Gesamtpotential“ beinhaltet die energetische Verwertung von Energiepflanzen auf 25 % der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche, der energetischen Nutzung von rund 60 % des gesamten Gülleanfalls im Stadtgebiet, der Vergärung des gesamten Bioabfalles im Stadtgebiet Amberg und der Vergärung des gesamten Klärschlammaufkommens der Kläranlage Theuern (Zweckverband Amberg, Kümmerbruck und Freudenberg).

Jedoch muss hierbei erwähnt werden, dass die Errichtung des BHKW für einen langfristig wirtschaftlichen Betrieb der Biogasanlage mit direkter Verstromung des Gases an einer Wärmesenke installiert werden muss, um die anfallende Wärme sinnvoll nutzen zu können. Hierfür einen Standort zu finden stellt sich jedoch als schwierig dar. Der Grund liegt in der Tatsache, dass die möglichen Wärmesenken im Stadtgebiet Amberg bereits durch hocheffiziente KWK genutzt werden.

Neben der Errichtung einer Biogasanlage mit direkter Verstromung sollte auch die Errichtung einer Biogasanlage mit Aufbereitung des produzierten Biogases auf Erdgasqualität geprüft werden. In Summe könnte mit den beschriebenen Potentialen eine Aufbereitungsanlage mit einer Leistung von rund 350 Nm³/h betrieben werden. Die Möglichkeit der Errichtung einer Biogasaufbereitungsanlage im Stadtgebiet Amberg muss jedoch zunächst einer umfangreichen Wirtschaftlichkeitsprüfung unterzogen werden. Es besteht zudem die Möglichkeit, den Bioabfall aus den benachbarten Landkreisen zu sammeln und ebenfalls in der Aufbereitungsanlage zu verwerten. Insbesondere vor dem Hintergrund der Änderung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes im Jahr 2015 sollte diese Option weiter geprüft werden.

Je nach Ausführung (direkte Verstromung; Aufbereitung auf Erdgasqualität) müssen vor der Realisierung jedoch wichtige grundlegende Punkte geklärt werden, die nachfolgend aufgelistet sind:

- Unterschiedliche EEG-Vergütung – welcher „Substratmix“ ist zulässig?
- Technische Ausführung
- Rechtliche Vorgaben (Standort, Genehmigung etc.)
- Unterschiedliche Entsorgungs- /Verwertungsschiene des Gärrestes
- Wirtschaftlichkeit (Substratpreis etc.)
- „Wärmesenke“ versus Biogasaufbereitung Erdgasqualität

5.5.3 Photovoltaik im Innenstadtbereich

Derzeit ist die Installation von Photovoltaikanlagen im Innenstadtbereich aufgrund eines Beschlusses des Stadtrates nicht möglich. Unter der Annahme, dass rund 20% der gesamten Dachfläche im Innenstadtbereich mit Photovoltaik belegt werden könnten, ergibt sich ein Potential von rund 5.000 kW. Hierdurch könnten jährlich rund 4.500 MWh an regenerativem Strom produziert werden. Das CO₂-Minderungspotential liegt bei rund 2.350 Tonnen/a.

5.5.4 Photovoltaik auf Konversionsflächen und sonstigen Freiflächen

Neben der Möglichkeit der Aufdachanlagen besteht zudem die Möglichkeit, PV auf Konversionsflächen und sonstigen Freiflächen zu installieren. Es sollte z.B. die Möglichkeit der Installation von Photovoltaik neben **Bahntrassen o.ä.** entsprechend EEG § 32 geprüft werden. Hierfür müssten jedoch zunächst geeignete Gebiete im Bebauungsplan ausgewiesen werden.

6 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des zielgruppenspezifischen Maßnahmenkataloges

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

6.1 Prognostizierte Investitionskosten

6.1.1 Energieeffizienz

Verbrauchergruppen „private Haushalte, Kleingewerbe“ und „kommunale Liegenschaften“

Für eine umfassende Sanierung in den Bereichen Dach / oberste Geschossdecke, Fenster, Außenwände und Keller ist mit Kosten in Höhe von rund 75.000 €/Wohngebäude zu rechnen. Die Kosten sind entsprechend stark vom Umfang und dem Ausführungsstandard abhängig und können somit deutlich nach oben oder unten abweichen.

In der Stadt Amberg sind in Summe rund 9.200 Gebäude in der Verbrauchergruppe „Private Haushalte und Kleingewerbe“ und „Kommunale Liegenschaften“ vorhanden. Unter der Annahme, dass Sanierungen (Sanierungsrate deutschlandweit rund 1 Prozent) bereits getätigt wurden, verbleiben im Sanierungsszenario 1 (**Sanierungsrate 2% bis 2030**) noch rund 3.850 sanierungsbedürftige Gebäude. Unter den oben erläuterten Annahmen ergeben sich Investitionskosten von rund **289.000.000 Euro**.

Im Bereich der **Energieeffizienz der Haushalte** können einige Maßnahmen ganz ohne Investitionen umgesetzt werden (z.B. Änderung des Nutzerverhaltens, Vermeidung von Stand-by Verlusten). Für die konkret dargestellten Einsparpotentiale durch Neugeräte werden rund 500 Euro je Wohnung veranschlagt, die vor 1990 genutzt wurden. Die Gesamtzahl der Wohnungen in Amberg beläuft sich auf rund 22.000. In Summe würden sich hier Investitionskosten von rund **11.000.000 Euro** ergeben.

Bei einer flächendeckenden Sanierung und Erneuerung der **Straßenbeleuchtung** mit LED-Technik ergeben sich bei derzeit rund 5.250 installierten Leuchten (HQL, EcoArc, NAV) Investitionskosten von rund **2.618.000 Euro** (entsprechend rund 500 Euro pro Leuchte) Dies entspricht bei der beschriebenen Stromeinsparung einer Amortisationszeit von rund 12 Jahren.

Bei Investitionskosten von rund 200 Euro/ LED-Signal ergeben sich bei einer Umrüstung der **Ampelsignale** auf die LED-Technik Gesamtkosten in Höhe von **209.000 Euro**. Dies entspricht bei der beschriebenen Stromeinsparung einer Amortisationszeit von rund 10 Jahren

Im Bereich der Effizienzsteigerungsmaßnahmen in den Kläranlagen, Pumpstationen sowie den kommunalen Liegenschaften sind die Investitionskosten nicht konkret quantifizierbar. So können Betriebsoptimierungen durch nicht-investive Maßnahmen im Bereich der Verfahrensoptimierung und Anlagensteuerung teilweise erhebliche Einsparungen bringen, auf der anderen Seite könnten z.B. für eine thermische Klärschlamm-trocknung höhere Investitionen anfallen. In erster Linie ist immer die Umsetzbarkeit einer einzelnen Maßnahme im Detail zu prüfen.

Verbrauchergruppe Gewerbe, Industrie und Sonderkunden

Für die Verbrauchergruppe Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen werden in der Potentialbetrachtung durch kontinuierliche Effizienzsteigerungsmaßnahmen insgesamt rund 25 Prozent des derzeit thermischen Verbrauchs ausgegeben sowie rund 30 Prozent des elektrischen Verbrauchs als Einsparpotential bis zum Jahr 2030 ausgegeben. Auch – und vor allem – in dieser Verbrauchergruppe erweist sich eine Kalkulation des Investitionsbedarfs als äußerst schwierig.

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

Zusätzliche Investitionen im Bereich der Prozesswärmeeinsparung müssen je nach Branche im Detail untersucht werden.

Verbrauchergruppe Verkehr

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

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

In Summe könnten bei Umsetzung der in Tabelle 26 dargestellten Maßnahmen in den Verbrauchergruppen „private Haushalte“ und „kommunale Liegenschaften“ rund 49.800 Tonnen CO₂ eingespart werden. Die Investitionskosten hierfür würden sich auf rund **303.000.000 Euro** belaufen. Dies entspricht klimaschutzbedingten Investitionen in Höhe von rund 6.090 Euro pro Tonne CO₂.

Tabelle 26: Prognostizierte Investitionskosten für die Steigerung der Energieeffizienz in den einzelnen Verbrauchergruppen

		CO ₂ -Einsparung [Tonnen/Jahr]	prognostizierte Investitionskosten [Euro]
Private Haushalte, Kleingewerbe, Kommunale Liegenschaften	thermische Gebäudesanierung (2% Sanierungsrate)	36.290	288.750.000
	Effizienzsteigerung	12.000	11.000.000
	Straßenbeleuchtung --> LED	900	2.618.000
	Lichsignalanlagen --> LED	90	209.000
	Optimierung Kläranlage	460	k.A.
Industrie und Großgewerbe	elektrische Energieeffizienzsteigerung	32.000	k.A.
	thermische Einsparung	17.000	k.A.
Verkehr	Vermeidung, Effizienzsteigerung, Einführung von Elektroautos	33.000	k.A.

6.1.2 Erneuerbare Energien

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

In Tabelle 27 werden die Investitionskosten aufgeführt, die für den weiteren Ausbau der Erneuerbaren Energien aufgewendet werden müssen. Die spezifischen Investitionskosten zur Ermittlung der Gesamtkosten wurden anhand eigener Erfahrungswerte berechnet.

Durch Investitionen in die Anlagentechnik (ohne Brennstoffaufbereitung) für den Ausbau und die Nutzung der ausgewiesenen Potentiale erneuerbarer Energieträger zur Minderung der CO₂- Emissionen ergeben sich Gesamtinvestitionskosten in Höhe von rund **58.500.000 Euro**. Der Ausbau bzw. die eventuelle Erweiterung der bestehenden Fernwärmenetze wird hierbei nicht mit berücksichtigt.

Bei einem jährlichen Einsparpotential von ca. 20.100 Tonnen CO₂ liegen die absoluten spezifischen Investitionskosten für die Einsparung bei rund 2.900 € pro Tonne CO₂.

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

Tabelle 27: Die Investitionskosten für den Ausbau der Erneuerbaren Energien

	installierte Leistung	spez. Investitions- kosten	Gesamt- investition
	[kW]	[Euro/kW]	[Euro]
Photovoltaik	13.200	2.000	26.400.900
Solarthermie*	42.395	600	25.437.000
Biogasanlage	1.340	5.000	6.700.000
Summe			58.537.900
*auf [m ²] bezogen			

6.2 Kommunale Wertschöpfung durch den Ausbau Erneuerbarer 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 nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf die Studie „Kommunale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien“, welche vom Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) im September 2010 veröffentlicht wurde. [20] Die Wertschöpfung im Stadtgebiet Amberg wird hierbei mit dem Online-Wertschöpfungsrechner Erneuerbare Energien berechnet [www.kommunal-erneuerbar.de].

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

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

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

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

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

Nachfolgend werden die Potentiale der Erneuerbaren Energien im Stadtgebiet Amberg hinsichtlich ihrer kommunalen Wertschöpfung analysiert. Die Ausführungen beziehen sich auf den weiteren Ausbau der Potentiale im Bereich der Erneuerbaren Energien, welche in Kapitel 3.8 beschrieben werden.

Hierbei basiert die Berechnung der kommunalen Wertschöpfung auf der Annahme, dass die Wertschöpfungseffekte Planung/Installation, Anlagenbetrieb und Wartung/Instandhaltung zu 30% dem Stadtgebiet Amberg zugeordnet werden können. Die regionale Wertschöpfung durch die Steigerung des Wärmeabsatzes in den bestehenden Wärmenetzen wird hierbei nicht mit berücksichtigt.

In Summe kann durch das Ausschöpfen der Potentiale EE im Stadtgebiet Amberg eine jährliche kommunale Wertschöpfung in Höhe von rund 1.382.000 Euro/a generiert werden. Die Ergebnisse werden in Abbildung 36 grafisch verdeutlicht.

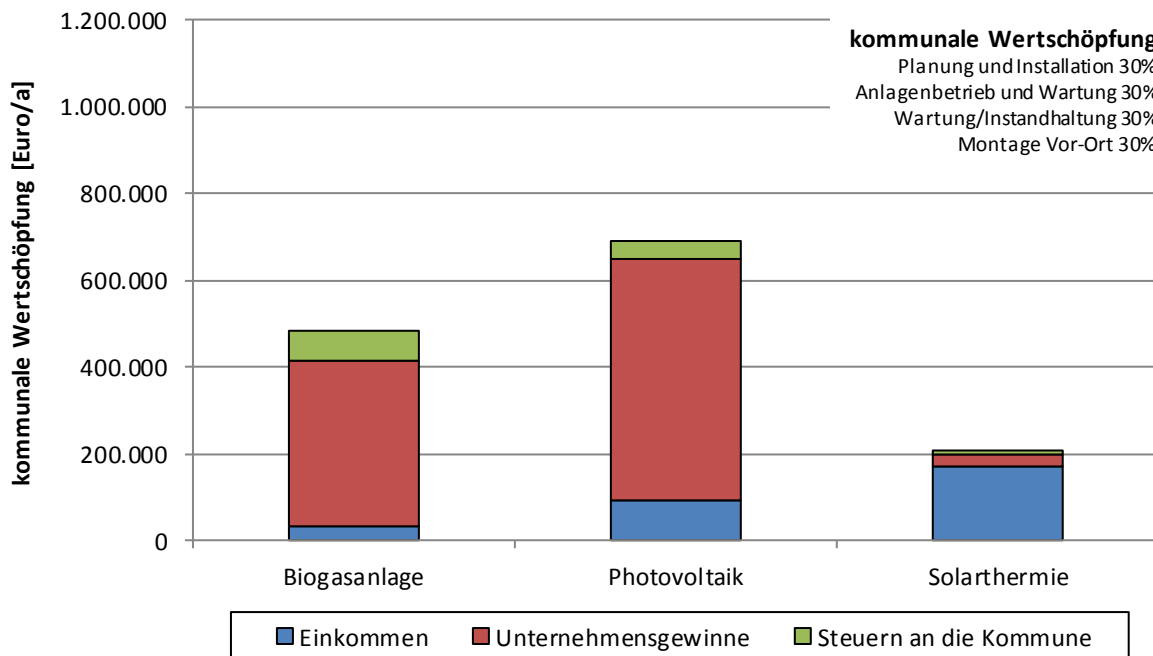


Abbildung 36: Die kommunale Wertschöpfung durch den Ausbau EE

7 Ausarbeitung eines Konzeptes zur Erstellung einer fortschreibbaren CO₂-Bilanz mit Controlling Konzept

Für die Erfolgskontrolle der grundlegenden und längerfristig definierten Klimaschutzziele, ist die Entwicklung eines Controlling-Konzeptes notwendig. Das grundsätzliche Ziel einer fortschreibbaren 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 im Stadtgebiet mit der Zeit verändern, bzw. wie sich die Emissionsreduktion einzelner Maßnahmen auswirkt.

Mit dem vorliegenden Klimaschutzkonzept wurde eine umfangreiche Ausgangsbasis bezüglich des Energieumsatzes (elektrischer und thermischer Energieverbrauch) und der CO₂-Emissionen in den betrachteten Verbrauchergruppen 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 und der Erdgasverbrauch der Stadt Amberg kann von den Stadtwerken aufgelistet nach Tarif und Sonderkunden ermittelt werden. Zudem muss ein eventueller Ausbau des Erdgas- und Fernwärmenetzes im Stadtgebiet berücksichtigt werden. Der Erdgasverbrauch in der Verbrauchergruppe „Industrie und Großgewerbe“ ist weiterhin von der wirtschaftlichen Lage abhängig, und daher entsprechend zu korrigieren.

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

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

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

Um eine fortschreibbare CO₂-Bilanz in der Verbrauchergruppe „Verkehr“ erheben zu können, ist der Bestand an zugelassenen Fahrzeugen im Stadtgebiet Amberg 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.

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

In Tabelle 28 sind die Kennzahlen des thermischen, elektrischen und mobilen Energiebedarfes im Stadtgebiet Amberg dargestellt, welche jährlich ermittelt werden können. Durch die Umsetzung der im Klimaschutzkonzept aufgezeigten Energieeffizienzmaßnahmen in den einzelnen Verbrauchergruppen kann durch Fortführung der dargestellten Kennzahlen eine Kontrolle der gewünschten Ziele erfolgen.

Tabelle 28: Die Kennzahlen des elektrischen, thermischen und mobilen Energieverbrauches

	gesamt [MWh/a]	pro Einwohner [kWh/EW*a]
elektrisch		
Stromverbrauch "gesamt"	266.485	6.098
Stromverbrauch "Private Haushalte und Kleingewerbe"	87.290	1.997
Stromverbrauch "Kommunale Liegenschaften"	11.350	260
Stromverbrauch "Industrie und Großgewerbe"	167.845	3.841
thermisch		
Endenergieverbrauch thermisch "gesamt"	653.639	14.957
Endenergieverbrauch thermisch "Private Haushalte und Kleingewerbe"	407.056	9.315
Endenergieverbrauch thermisch "Kommunale Liegenschaften"	18.460	422
Endenergieverbrauch thermisch "Industrie und Großgewerbe"	228.123	5.220
mobil		
Endenergie "Verkehr"	376.004	8.604

In Tabelle 29 sind verschiedene Kennzahlen aufgeführt, anhand derer der Ausbau an Erneuerbaren Energien im Stadtgebiet kontrolliert werden kann. Zudem kann der direkte Vergleich mit anderen Kommunen über Internetplattformen wie z.B. der sogenannten Solarbundesliga erfolgen (www.solarbundesliga.de).

Tabelle 29: Die Kennzahlen zur Kontrolle des Ausbaues an Erneuerbaren Energien

	gesamt		pro Einwohner	
	Endenergie elektrisch [MWh/a]	Endenergie thermisch [MWh/a]	Endenergie elektrisch [kWh/EW*a]	Endenergie thermisch [kWh/EW*a]
Photovoltaik	4.744	-	109	-
Solarthermie	-	1.900	-	43
Biomasse (KWK, Energieholz)	4.893	21.705	112	497
Biogas	821	821	19	19
Wasserkraft	162	-	4	-

Zudem sollte regelmäßig die Gesamtbilanz im Stadtgebiet anhand der Kennzahlen zur Ermittlung des Pro-Kopf Ausstoßes an CO₂ und an Primärenergie durchgeführt werden. Die Kennzahlen sind in Tabelle 30 dargestellt.

Tabelle 30: Die Kennzahlen zur Fortführung der Gesamtbilanz im Stadtgebiet

	gesamt	pro Einwohner
CO ₂ -Emissionen	448.381 [t/a]	10,3 [t/EW*a]
Primärenergiebedarf	1.779.000 [MWh/a]	41 [MWh/EW*a]

8 Ausarbeitung eines Konzeptes zur Öffentlichkeitsarbeit

Ermittlung der vorhandenen Strukturen und bisherigen Aktivitäten

Eine effektive Umsetzung der im integrierten 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. In der Stadt Amberg sind bereits Akteure tätig, die im Zuge der Fortführung und Umsetzung des Klimaschutzkonzeptes mit eingebunden werden sollten. Nachfolgend werden die beteiligten Akteure aufgeführt, welche bereits aktiv sind:

- Stadtwerke Amberg
- Stadt Amberg
- Solar Energie Förderverein Amberg, etc.
- HAW Hochschule Amberg-Weiden
- ATZ Entwicklungszentrum
- IHK
- HWK

Die Stadt Amberg und die Region Amberg-Sulzbach kann im Bereich der erneuerbaren Energien & Umwelttechnik auf kontinuierlich gewachsenes Know-how verweisen.

Die Stadtwerke Amberg bieten die Möglichkeit, sich bei einem persönlichen Beratungsgespräch mit dem Energieberater der Stadtwerke Amberg zu energietechnischen Themen wie z.B. der Gebäudesanierung oder der Heizungsumrüstung zu informieren (siehe Kapitel 3.1.5). Zudem planen und betreuen die Stadtwerke bereits heute die Umsetzung von Klimaschutzaktivitäten, z.B. der energetischen Optimierung von Bestandsgebäuden oder dem Einsatz der Kraft-Wärme-Kopplung.

Die Zielgruppen und Ziele der Öffentlichkeitsarbeit

Die Vernetzung und Bewusstseinsbildung ist dringend erforderlich, um die gemeinsamen Ziele im Klimaschutz erreichen zu können. Nur durch die Einbindung und regelmäßige Information der beteiligten Personen in den kommunalen Liegenschaften sowie der Öffentlichkeit sind die dargestellten Maßnahmenpakete realisierbar.

Zielgruppen für die Öffentlichkeitsarbeit im vorliegenden Klimaschutzkonzept sind:

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

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 anbieten

Beratungsbedarf hinsichtlich Gesetzen, Verordnungen und Fördermöglichkeiten besteht bei Bürgern, Kunden und Mietern, Hauseigentümern und Unternehmen. Diese Beratung bieten bereits beispielsweise die Stadtwerke Amberg und andere an (siehe Kapitel 3.1.5).

Weitere Handlungsanreize schaffen

Die Öffentlichkeitsarbeit des Klimaschutzkonzeptes sollte Anreize zu klimagerechtem Handeln u. a. durch Informationsbereitstellung schaffen.

Desweiteren sollten finanzielle Anreize geschaffen werden. Dies können Mittel Dritter wie EEG, KWKG, KfW, etc. sein (z.B. durch bestehende Bürger-Beteiligungsanlagen). Darüber hinaus könnte die Stadt Vergünstigungen bei der Grund- und Gewerbesteuer für klimafreundliches Verhalten beschließen, und besondere Projekte im privaten Bereich (z.B. durch eine grüne Hausnummer) auszeichnen.

Die Stadtwerke Amberg als zentrale Stelle der Energiewende

Einer **zentralen Stelle der Energiewende** kommt eine wichtige Rolle zum Erreichen der gesetzten Klimaschutzziele zu. Diese Stelle wird bereits durch die Energieberatung der Stadtwerke Amberg besetzt. Von hier aus sollten insbesondere Aufklärungsarbeit, Werbeaktionen und Beratungsdienstleistungen weiterhin koordiniert werden. Die Aufgaben können wie folgt zusammengefasst werden:

- Büro als „physikalische“ Anlaufstelle
- Webseite als Kommunikationsplattform
- Vorträge und Veranstaltungen
- Infobroschüren

Auf der **Beratungsebene** wird bereits folgendes Angebot abgedeckt:

- Sanierung von Bestandsgebäuden (kommunal und privat)
- Planung neuer Gebäude (Erneuerbaren Energien Wärmegesetz)
- Überblick möglicher Förderungen und Kreditvergünstigungen
- Energiesparende Geräte und Verbraucher im Haushalt
- Richtiges Nutzerverhalten (Stand-by-Verbraucher, Schimmelvermeidung / Wohnklima)

9 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des integrierten Klimaschutzkonzeptes für die Stadt Amberg wurde ausgehend von einer umfangreichen Bestandsanalyse in den Verbrauchergruppen Private Haushalte und Kleingewerbe, kommunale Liegenschaften, Industrie und Großgewerbe und Verkehr die Energieverbrauchsstruktur im Stadtgebiet ermittelt. Als Ergebnis wurde der Endenergieumsatz in den einzelnen Verbrauchergruppen mit den bereits genutzten Anteilen an erneuerbaren Energieträgern dargestellt. Darauf aufbauend konnte der Primärenergieumsatz und der CO₂- Ausstoß im Ist-Zustand berechnet werden. Insgesamt werden derzeit jährlich rund 1.290.925 MWh Endenergie verbraucht, die sich in rund 653.639 MWh thermische Energie, rund 261.282 MWh elektrische Energie sowie rund 376.004 MWh Endenergie für den Verkehr aufteilen. Mit dem Anteil bereits genutzter erneuerbarer Energieträger ergibt sich ein Primärenergieumsatz von 1.779.000 MWh im Jahr, wodurch insgesamt ein Ausstoß von rund 448.400 Tonnen CO₂ pro Jahr resultiert. Die Situationsanalyse stellt somit die Basis für das weitere Vorgehen in einer Potentialbetrachtung zur Reduzierung des CO₂- Ausstoßes dar.

Die Minderung der energiebedingten CO₂- Emissionen muss grundsätzlich über mehrere Wege und Ansatzpunkte betrachtet werden. Der CO₂- Ausstoß kann teilweise durch die Substitution bisheriger Energieträger (z.B. fossile Energieträger wie Heizöl) durch erneuerbare Energieträger reduziert werden, die zum Großteil CO₂- neutrale Energie bereitstellen. Da das Potential der Substitution allerdings durch natürliche Randbedingungen (geographische Lage, verfügbare Flächen) begrenzt ist, muss ein wesentlicher Schritt zur Senkung der Emissionen über die Energieeffizienz erfolgen, indem der Energiebedarf bzw. der Energieverbrauch in jetziger Form reduziert wird.

Die Maßnahmen zur Verbrauchsreduzierung sind vor allem im Bereich der Wärmedämmung an Gebäuden, durch Steigerung der Energieeffizienz unter dem Einsatz neuer Technik sowie einer an den tatsächlichen Bedarf angepassten, optimierten Betriebsweise zu suchen.

Durch die beschriebenen Effizienzsteigerungs- und Einsparmaßnahmen in den einzelnen Verbrauchergruppen könnte der CO₂- Ausstoß in Summe um ca. 129.900 Tonnen im Jahr reduziert werden. In den einzelnen Verbrauchergruppen könnten die Privaten Haushalte eine Reduktion von 46.100 t/a, die kommunalen Liegenschaften eine Reduktion in Höhe von 2.900 t/a, der Sektor Gewerbe/Industrie 48.600 t/a, sowie der gesamte Verkehrsbereich eine Reduktion von 32.300 t/a dazu beitragen. Der CO₂- Ausstoß kann dadurch um 28 % gegenüber dem derzeitigen Ausstoß gesenkt werden.

In der Potentialbetrachtung wurden zum einen Möglichkeiten in den einzelnen Verbrauchergruppen aufgezeigt, wie der Energieverbrauch reduziert werden kann, zum anderen wurden parallel dazu die Potentiale zum Ausbau der erneuerbaren Energien quantifiziert. Anhand der natürlichen Gegebenheiten im Stadtgebiet Amberg ergeben sich Potentiale zur Nutzung erneuerbarer Energien insbesondere im Bereich der Landwirtschaft (z.B. Biogasnutzung) oder der solaren Strahlungsenergie.

Ein Minderungspotential von rund 20.100 Tonnen CO₂ pro Jahr ergibt sich, wenn der Einsatz der fossilen Energieträger (hauptsächlich Heizöl) durch den vorgeschlagenen weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien durch regenerative Energieträger substituiert wird. Das weitere Ausbaupotential an elektrischer Energie wurde mit ca. 23.200 MWh/a ausgewiesen, wodurch sich ein CO₂- Minderungspotential von 13.771 Tonnen pro Jahr ergibt. Weitere 6.284 Tonnen CO₂ lassen sich durch den Ausbau Erneuerbarer Energien im Bereich der thermischen Nutzung einsparen. Das Gesamteinsparpotential gegenüber dem Ausgangszustand liegt bei ca. 4 %.

Anhand der dargelegten Möglichkeiten zur Energieeinsparung und zum Ausbau der Erneuerbaren Energien wurde für alle Verbrauchergruppen ein abgestimmter Maßnahmenkatalog mit konkreten Handlungsempfehlungen entwickelt und dargestellt.

In Summe könnten bei Umsetzung der ausgearbeiteten Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung in den Verbrauchergruppen „private Haushalte“ und „kommunale Liegenschaften“ rund 49.800 Tonnen CO₂ eingespart werden. Die Investitionskosten hierfür würden sich auf rund 303.000.000 Euro belaufen. Dies entspricht klimaschutzbedingten Investitionen in Höhe von rund 6.090 Euro pro Tonne CO₂.

Durch Investitionen in die Anlagentechnik (ohne Brennstoffaufbereitung) für den Ausbau und die Nutzung der ausgewiesenen Potentiale erneuerbarer Energieträger zur Minderung der CO₂- Emissionen ergeben sich Gesamtinvestitionskosten in Höhe von rund 58.500.000 Euro. Bei einem jährlichen Einsparpotential von ca. 20.100 Tonnen CO₂ liegen die absoluten spezifischen Investitionskosten für die Einsparung bei rund 2.900 Euro pro Tonnen CO₂.

Zudem wurde die regionale Wertschöpfung durch den konsequenten Ausbau der beschriebenen Potentiale an Erneuerbaren Energien ermittelt. Die jährliche kommunale Wertschöpfung beläuft sich hierbei auf rund 1.382.000 Euro.

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

Die Festlegung von konkreten Zielen für die Steigerung der Energieeffizienz und den Ausbau Erneuerbarer Energien wird als zentrale Aufgabe für den Klimaschutz in Amberg gesehen. Die Stadt ist demnach gefragt, ambitionierte aber realistische Ziele im Klimaschutz auszuweisen und diese aktiv anzugehen. Sie spielt im Klimaschutz eine entscheidende Vorreiterrolle und sollte deshalb auch eine Vorbildfunktion bei der Umsetzung einnehmen.

Das Ziel sollte sein, mit umsetzbaren Musterbeispielen (z.B. Demonstrationsvorhaben, Modellsanierungen kommunaler Liegenschaften, größte Effizienz elektrischer Antriebe und Beleuchtung) den privaten Haushalten und Betrieben voranzugehen und diesen zu zeigen, dass Klimaschutz ökologisch und ökonomisch funktioniert.

Durch die Möglichkeit von finanziellen Beteiligungen der Bürger und regionaler Betriebe an gemeinschaftlichen Betreiberanlagen (Wind, Photovoltaik) bzw. den Einsatz regionaler Rohstoffe und Energieträger werden die regionale Wertschöpfung bereits heute erheblich gestärkt und Arbeitsplätze gesichert. Hierbei liegen in der Stadt Amberg mit den bereits vorhandenen Strukturen (Bürger-Photovoltaikanlagen; Fernwärmenetze der Stadtwerke Amberg) im Vergleich zu anderen Kommunen und Städten sehr gute Grundlagen für eine weitere Optimierung.

In Anbetracht der Gegenüberstellung aus der derzeitigen Situationsanalyse und den aufgezeigten Potentialen kann eine Versorgung mit erneuerbaren Energien „aus dem eigenen Stadtgebiet“ im elektrischen Bereich bis zum Jahr 2030 zu rund 15% erfolgen.

Die Maßnahmen im Bereich der umfassenden Gebäudesanierungen werden demgegenüber als schwieriger in der Umsetzung gesehen. Da sich bei der Betrachtung der Wirtschaftlichkeit lange Amortisationszeiträume der Gebäudesanierung ergeben, ist hierbei im Altbau meist eine Generationen übergreifende Planung und Weitsicht erforderlich.

Für eine Erfolgskontrolle bei der Ausführung des Klimaschutzes kann ein Controlling-System mit einer fortschreibbaren CO₂- Bilanzierung eine wertvolle Basis bilden.

10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Das Stadtgebiet Amberg	10
Abbildung 2: Das Stadtgebiet, aufgeteilt nach Nutzungsarten	11
Abbildung 3: Die Bevölkerungsentwicklung im Zeitraum von 1950 bis 2009	12
Abbildung 4: Entwicklung der in Betrieb genommenen PV-Anlagen	18
Abbildung 5: Der Endenergiebedarf in der Verbrauchergruppe „Private Haushalte und Klein- gewerbe“	24
Abbildung 6: Der Endenergiebedarf in der Verbrauchergruppe „Kommunale Liegenschaften“	25
Abbildung 7: Der prozentuale Stromverbrauch der kommunalen Liegenschaften	26
Abbildung 8: Der prozentuale Wärmebedarf der kommunalen Liegenschaften.....	27
Abbildung 9: Der Endenergiebedarf in der Verbrauchergruppe „Industrie und Großgewerbe“	28
Abbildung 10: Die prozentuale Verteilung des mobilen Endenergiebedarfes	32
Abbildung 11: Übersicht des Endenergiebedarfes in den einzelnen Verbrauchergruppen	33
Abbildung 12: Die Gesamtenergiebilanz im Ist-Zustand	35
Abbildung 13: Installation einer Photovoltaikanlage auf dem Werkstattgebäude (134 kW _p) ..	38
Abbildung 14: Anzahl der durchgeführten Energieberatungen, Energieausweise bzw. Thermographie-Aufnahmen.....	39
Abbildung 15: Die prognostizierte Entwicklung der Einwohnerzahlen in Amberg	42
Abbildung 16: Die Veränderung der Altersgruppenstruktur im Betrachtungsgebiet.....	43
Abbildung 17: Auszug aus dem Regionalplan Oberpfalz-Nord (Stand: Dezember 2009).....	44
Abbildung 18: Die Aufteilung des Endenergiebedarfes in den privaten Haushalten [10]	45
Abbildung 19: Die Baualtersstruktur der Wohnungen im Stadtgebiet Amberg	48
Abbildung 20: Die Potentialbetrachtung der energetischen Sanierung von Bestandsgebäuden	49
Abbildung 21: Die Energieeffizienz verschiedener Leuchtmittel [12]	55
Abbildung 22: Die Einsparpotentiale im Bereich der Beleuchtung [15].....	66
Abbildung 23: Die Aufteilung der CO ₂ -Emissionen in der Verbrauchergruppe Verkehr aufgelistet nach den verschiedenen Fahrzeugarten	69
Abbildung 24: Die Stadtlinien Amberg [16]	70
Abbildung 25: Die Möglichkeiten der Nutzung erneuerbarer Energiequellen	73

Abbildung 26: Die Abgrenzung der Potentialbegriffe	74
Abbildung 27: Die Aufteilung der energetischen und stofflichen Verwertung von Holz.....	76
Abbildung 28: Das Geothermiepotential im Bundesland Bayern [19].....	90
Abbildung 29: Gegenüberstellung des elektrischen Endenergiebedarfes Ist – Ziel 2030	96
Abbildung 30: Gegenüberstellung des thermischen Endenergiebedarfes Ist – Ziel 2030.....	98
Abbildung 31: Gegenüberstellung des mobilen Endenergiebedarfes Ist – Ziel 2030.....	100
Abbildung 32: Die CO ₂ -Minderungspotentiale im Stadtgebiet Amberg.....	101
Abbildung 33: Entwicklung des elektrischen Energiebedarfes und –potentials	104
Abbildung 34: Entwicklung des thermischen Energieverbrauchs und –potentials	105
Abbildung 35: Möglicher Fernwärmeausbau im Umfeld des ehemaligen Bürgerspitals	117
Abbildung 36: Die minimale/maximale kommunale Wertschöpfung durch den Ausbau EE.126	
Abbildung 37: Die geometrischen Daten des Mustergebäudes.....	142
Abbildung 38: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse I im Ist-Zustand.....	143
Abbildung 39: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse I im modernisierten Zustand	144
Abbildung 40: Die Verteilung des Stromverbrauchs im Bereich der Elektromotoren [15]	145
Abbildung 41: Der Vergleich eines herkömmlicher und optimierten elektrischen Antriebs [15]	146
Abbildung 42: Der Aufbau eines Druckluftsystems [22]	147
Abbildung 43: Der schematische Aufbau einer Kälteanlage [15].....	149
Abbildung 44: Die CO ₂ -Emissionen verschiedener Kraftstoffarten [20].....	150
Abbildung 45: Die maximal möglichen Einsparpotentiale beim Kraftstoffverbrauch [20]	152
Abbildung 46: Die unterschiedlichen Reichweiten mit verschiedenen Batterietypen [20]	153

11 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verteilung der Stadtfläche nach Nutzungsart [2]	11
Tabelle 2: Die betrachteten kommunalen Liegenschaften	14
Tabelle 3: Übersicht der regenerativen Stromerzeugung im Stadtgebiet Amberg	22
Tabelle 4: Die bestehenden KWK-Anlagen im Stadtgebiet Amberg.....	23
Tabelle 5: Übersicht der regenerativen Wärmenutzung im Stadtgebiet Amberg	23
Tabelle 6: Der Stromverbrauch der kommunalen Liegenschaften	26
Tabelle 7: Der Wärmebedarf der kommunalen Liegenschaften	27
Tabelle 8: KFZ Zulassungszahlen im Stadtgebiet Amberg (Stand 28.02.2011)	29
Tabelle 9: Die durchschnittliche Fahrleistung nach Fahrzeugart [6].....	29
Tabelle 10: Der durchschnittliche Verbrauch nach Fahrzeug-/ und Antriebsart [7].....	30
Tabelle 11: Der Endenergiebedarf der landwirtschaftlichen Zugmaschinen.....	30
Tabelle 12: Der Endenergieverbrauch des Sektors Verkehr im Betrachtungsgebiet.....	32
Tabelle 13: Der Endenergieverbrauch im Ist-Zustand.....	33
Tabelle 14: Die CO ₂ -Äquivalente und Primärenergiefaktoren der konventionellen Energieträger	34
Tabelle 15: Die Aufteilung der Bauteile des Gebäudes mit den zugehörigen Flächen	47
Tabelle 16: Die Straßenbeleuchtung im Ist-Zustand	55
Tabelle 17: Energieeinsparpotentiale der Straßenbeleuchtung im Stadtgebiet	56
Tabelle 18: Einsparpotential durch Umrüstung der Ampelanlagen	57
Tabelle 19: Die Kennwerte der Kläranlage Theuern [Stadt Amberg; eigene Darstellung]	58
Tabelle 20: Energieeffizienzsteigerung in der Maschinen-, Anlagen- und Antriebstechnik [15, eigene Darstellung].....	65
Tabelle 21: Übersicht der Energiebereitstellungspotentiale aus Holz.....	78
Tabelle 22: Erst-, bzw. Zweitkulturen im Energiepflanzenanbau	80
Tabelle 23: Übersicht der Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz.....	92
Tabelle 24: Übersicht der Potentiale an Erneuerbarer Energien im Stadtgebiet Amberg	93
Tabelle 25: Die zu installierenden Anlagen zum Ausschöpfen der Potentiale an Erneuerbaren Energien.....	94
Tabelle 26: Prognostizierte Investitionskosten für die Steigerung der Energieeffizienz in den einzelnen Verbrauchergruppen	122
Tabelle 27: Die Investitionskosten für den Ausbau der Erneuerbaren Energien.....	123

Tabelle 28: Die Kennzahlen des elektrischen, thermischen und mobilen Energieverbrauches	129
Tabelle 29: Die Kennzahlen zur Kontrolle des Ausbaues an Erneuerbaren Energien.....	130
Tabelle 30: Die Kennzahlen zur Fortführung der Gesamtbilanz im Stadtgebiet	130
Tabelle 31: Die Übersicht der U-Werte der einzelnen Bauteile	143
Tabelle 32: Vergleich der U-Werte der einzelnen Bauteile im Ist- und im modernisierten Zustand	144
Tabelle 33: Immissionsrichtwerte für verschiedene Baugebietstypen	155
Tabelle 34: Zuschläge für Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit	156

12 Literaturverzeichnis

- [1] www.amberg.de; Zugriff am 24. April 2011
- [2] Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung; Statistik kommunal - Stadt Amberg; 2010.
- [3] www.solaratlas.de; Zugriff am 24. April 2011
- [4] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Erneuerbare Energien in Zahlen – Nationale und internationale Entwicklung; Berlin 2009
- [5] Öko Institut e.V.; ÖPNV und Klimaschutz in Schleswig-Holstein; Berlin 2009
- [6] Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung; Verkehr in Zahlen 2009/2010; Berlin 2010
- [7] <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:114:0064:0064:DE:PDF>; Zugriff am 09. August 2011
- [8] Demographie-Spiegel für Bayern; Stadt Amberg; Oktober 2010
- [9] <http://www.oberpfalz-nord.de>; Stand: Dezember 2009; Zugriff am 21. November 2011
- [10] VDEW 2002; Final energy consumption 2002; electricity, oil, gas, coal, etc.
- [11] http://www.enef-haus.de/fileadmin/ENEFH/redaktion/PDF/Befragung_EnefHaus.pdf; Zugriff am 13. Juli 2011
- [12] www.licht.de; ZVEI; Zugriff am 14. September 2010
- [13] Energieeinsatz auf Kläranlagen in Mecklenburg-Vorpommern; Schwerin 2009
- [14] ATZ Entwicklungszentrum Sulzbach-Rosenberg; Optimierte Gaserzeugung auf der KA Theuern; Mai 2008
- [15] Bayerisches Landesamt für Umwelt; Leitfaden für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe; Augsburg 2009
- [17] http://www-static.shell.com/static/deu/downloads/aboutshell/our_strategy/mobility_scenarios/shell_mobility_scenarios_short_de.pdf; Zugriff am 25. Juli 2011
- [18] Quaschnig, V; Systemtechnik einer klimaverträglichen Elektrizitätsversorgung in Deutschland für das 21. Jahrhundert; Düsseldorf 2000
- [19] Geothermieprojekte; www.geothermieprojekte.de; Zugriff am 09 August.2011
- [20] www.klimaaktiv.at/energieautarkie; Zugriff am 09. August 2011
- [21] Institut für ökologische Wirtschaftsforschung; „Kommunale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien“; 2010
- [22] Bayerisches Landesamt für Umweltschutz; Effiziente Druckluftsysteme; 2004
- [23] ADAC Zukunftstechnologien - Was uns morgen antreiben wird; München 2009

13 Anhang

13.1 Energetische Bewertung eines Mustergebäudes

Nachfolgend ist die Berechnung der Heizenergieeinsparung an einem Mustergebäude der Baualterklasse I dargestellt.

In Abbildung 34 sind die für das Mustergebäude geltenden geometrischen Daten aufgezeigt.

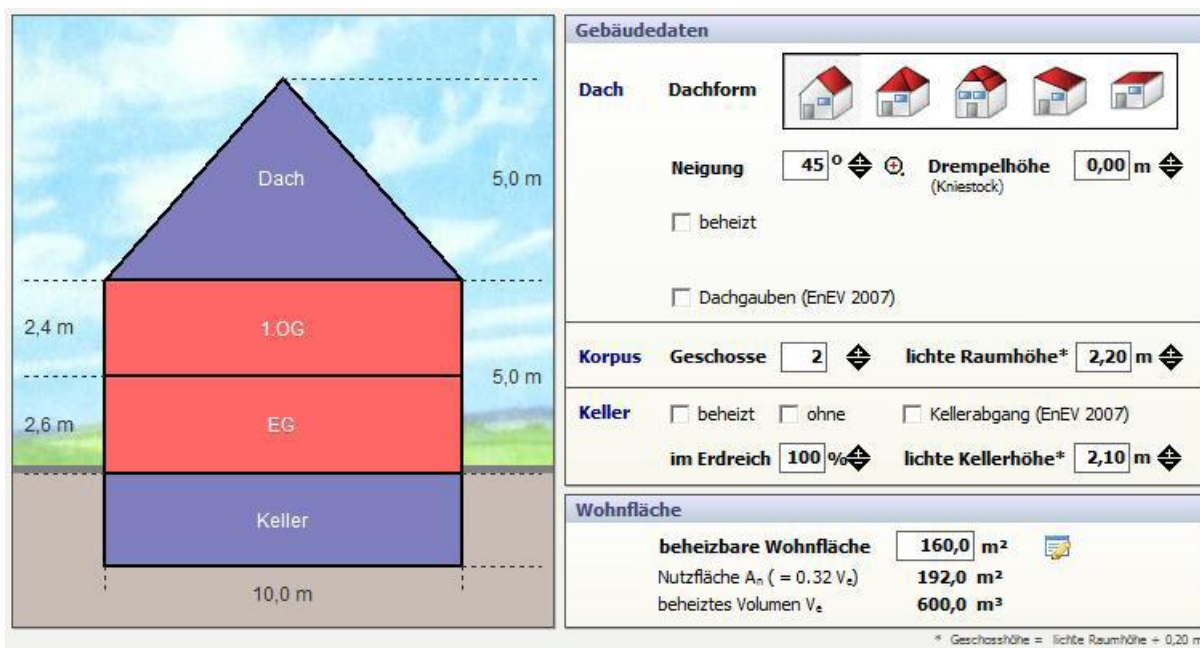


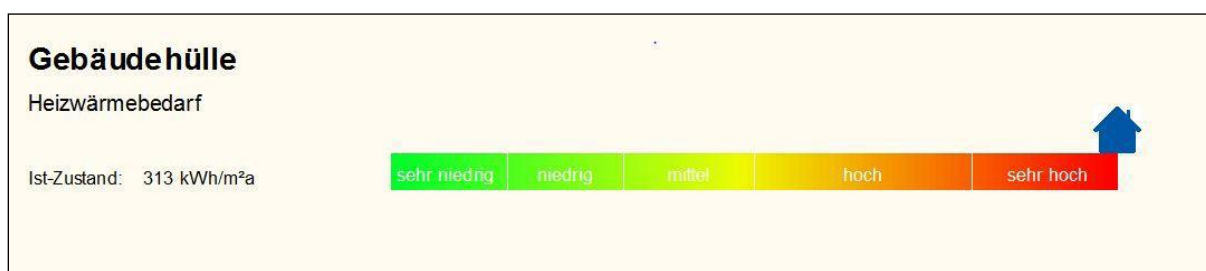
Abbildung 37: Die geometrischen Daten des Mustergebäudes

Die Bewertung des Mustergebäudes der Baualterklasse I 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 29 sind die typischen U-Werte verwendeter Bauteile der Gebäudehülle für die Baualterklasse I dargestellt.

Tabelle 31: Die Übersicht der U-Werte der einzelnen Bauteile

Bauteil	U-Wert Ist-Zustand [W/m ² *K]
oberste Geschossdecke	2,3
Außenwand	2
Einfachverglasung	5
Kellerdecke	1,2

Abbildung 35 zeigt die Einordnung des Heizwärmebedarfs für das Mustergebäude der Baualterklasse I. Der Heizwärmebedarf im Ist-Zustand beträgt rund 310 kWh/m²*a.

**Abbildung 38: 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 32 sind die U-Werte im Ist-Zustand und nach der Sanierungsmaßnahme für die einzelnen Bauteile dargestellt.

Tabelle 32: Vergleich der U-Werte der einzelnen Bauteile im Ist- und im modernisierten Zustand

Bauteil	U-Wert Ist-Zustand [W/m2*K]	U _{max} nach EnEV [W/m2*K]	U-Wert nach Sanierung [W/m2*K]
oberste Geschossdecke	2,3	0,24	0,2
Außenwand	2	0,24	0,22
Einfachverglasung	5	1,3	1,3
Kellerdecke	1,2	0,3	0,26

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen energetischen Sanierungsmaßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf für Heizwärme um 79 %. In Abbildung 39 ist die Veränderung des Heizwärmebedarfs des Mustergebäudes der Baualterklasse I vor und nach der Sanierung dargestellt.

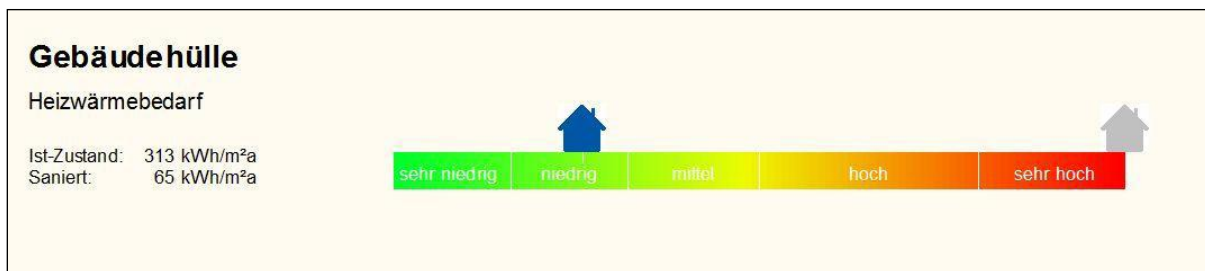


Abbildung 39: Der Heizwärmebedarf der Baualterklasse I im modernisierten Zustand

Der Endenergiebedarf zur Heizwärmeerzeugung beträgt im Ist- Zustand rund 61 MWh_{End} pro Jahr und reduziert sich durch die Sanierung der Gebäudehülle auf rund 13 MWh_{End}. Es ergibt sich somit eine jährliche Einsparung von rund 47 MWh_{End} unter der Voraussetzung des gleichen Nutzerverhaltens und der gleichen Klimabedingungen.

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

13.2 Reduzierung bzw. Effizienzsteigerung im Stromverbrauch der Maschinen-Anlagen- und Antriebstechnik im Sektor Industrie

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

Die möglichen Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung im Bereich der Maschinen-, Anlagen und Antriebstechnik werden nachfolgend beschrieben.

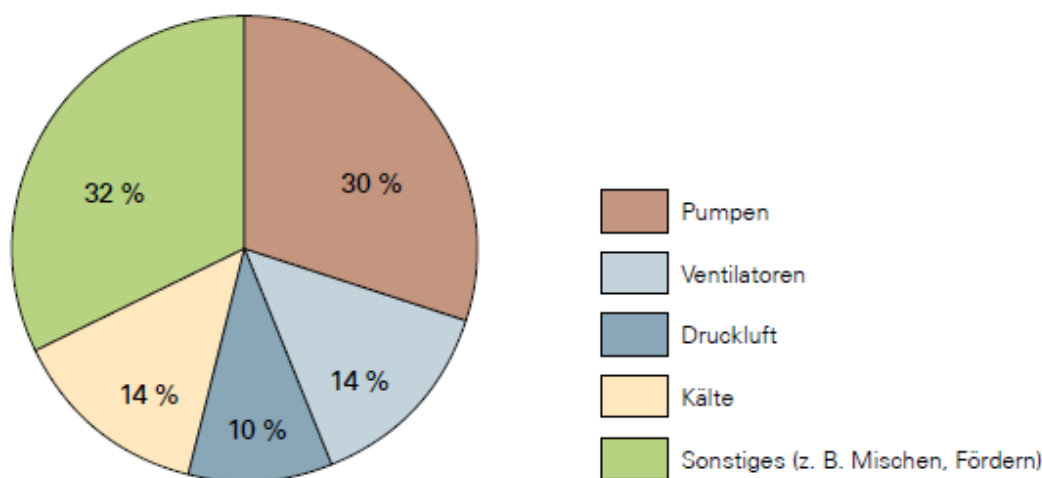


Abbildung 40: Die Verteilung des Stromverbrauchs im Bereich der Elektromotoren [15]

Vorab sollte erwähnt werden, dass sich Elektromotoren allgemein in drei Effizienzklassen unterteilen. Diese Aufteilung geschieht anhand des Aspekts des Wirkungsgrades des Elektromotors und gliedert sich in die folgenden Klassen:

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

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

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

In Abbildung 41 wird ein elektrischer Antrieb in herkömmlicher und in optimierter Ausführung miteinander verglichen.

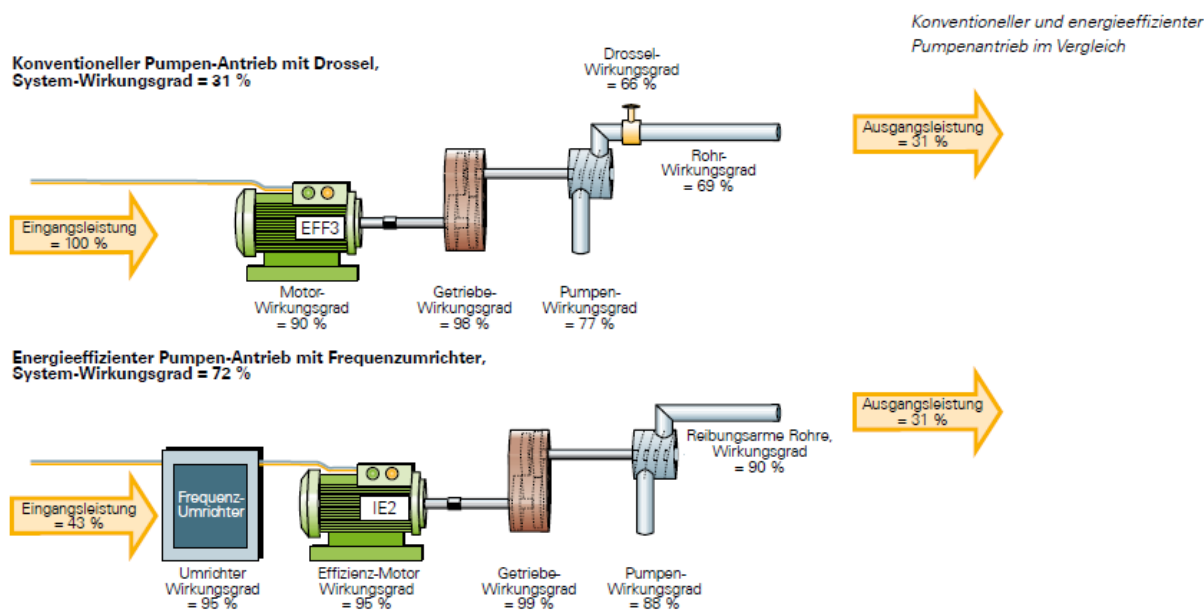


Abbildung 41: Der Vergleich eines herkömmlicher und optimierten elektrischen Antriebs [15]

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

Druckluftsysteme

In Industrie- und Gewerbe/Handwerksbetrieben liegt der jährliche Energiebedarf für Druckluft bei durchschnittlich 10 Prozent des Strombedarfs. In Abbildung 42 ist ein grober schematischer Aufbau eines Druckluftsystems dargestellt.

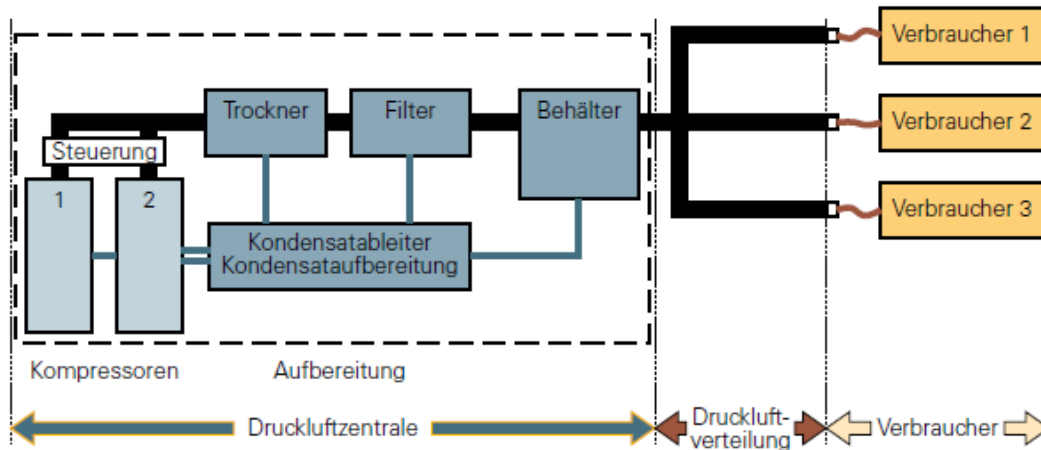


Abbildung 42: Der Aufbau eines Druckluftsystems [22]

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

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

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

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

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

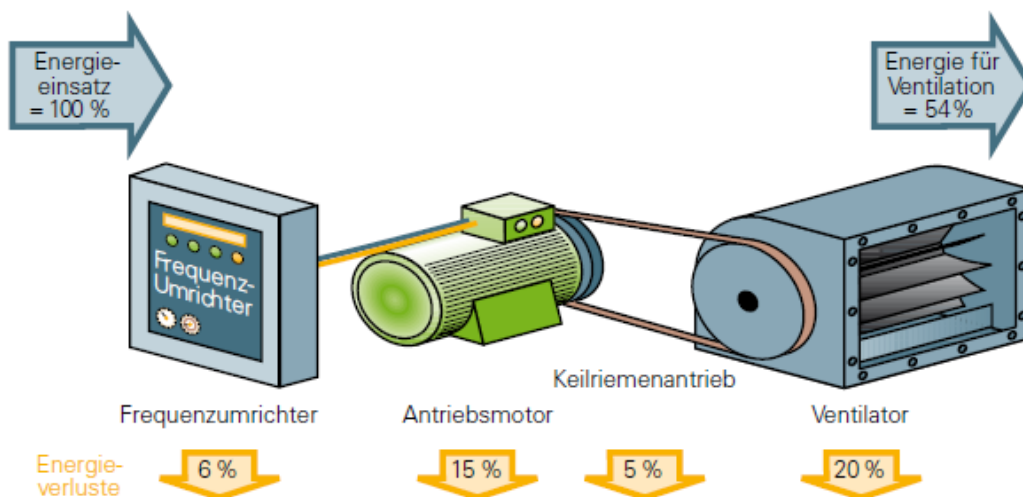


Abbildung 43: Der schematische Aufbau einer Kälteanlage [15]

In Abbildung 43 ist der schematische Aufbau einer Kälteanlage dargestellt. Durch die einzelnen Anlagenkomponenten eines solchen Systems entstehen Verluste von rund 45 Prozent. Die häufigsten Maßnahmen zur Effizienzsteigerung sind:

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

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

13.3 Wissenschaftliche Erkenntnisse und Zukunftsszenarien im Sektor Verkehr

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

Umstieg auf alternative Treibstoffe

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

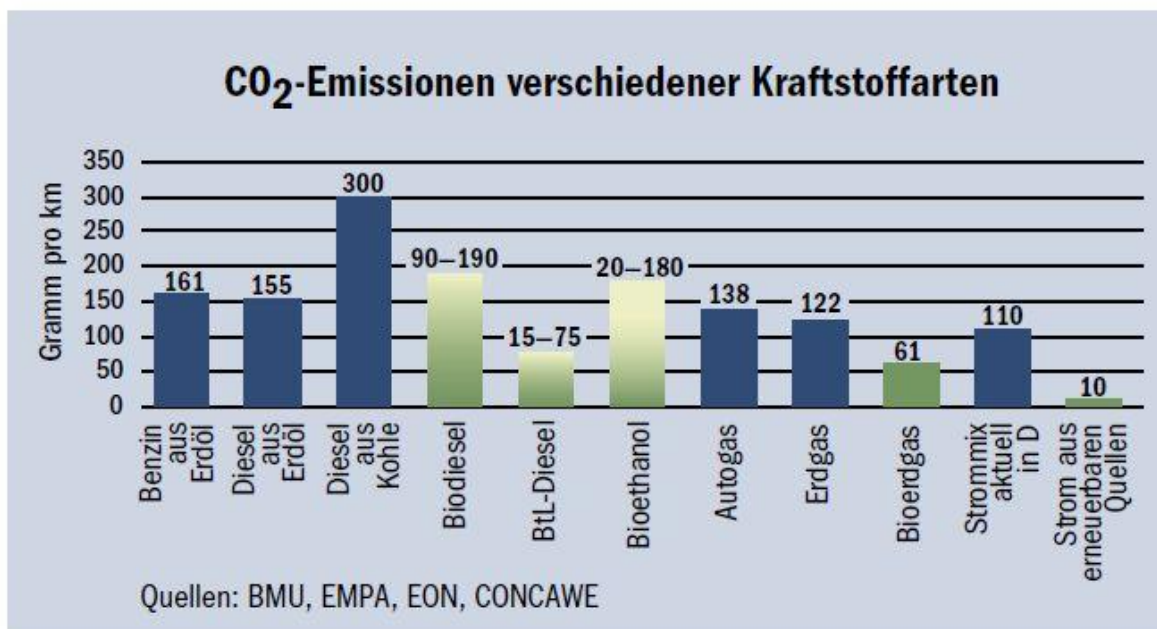


Abbildung 44: Die CO₂-Emissionen verschiedener Kraftstoffarten [20]

In Abbildung 44 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 Dieselsechnologie geleistet. Eine bedeutende Entwicklung dieser Technologie war die Einführung des Common-Rail-Systems.

In Zukunft jedoch bietet der Ottomotor wahrscheinlich die größten Einsparpotentiale hinsichtlich des Kraftstoffverbrauchs und des daraus resultierenden 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 Abbildung 45 sind die Einsparpotentiale der verschiedenen Möglichkeiten dargestellt.

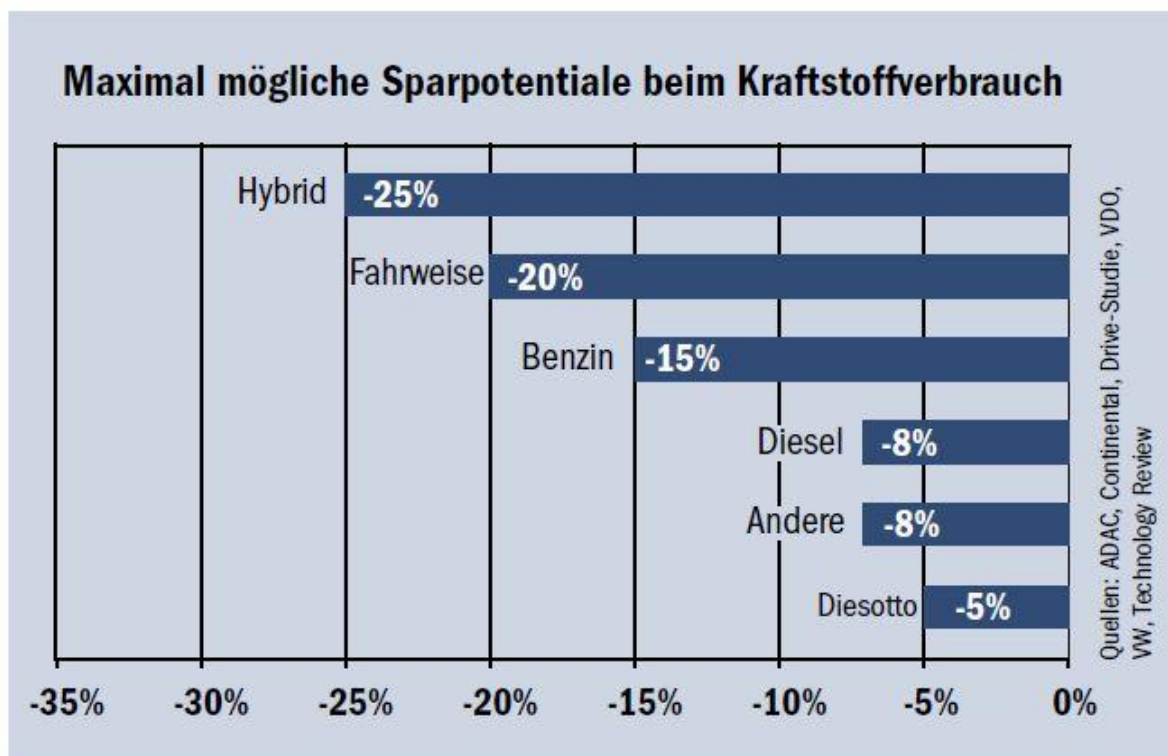


Abbildung 45: Die maximal möglichen Einsparpotentiale beim Kraftstoffverbrauch [20]

Wasserstofftechnik

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

Wasserstoff kommt in der Natur aber nur in gebundener Form vor – d.h. er muss erst unter hohem Energieeinsatz gewonnen werden. Ein wesentlicher Beitrag zur Reduzierung der 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.

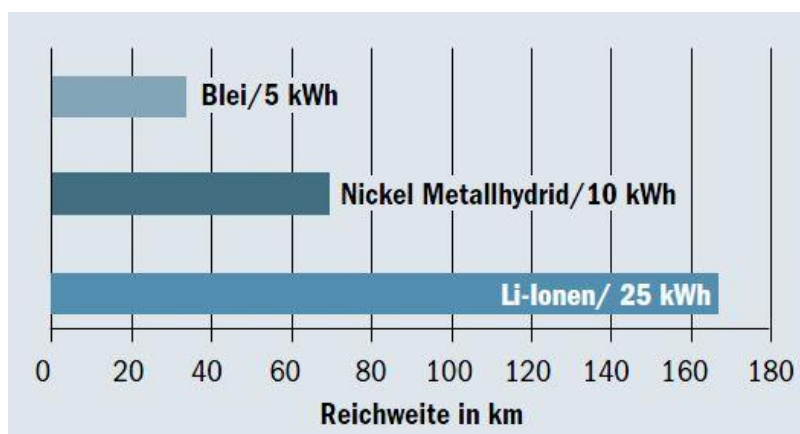


Abbildung 46: Die unterschiedlichen Reichweiten mit verschiedenen Batterietypen [20]

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 44 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 in Bezug auf das Mehrgewicht oder den Batterieverbrauch positiv gelöst werden.

13.4 Die aktuellen Gesetze und Richtlinien zum Bau einer Windkraftanlage (Stand 2011)

Nachfolgend werden die aktuell (Stand 2011) gültigen Gesetze und Richtlinien zum Bau einer Windkraftanlage ausführlich beschrieben.

Immissionsschutz (Lärm, Schattenwurf)

Windenergieanlagen sind nach den Grundsätzen der Technischen Anleitung zum Schutz gegen **Lärm** (TA Lärm) zu beurteilen. Die Verwaltungsvorschrift konkretisiert den Begriff der schädlichen Umwelteinwirkung durch Geräuschimmissionen. Gemäß Nr. 3.2.1 der TA Lärm ist im Allgemeinen der Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geräusche sichergestellt, wenn die Gesamtbelastung am maßgeblichen Immissionsort die nach Gebietskategorien gestaffelten Immissionsrichtwerte nach Nr. 6 nicht überschreitet. Für die Zuordnung der Immissionsorte zu den einzelnen Baugebietstypen sind nach Nr. 6.6 Satz 1 grundsätzlich die Festlegungen in den Bebauungsplänen maßgebend. Sofern kein rechtskräftiger Bebauungsplan existiert, sind die Immissionsrichtwerte heranzuziehen, die der Schutzwürdigkeit des Gebiets am ehesten entsprechen. Die in Tabelle 33 aufgeführten Immissionsrichtwerte sind von allen einwirkenden Anlagen einzuhalten.

Tabelle 33: Immissionsrichtwerte für verschiedene Baugebietstypen

Baugebietstyp	Immissionsrichtwert [dB (A)]	
	tags	nachts
Industriegebiete	70	70
Gewerbegebiete	65	50
Kerngebiete, Mischgebiete, Dorfgebiete	60	45
allgemeine Wohngebiete	55	40
Kleinsiedlungsgebiete	50	35
reine Wohngebiete	50	35
Kurgebiete, Krankenhäuser	45	35
Pflegeanstalten	45	35

Die Immissionsrichtwerte gelten während des Tages für eine Beurteilungszeit von 16 Stunden von 06:00 bis 22:00 Uhr. Die Nachtzeit beträgt 8 Stunden. Sie beginnt um 22:00 Uhr und endet um 06:00 Uhr. Maßgebend für die Beurteilung der Nacht ist die volle Nachtstunde mit dem höchsten Beurteilungspegel. Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen dürfen die unverminderten Immissionsrichtwerte am Tage um nicht mehr als 30 dB (A) und in der Nacht um nicht mehr als 20 dB (A) überschreiten.

Gemäß Nr. 4.2 der TA-Lärm ist die Vorbelastung bei der Prüfung nur zu berücksichtigen, wenn die neue Anlage relevant im Sinne von Nr. 3.2.1 Abs. 2 dieser Verwaltungsvorschrift zu einer Überschreitung der Immissionsrichtwerte beitragen wird. Der von der zu beurteilenden Anlage verursachte Immissionsbeitrag ist in der Regel als nicht relevant anzusehen, wenn die Zusatzbelastung die Immissionsrichtwerte um mindestens 6 dB (A) unterschreitet.

Gemäß Nr. 6.5 der TA Lärm ist für die nachfolgenden Zeiten in Gebieten nach Nummer 6.1 Buchstaben d bis f bei der Ermittlung des Beurteilungspegels die erhöhte Störwirkung von Geräuschen durch einen Zuschlag von 6 dB (A) zu berücksichtigen. Diese sind in Tabelle 34 dargestellt.

Tabelle 34: Zuschläge für Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit

Zuschlag für Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit	
an Werktagen	06:00 bis 07:00 Uhr 20:00 bis 22:00 Uhr
an Sonn- und Feiertagen	06:00 bis 09:00 Uhr 13:00 bis 15:00 Uhr 20:00 bis 22:00 Uhr

Desweiteren haben Nachbarn von Windenergieanlagen keinen Anspruch darauf, von jedwedem **Schattenwurf** verschont zu bleiben. Dem Gesetz und untergesetzlichen Regelwerken kann nicht entnommen werden, bis zu welcher Grenze Schattenwurfimmissionen hingenommen werden müssen. Da es gegenwertig keine rechtsverbindlichen Grenz- oder Richtwerte gibt, kann orientierend die von der Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) erarbeitet Richtlinie „Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen“ als Beurteilungsgrundlage herangezogen werden. Eine Einwirkung durch zu erwartenden periodischen Schattenwurf ist nach der LAI-Richtlinie als nicht erheblich belästigend anzusehen, wenn die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer unter kumulierter Berücksichtigung aller WEA-Beiträge am jeweiligen Immissionsort in einer Bezugshöhe von 2 Meter über dem Erdboden nicht mehr als 30 Stunden pro Kalenderjahr und darüber hinaus nicht mehr als 30 Minuten pro Kalendertag beträgt. Diese Immissionsrichtwerte werden von den Verwaltungsgerichten als Entscheidungshilfe anerkannt.

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 6.000 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 Biotope
- 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, Sumpfrohreule, Uhu

Denkmal- und Naturschutzrecht

Ein weiteres Kriterium ist das Denkmal- und Naturschutzrecht. 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 werden, 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 Oberpfalz-Nord 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.