

Energienutzungsplan



Klimaallianz Bamberg

Energienutzungsplan für das Gebiet der Klimaallianz Bamberg (Stadt und Landkreis Bamberg)

Bearbeitung

Institut für Energietechnik IfE GmbH an der
Ostbayerischen Technischen Hochschule Amberg-Weiden
Kaiser-Wilhelm-Ring 23a
92224 Amberg
www.ifeam.de

Auftraggeber

Klima- und Energieagentur Bamberg
Ludwigstr. 23
96052 Bamberg

Förderung

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie

Bearbeitungszeitraum

12.2015 bis 03.2017

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	7
2	Projekttablauf und Akteursbeteiligung	8
3	Beschreibung der energetischen Ausgangssituation	9
3.1	Methodik.....	9
3.1.1	Definition des Bilanzjahres.....	9
3.1.2	Definition der Verbrauchergruppen	9
3.1.3	Datenquellen.....	10
3.1.4	Ermittlung des Strombedarfs	10
3.1.5	Ermittlung des Endenergiebedarfs zur Wärmebereitstellung	10
3.1.6	Ermittlung der elektrischen Energieeinspeisung aus Erneuerbaren Energien und KWK.....	11
3.1.7	CO ₂ - Bilanzierung.....	12
3.2	Energie- und CO ₂ -Bilanz im Ist-Zustand	13
3.2.1	Endenergiebedarf.....	13
3.2.2	CO ₂ -Bilanz.....	18
3.3	Wärmekataster	19
4	Potenzialanalyse	21
4.1	Definitionen.....	21
4.2	Potenziale zur Energieeinsparung und Steigerung der Energieeffizienz	22
4.2.1	Private Haushalte	22
4.2.2	Kommunale Liegenschaften.....	23
4.2.3	GHD/I/L	24
4.2.4	Zusammenfassung der Potenzialanalyse	24
4.3	Potenziale zum Ausbau der Erneuerbaren Energien	26
4.3.1	Photovoltaik und Solarthermie	26
4.3.2	Windkraft	27
4.3.3	Wasserkraft.....	28

4.3.4	Biomasse	28
4.3.5	Geothermie	30
4.3.6	Zusammenfassung Erneuerbare Energien	33
5	Maßnahmenkatalog	35
6	Zusammenfassung / Weiteres Vorgehen	36
7	Quellenverzeichnis	41
8	Abbildungsverzeichnis	42
9	Tabellenverzeichnis	45
10	Anhang 1: Detailprojekte.....	46
10.1	Optimierung der Klärschlammnutzung im Landkreis	48
10.1.1	Ziel und Aufgabenstellung des Klärschlammkonzepts:.....	48
10.1.2	Bearbeitungsschritte der Konzepterstellung	48
10.1.3	Aufnahme des Ist-Zustandes der Klärschlammentsorgung	48
10.1.4	Aufnahme möglicher Abwärmequellen	49
10.1.5	Technische Methoden der Klärschlammbehandlung	50
10.1.6	Ausarbeitung dezentraler und zentraler Szenarien	51
10.1.7	Ausblick im Klärschlammkonzept.....	52
10.2	Prüfung Stromverbrauch Staatliche Realschule Hirschaid	53
10.2.1	Die Entwicklung des jährlichen Stromverbrauches und Auswertung der Stromlastgänge	53
10.2.2	Auswirkungen der Schülerzahl und der Sanierung auf die Anzahl elektrischer Verbraucher und den Stromverbrauch.....	56
10.2.3	Fazit und weiteres Vorgehen	57
10.3	Photovoltaikanlage mit Stromeigennutzung – Kläranlage Königsfeld.....	58
10.4	Photovoltaikanlage mit Stromeigennutzung – Mittelschule Scheßlitz.....	61
10.5	Abwärmenutzung Biogasanlage – Erweiterung Biogasanlage Litzendorf	64
10.6	Nahwärmenetzbetrachtung in der „Ortsmitte Burgebrach“	66
10.6.1	Der Wärmebedarf	67

10.6.2	Die Versorgungsvarianten.....	69
10.6.3	Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	72
10.6.4	Die CO ₂ -Bilanz der Varianten	78
10.6.5	Zusammenfassung	79
10.7	Nahwärmenetz mit Abwärmenutzung - Michelin Reifenwerke AG & Co. KGaA Hallstadt	80
10.7.1	Bestimmung der nutzbaren Abwärmemenge/-leistung bei der Firma Michelin Reifenwerke AG & Co. KGaA	80
10.7.2	Der betrachtete Nahwärmeverbund und der Wärmebedarf	80
10.7.3	Der Wärmebedarf	81
10.7.4	Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	83
10.8	Umstellung von Photovoltaikanlagen auf Stromeigennutzung	86
10.8.1	Vorgehensweise	86
10.8.2	Ergebnisse	87
10.9	Sanierungskonzept/Effizienzsteigerung - Feuerwehrgebäude Oberhaid	89
10.9.1	Aufgabenstellung	89
10.9.2	Bestandsaufnahme Heizzentrale/Lüftungsanlagen	89
10.9.3	Gebäudehülle	92
10.9.4	Ergebnisse	98
10.9.5	Empfehlungen	100
10.10	Sanierungskonzept/Effizienzsteigerung - Hauptsmoorhalle Strullendorf ...	102
10.10.1	Auftrag / Aufgabenstellung.....	102
10.10.2	Vorbemerkung	102
10.10.3	Bestandsaufnahme Heizzentrale	102
10.10.4	Bestandsaufnahme Lüftung	105
10.10.5	Gebäudehülle	113
10.10.6	Ergebnisse	117
10.10.7	Empfehlungen	121
10.11	Prüfung hocheffizienter Kraft-Wärme-Kopplung - Städtischer Schlachthof Bamberg	123

10.11.1	Auswertung des jährlichen Energiebedarfs	123
10.11.2	Auslegung Blockheizkraftwerk	126
10.11.3	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.....	127
10.11.4	Fazit	128
10.12	Photovoltaik mit Stromeigennutzung - Graf-Stauffenberg-Wirtschaftsschule 129	
10.13	Energieeinsparung/Effizienzsteigerung	
	LüftungsanlageGraf-Stauffenberg-Wirtschaftsschule	132
10.13.1	Auftrag / Aufgabenstellung.....	132
10.13.2	Vorbemerkung	132
10.13.3	Bestandsaufnahme Lüftung	132
10.13.4	Ergebnisse	147
10.13.5	Allgemeine Anmerkungen.....	149
10.13.6	Anlagen Detailprojekt Energieeinsparung/Effizienzsteigerung Lüftungsanlage - Graf- Stauffenberg-Wirtschaftsschule	151
10.14	Erweiterung bestehendes Nahwärmenetz → Netzabschnitt „Landratsamt“ 153	
10.14.1	Ausgangslage.....	153
10.14.2	Netzvarianten.....	153
10.14.3	Netzdurchleitungskosten	155
10.15	Identifizierung geeigneter Areale für Insellösungen (Aufbau Nahwärmeverbund, Einsatz KWK) – Beispiel Glaskontorgelände	157
10.15.1	Der Wärmebedarf	158
10.15.2	Die Versorgungsvarianten.....	159
10.15.3	Ergebnisse	159
11	Anhang 2: Kommunenspezifische Maßnahmenkataloge	160
12	Anhang 3: Kommunenspezifische Ergebnisse	196
13	Anhang 4: Einnahmen aus Erdgas-BHKW	307

1 Einleitung

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse des Energienutzungsplanes für das Gebiet der Klimaallianz Bamberg zusammen. Die Erstellung erfolgte im Auftrag der Klimaallianz Bamberg und wurde durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie gefördert.

In einer umfassenden Bestandsaufnahme wurde zunächst detailliert die Energiebilanz im Ist-Zustand (Jahr 2014) erfasst. Dabei wurden drei Verbrauchergruppen (Private Haushalte, Kommunale Liegenschaften und Wirtschaft) definiert. Die Energieströme wurden aufgeschlüsselt nach den einzelnen Energieträgern (Strom, Erdgas, Heizöl, Biomasse, ...) erfasst und der Anteil der Erneuerbaren Energien an der Energiebereitstellung ermittelt. Ausgehend von der energetischen Ist-Situation wurde der CO₂-Ausstoß berechnet. Als zentrales Ergebnis aus der Analyse des energetischen Ist-Zustandes wurde ein straßenzugsweiser Wärmekataster ausgearbeitet.

Im nächsten Schritt wurde verbrauchergruppenspezifisch untersucht, welche Energieeinsparpotenziale und Potenziale zur Steigerung der Energieeffizienz bis zum Jahr 2030 realistisch ausgeschöpft werden können.

Anschließend wurde geprüft, welche regionalen Ausbaupotenziale an Erneuerbaren Energien vorhanden sind. Basierend darauf konnte eine realistische strategische Zielvorgabe zum bilanziellen Anteil der Erneuerbaren Energien am Gesamtenergieverbrauch im Jahr 2030 ermittelt werden.

Zentrales Element des Energienutzungsplanes war die Ausarbeitung eines Maßnahmenkataloges, welcher konkrete Projekte als Basis der weiteren Umsetzung beschreibt. Dieser Maßnahmenkatalog wurde in enger Abstimmung mit kommunalen Akteuren ausgearbeitet und während des Prozesses in zwei Regionalkonferenzen konkretisiert. 15 Projekte aus dem Maßnahmenkatalog wurden daraufhin als Leuchtturmprojekte umfassend auf technische und wirtschaftliche Umsetzbarkeit hin geprüft.

2 Projektablauf und Akteursbeteiligung

Die Erstellung des Energienutzungsplanes wurde zeitlich und inhaltlich gemäß dem in Abbildung 1 dargestellten Ablaufschema durchgeführt. Die grundlegende strategische Organisation und Abstimmung wurden im Rahmen von vier Steuerungsrunden getroffen.

Zur Konkretisierung des kommunalen Maßnahmenkataloges wurden zwei Regionalkonferenzen mit den kommunalen Vertretern abgehalten.

1. Steuerungs- runde	<ul style="list-style-type: none"> • Grundsätzliche Abstimmung • Festlegung der Gremien für die beiden Konferenzen • Festlegung der Terminalschiene
2. Steuerungs- runde	<ul style="list-style-type: none"> • Entwurfsbesprechung Ist-Zustand / Wärmekataster • Entwurfsbesprechung der Potentiale Energieeinsparung • Entwurfsbesprechung Erneuerbare Energien
1. Regional- konferenz	<ul style="list-style-type: none"> • Vorstellung des energetischen Ist-Zustandes inkl. Wärmekataster • Vorstellung der Potentialberechnung zur Energieeinsparung • Vorstellung der Potentialberechnung zum Ausbau erneuerbarer Energien • Darstellung der gutachterlichen Projektvorschlägen im Maßnahmenkatalog • Diskussion / Konkretisierung / Ergänzung des Maßnahmenkatalogs
3. Steuerungs- runde	<ul style="list-style-type: none"> • Abstimmung der Ergebnisse aus der 1. Konferenz • Auswahl der detailliert zu betrachtenden Leuchtturmprojekte
2. Regional- konferenz	<ul style="list-style-type: none"> • Vorstellung der kommunenspezifisch erarbeiteten Ergebnisse • Vorstellung des kommunenspezifischen Maßnahmenkatalogs • Vorstellung der ausgearbeiteten Leuchtturmprojekte • Zuständigkeiten / weiteres Vorgehen auf kommunaler Ebene
4. Steuerungs- runde	<ul style="list-style-type: none"> • Abstimmung der Ergebnisse aus der 2. Konferenz • Vorbereitung der Abschlusspräsentation

Abbildung 1: Projektablauf und Akteursbeteiligung

3 Beschreibung der energetischen Ausgangssituation

3.1 Methodik

3.1.1 Definition des Bilanzjahres

Alle Datenerhebungen, Analysen und Berechnungen im Rahmen des Energienutzungsplanes beziehen sich auf das Bilanzjahr 2014. Für dieses Jahr lag die letzte vollständige Datenbasis vor, die im Bearbeitungszeitraum des Energienutzungsplanes verfügbar war. Aufgrund der rollierenden Abrechnung der Energieversorgungsunternehmen (EVU), lagen die Daten ab dem Jahr 2015 während der Konzeptbearbeitung nicht mehr vollständig vor.

3.1.2 Definition der Verbrauchergruppen

Im Rahmen des Energienutzungsplanes werden folgende Verbrauchergruppen definiert:

a) Private Haushalte

Die Verbrauchergruppe „Private Haushalte“ umfasst alle zu Wohnzwecken genutzten Flächen im Betrachtungsgebiet. Dies umfasst sowohl Wohnungen in Wohngebäuden, als auch in Nicht-Wohngebäuden (z. B. hauptsächlich gewerblich genutzte Halle mit integrierter Wohnung).

b) Kommunale Liegenschaften

In der Verbrauchergruppe „Kommunale Liegenschaften“ werden alle Liegenschaften der Kommune zusammengefasst. Hierfür konnte auf Daten der 37 Kommunen zurückgegriffen werden, welche anhand eines Datenerhebungsbogens abgefragt wurden

c) GHD/I/L (Gewerbe, Handel, Dienstleistung, Industrie, Landwirtschaft)

In der Verbrauchergruppe „GHD/I/L“ werden alle Energieverbraucher zusammengefasst, welche nicht in eine der Verbrauchergruppen Private Haushalte oder Kommunale Liegenschaften fallen.

Hinweis: Im Rahmen des Energienutzungsplanes wird die Verbrauchergruppe „Verkehr“ nicht betrachtet.

3.1.3 Datenquellen

Die Analyse des Energieverbrauches im Betrachtungsgebiet stützt sich auf folgende Datenquellen:

- Energieabsatz- und Einspeisedaten der lokal tätigen Energieversorgungsunternehmen
- Daten der örtlichen Kaminkehrer zu den installierten Wärmeerzeugern
- Datenauswertung des kommunalen Erfassungsbogens
- Datenabfrage in der Verbrauchergruppe Wirtschaft mittels standardisierter Fragebögen
- Datenabfrage der Betreiber von Nahwärmenetzen mittels standardisierter Fragebögen
- Datenabfrage der Betreiber von Biogasanlagen mittels standardisierter Fragebögen
- Solarflächenkataster für die Stadt und den Landkreis Bamberg
- Öffentlich zugängliche statistische Daten

3.1.4 Ermittlung des Strombedarfs

Das lokale Stromnetz in der Stadt Bamberg und der Stadt Hallstadt wird von der STWB Stadtwerke Bamberg GmbH betrieben. Im restlichen Betrachtungsgebiet ist die Bayernwerk AG als Netzbetreiber tätig. Es liegen jeweils vollständige Netzabsatzdaten vor [EVU Strom].

3.1.5 Ermittlung des Endenergiebedarfs zur Wärmebereitstellung

Wärmebereitstellung aus Erdgas

Analog zum Stromnetz wird in der Stadt Bamberg und der Stadt Hallstadt das Erdgasnetz von der STWB Stadtwerke Bamberg GmbH betrieben. Die restlichen mit Erdgas versorgten Gemeinden, werden von der Bayernwerk AG als Netzbetreiber versorgt. Es liegen jeweils vollständige Netzabsatzdaten vor [EVU Erdgas].

Fernwärme erneuerbar und Fernwärme fossil

Im Bereich Fernwärme liegen umfassende Daten der Fernwärmenetze der STWB Stadtwerke Bamberg GmbH (Stadt Bamberg), der N-ERGIE AG (Breitengüßbach) sowie der jeweiligen Biogasanlagebetreiber vor. [Fernwärme]

Wärmebereitstellung aus Heizöl, Holz, Sonstiges (Flüssiggas, Kohle)

Der Endenergieeinsatz wurde auf Basis der verfügbaren Kaminkehrerdaten [Kaminkehrer] aus der jeweiligen Leistung der installierten Wärmeerzeuger unter Annahme charakteristischer Vollbenutzungsstunden ermittelt. Für die Berechnungen wurden die Vollbenutzungsstunden auf Basis von Erfahrungswerten der IfE GmbH aus umgesetzten Projekten und wissenschaftlich begleiteten Demonstrationsvorhaben angesetzt. Ergänzend zu den Kaminkehrerdaten wurden die Fragebögen der Verbrauchergruppen Kommunale Liegenschaften und c) GHD/I/L ausgewertet.

Wärmebereitstellung aus Solarthermie

Die Gesamtfläche der im Betrachtungsgebiet installierten Solarthermieanlagen wurde mit Hilfe des Solaratlas, einem interaktiven Auswertungssystem für den Datenbestand aus dem bundesweiten „Marktanreizprogramm Solarthermie“ ermittelt [BAFA Sol]. Die Aufstellung umfasst alle Kollektortypen (Flachkollektoren, Vakuum-Röhrenkollektoren) und Anwendungen (Warmwasserbereitstellung und Heizungsunterstützung).

Wärmebereitstellung aus Erdwärme

Die Wärmeerzeugung aus oberflächennaher Geothermie (Wärmepumpen zur Gebäudebeheizung) kann aufgrund der fehlenden Datenbasis nicht eigens aufgeschlüsselt werden, ist jedoch über den Stromverbrauch zum Antrieb der Wärmepumpen in der Energie- und CO₂-Bilanz enthalten.

3.1.6 Ermittlung der elektrischen Energieeinspeisung aus Erneuerbaren Energien und KWK

Daten zu eingespeisten Strommengen nach EEG und KWK wurden von den Stromnetzbetreibern (STWB Stadtwerke Bamberg GmbH, Bayernwerk AG) zur Verfügung gestellt [EVU Strom].

Hinweis: Aufgrund der Festlegung auf das Bilanzjahr 2014 wurden die im Jahr 2015 und 2016 neu errichteten EEG- und KWK-Anlagen nicht mehr berücksichtigt.

3.1.7 CO₂- Bilanzierung

Im Rahmen des Energienutzungsplanes wurden die CO₂-Emissionen mittels CO₂-Äquivalenten berechnet. Dabei wird für jeden Energieträger ein spezifischer CO₂-Emissionsfaktor ermittelt, das sogenannte CO₂-Äquivalent, das neben den direkten Emissionen (z. B. aus der Verbrennung von Erdgas) auch die vorgelagerten Bereitstellungsketten umfasst (Gewinnung und Transport des Energieträgers). Im CO₂-Äquivalent sind also alle klimawirksamen Emissionen enthalten, die für die Bereitstellung und Nutzung eines Energieträgers anfallen. Dies beinhaltet auch die Emissionen an weiteren klimawirksamen Gasen, wie z. B. Methan, die auf die Klimawirksamkeit von Kohlendioxid normiert und im CO₂-Äquivalent verrechnet werden.

Die verwendeten CO₂-Äquivalente wurden mit Hilfe des Lebenszyklus- und Stoffstromanalyse-Modells GEMIS in der Version 4.9 ermittelt und sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Die absoluten CO₂-Emissionen für die einzelnen Energieträger ergeben sich dann aus der eingesetzten Energiemenge multipliziert mit dem jeweiligen CO₂-Äquivalent. Für die Erzeugung elektrischer Energie innerhalb des Betrachtungsgebiets (z. B. aus Erneuerbaren Energien) wird eine CO₂-Gutschrift in Höhe des CO₂-Äquivalents für den deutschen Strommix auf Verteilnetzebene angesetzt. Dahinter steht die Annahme, dass diese Strommenge in gleicher Höhe Strom aus dem deutschen Kraftwerkspark verdrängt. Durch diese Betrachtungsweise können sich bilanziell negative CO₂-Emissionen ergeben. Dies ist in diesem Fall so zu interpretieren, dass gegenüber der durchschnittlichen Stromerzeugung in Deutschland CO₂-Emissionen eingespart werden.

Tabelle 1: Die CO₂-Äquivalente der jeweiligen Energieträger

CO ₂ -Äquivalente nach GEMIS 4.9 und eigenen Berechnungen IfE; 07/2014	
Brennstoff	CO ₂ -Äquivalent (Gesamte Prozesskette) [g/kWh]
Strom	624,460
Erdgas	240,460
Flüssiggas	260,590
Heizöl EL	313,060
Braunkohle	451,770
Biogas	92,372
Biomethan	113,250
Holzpellets	17,582
Hackschnitzel	14,165
Scheitholz	11,373
Bezugsgröße: kWh Endenergie, Heizwert Hi	

3.2 Energie- und CO₂-Bilanz im Ist-Zustand

Die in der Folge dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf das gesamte Betrachtungsgebiet mit der Stadt Bamberg und der Summe der 36 Gemeinden des Landkreises. Die individuellen Ergebnisse für die einzelnen Kommunen wurden in Form von Gemeindesteckbriefen zusammengestellt und sind als Anlage zu diesem Bericht beigefügt (siehe Anhang 3).

3.2.1 Endenergiebedarf

In Abbildung 2 ist die Verteilung des Endenergieeinsatzes auf die einzelnen Verbrauchergruppen in der Stadt und im Landkreis Bamberg dargestellt. Dabei wurde zur einfacheren Darstellung der Endenergieeinsatz zur Wärmerzeugung jeweils nur als Summe über alle Energieträger (Erdgas, Heizöl, Biomasse, ...) dargestellt. In Summe beläuft sich der jährliche Endenergiebedarf in Stadt und Landkreis auf knapp über 4,0 Millionen MWh pro Jahr. Davon werden rund 2,8 Millionen MWh/a für die Wärmeversorgung aufgewendet. Der elektrische Endenergiebedarf beträgt rund 1,2 Millionen MWh/a. Die Verbrauchergruppen „Haushalte“ und „GHD/I/L“ weisen einen annähernd gleich hohen Energiebedarf auf. Der höchste Anteil entfällt auf die Gebäudebeheizung der privaten Haushalte im Landkreis Bamberg. Der vorwiegende Anteil des Stromverbrauches kann der Verbrauchergruppe „GHD/I/L“ in der Stadt Bamberg zugeordnet werden.

Demgegenüber weist die Verbrauchergruppe der kommunalen Liegenschaften einen Verbrauchswert von in Summe lediglich 3 % des gesamten Endenergiebedarfs auf. Dennoch kommt dieser Verbrauchergruppe im Hinblick auf die Umsetzung möglicher Projekte (siehe Maßnahmenkatalog), eine besondere Vorbildfunktion zu.

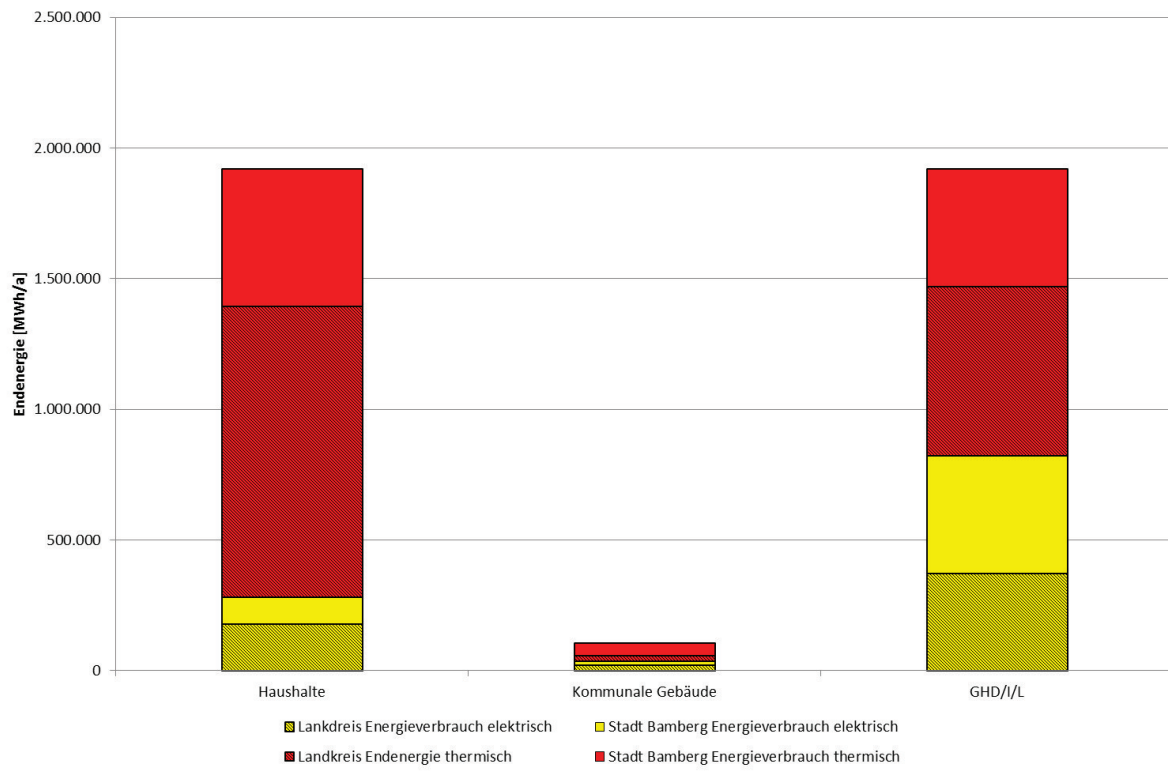


Abbildung 2: Verteilung des Endenergieeinsatzes auf die betrachteten Verbrauchergruppen

In Abbildung 3 ist die Aufteilung des Endenergieverbrauches auf die einzelnen Energieträger grafisch aufbereitet. Positiv zu erwähnen ist, dass im Landkreis bereits ein verhältnismäßig hoher Anteil des Endenergiebedarfs durch Biomasse gedeckt wird. Der hohe Bedarf an Erdgas und Strom ist in erster Linie auf die energieintensive Industrie zurückzuführen und demnach größtenteils der Verbrauchergruppe GHD/I/L zuzuordnen (vgl. auch Abbildung 3).

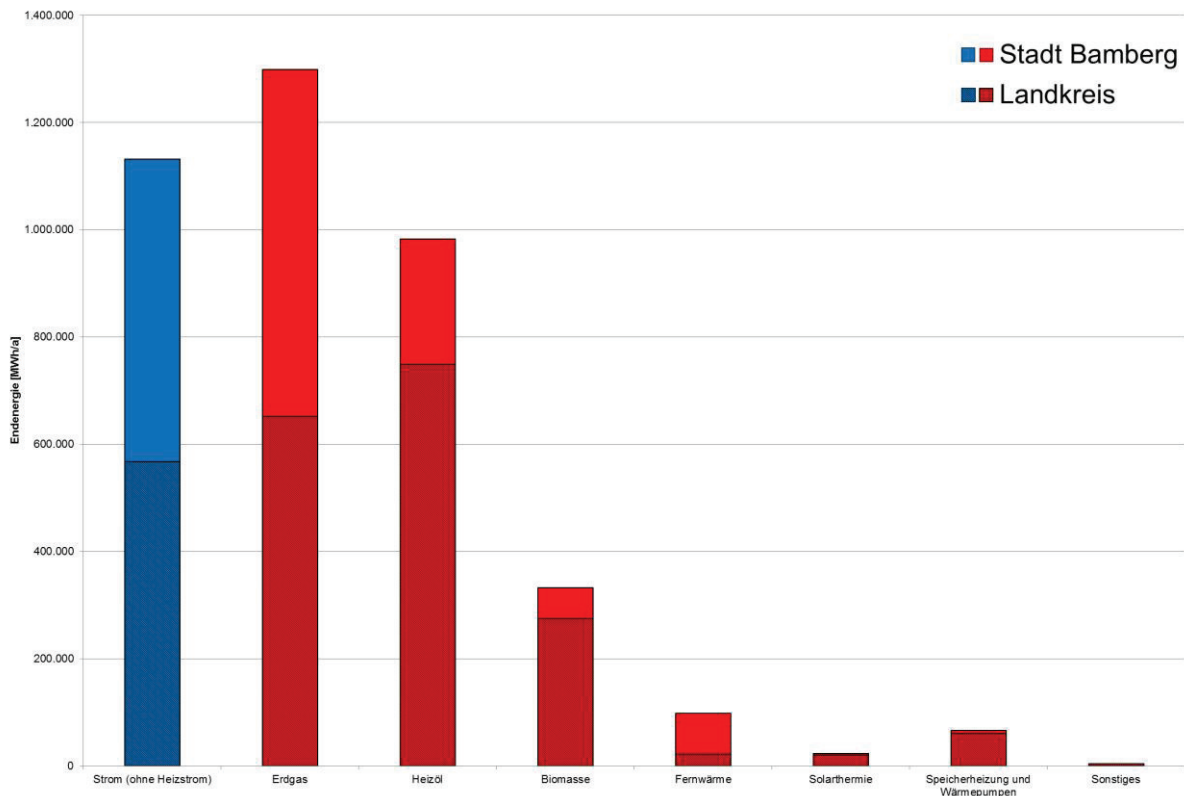


Abbildung 3: Endenergieeinsatz im Bilanzgebiet aufgeschlüsselt nach Energieträgern

Abbildung 4 zeigt eine Übersicht der im Jahr 2014 eingespeisten Strommengen aus Erneuerbaren Energien, fossiler KWK und der Stromerzeugung des MKW. In Summe wurden im Jahr 2014 rund 430.000 MWh durch die EEG-, sowie KWKG-Anlagen eingespeist. Dies entspricht rund 36% des gesamten Stromverbrauches in Stadt und Landkreis Bamberg im Jahr 2014.

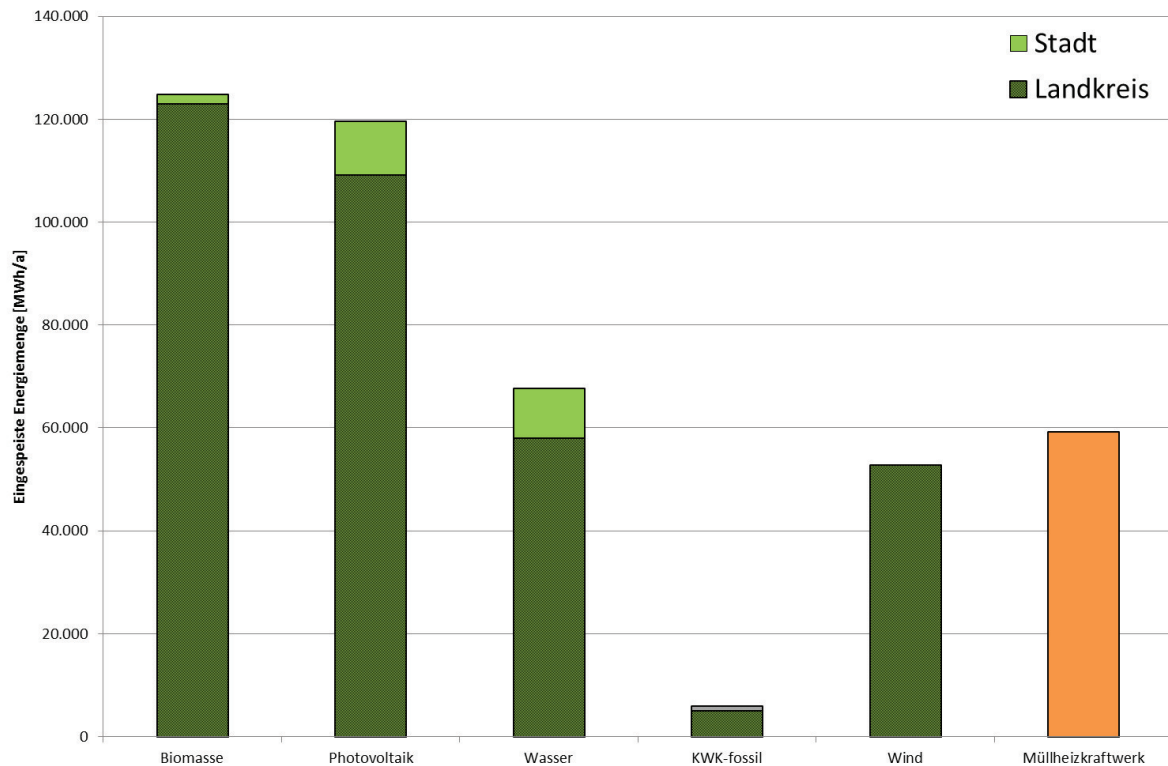


Abbildung 4: Die Einspeisung aus Erneuerbaren Energien im Jahr 2014

In Abbildung 5 ist die Verteilung der EEG-Anlagen im Landkreis und in der Stadt Bamberg dargestellt, wobei die Darstellung der Photovoltaikanlagen auf Anlagen > 500 kW_p (Aufdach) bzw. 100 kW_p (Freifläche) begrenzt ist.

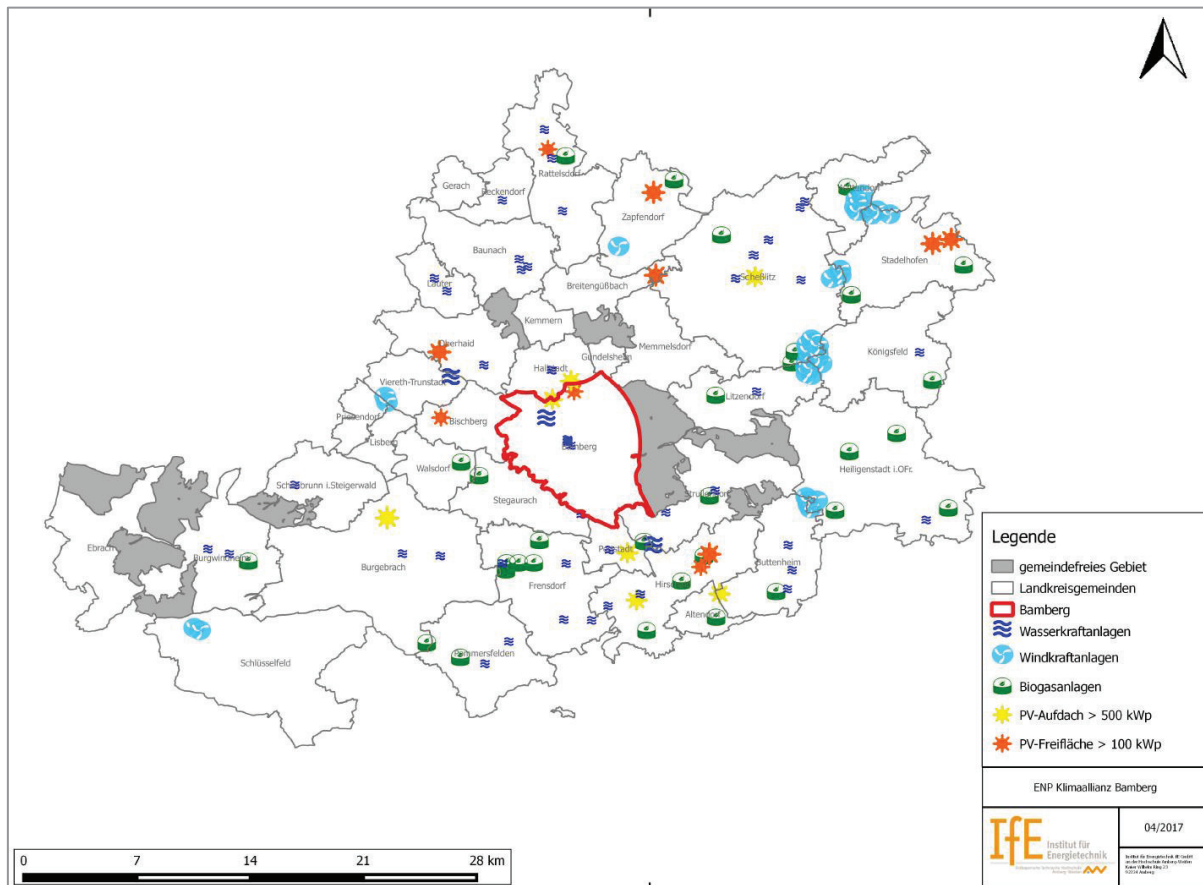


Abbildung 5: Grafische Darstellung der EEG-Anlagen in der Stadt und dem Landkreis Bamberg

3.2.2 CO₂-Bilanz

Die in diesem Kapitel ausgewiesene CO₂-Bilanz stellt die Summe der Emissionen in den einzelnen Kommunen des Betrachtungsgebiets dar. Die gemeindespezifischen Werte sind in Form von Gemeindesteckbriefen im Anhang 3 beigefügt.

Aus dem Gesamtendenergieverbrauch resultiert, unter Gegenrechnung der im Betrachtungsgebiet bereits vorhandenen Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien, ein Ausstoß von rund 1.12 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr. Dies entspricht einem jährlichen Ausstoß klimawirksamer Gase von etwa 5,2 Tonnen CO₂ pro Kopf.

Hinweis: In der CO₂-Bilanz sind die CO₂-Emissionen der Mobilität (Verkehr) nicht mit berücksichtigt. Der CO₂-Ausstoß in Höhe von rund 5,2 Tonnen pro Einwohner resultiert lediglich aus dem elektrischen und thermischen Endenergieverbrauch.

3.3 Wärmekataster

Als eines der zentralen Elemente des Energienutzungsplanes wurde aus den Daten zum energetischen Ist-Zustand für jede Kommune im Betrachtungsgebiet ein straßenspezifisches Wärmekataster erarbeitet. Das Wärmekataster zeigt auf, in welchen Straßenzügen welcher spezifische Wärmebedarf vorliegt und stellt damit die Grundlage dar, um auf kommunaler Ebene Wärmeverbundlösungen zu entwickeln und zu dimensionieren. Wichtigstes Hilfsmittel hierfür ist die sogenannte Wärmebelegung mittels derer angegeben wird, wie viele Kilowattstunden Nutzwärme pro Meter Trasse und Jahr abgesetzt werden können. Je höher die Wärmebelegung, desto „dichter“ ist das Netz, umso mehr Wärme wird bezogen auf die Länge abgesetzt. Je höher die Wärmebelegung, desto niedriger ist der prozentuale Wärmeverlust und umso wirtschaftlicher lässt sich ein Wärmenetz betreiben. Als Erfahrungswert der IfE GmbH kann angenommen werden, dass ein wirtschaftlicher Netzbetrieb in der Regel ab einer Wärmebelegung größer 1.500 kWh/(m*a) möglich ist. Dieser Wert wird auch in einschlägigen Förderprogrammen (z.B. „Bioklima“ [TfZ]) als Fördervoraussetzung angewendet. Eine konkrete Aussage hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes bedarf dennoch in jedem Fall einer fundierten Einzelprüfung.

Die Datengrundlage für die Wärmekataster bilden die von den Energieversorgungsunternehmen übermittelten Daten zum Erdgasabsatz sowie die vom Landkreis und der Stadt Bamberg zur Verfügung gestellten GIS-Daten. Anhand der Grundfläche und der Gebäudehöhe (Anzahl beheizter Geschosse) ergibt sich die Energiebezugsfläche. Anhand der vorliegenden Bebauungspläne kann der spezifische Heizwärmebedarf ermittelt werden. Zusätzlich wurden die Fragebögen an Kommunen, Industriebetriebe und Biogasanlagenbetreiber ausgewertet. Die Daten wurden auf die einzelnen Straßenzüge aufgeschlüsselt. Die Wärmebelegungsichte für die jeweilige Straße wurde durch Division des Wärmebedarfs durch die Trassenlänge des Wärmenetzes ermittelt, die zur Erschließung der Wärmeabnehmer erforderlich ist. Die Trassenlänge ergibt sich aus der Länge der betrachteten Straße. Zusätzlich wurde eine Pauschale pro Hausanschlussleitung berücksichtigt.

In Abbildung 6 ist als Beispiel das Wärmekataster der Stadt Hallstadt dargestellt.

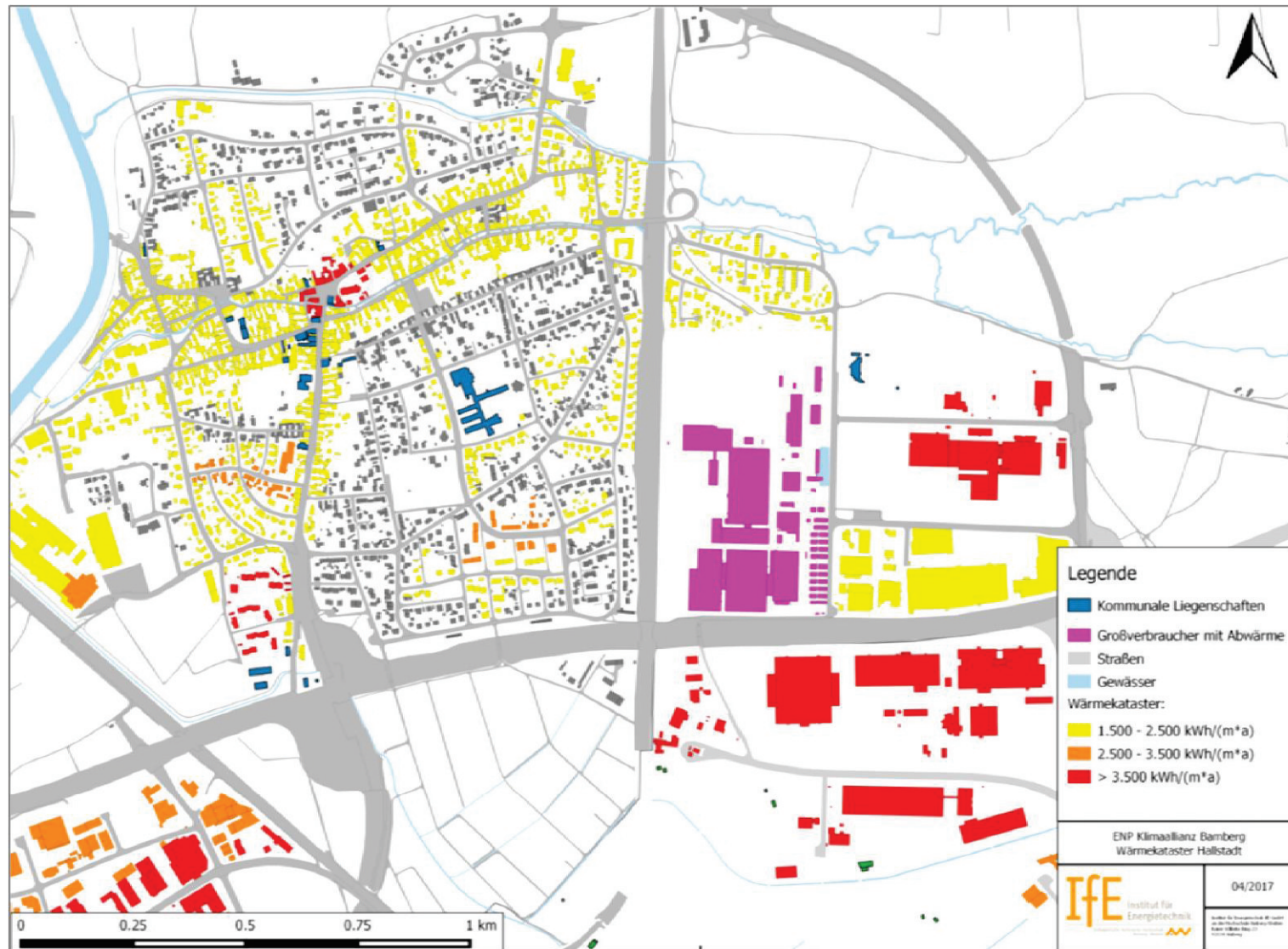


Abbildung 6: Beispiel Wärmekataster für die Stadt Hallstadt

4 Potenzialanalyse

4.1 Definitionen

Unter dem Begriff „**Potenzial**“ wird nachfolgend das nach dem aktuellen Stand der Technik unter Beachtung der rechtlichen Rahmenbedingungen umsetzbare Potenzial verstanden (technisches Potenzial). Davon zu unterscheiden sind das theoretische und das wirtschaftliche Potenzial. Das theoretische Potenzial ist das Potenzial, das unter Ausnutzung aller Ressourcen theoretisch verfügbar wäre und ist demzufolge größer als das technisch tatsächlich umsetzbare Potenzial. Das wirtschaftliche Potenzial ist eine Teilmenge des technischen Potenzials und umfasst nur die Maßnahmen, die sich unter den derzeitigen Rahmenbedingungen wirtschaftlich sinnvoll umsetzen lassen. In der Praxis ist eine scharfe Abgrenzung des Potenzialbegriffs allerdings nicht immer möglich. Im Allgemeinen gilt:

Theoretisches Potenzial > Technisches Potenzial > Wirtschaftliches Potenzial

Der angenommene **Betrachtungszeitraum** zur Ermittlung der Potenziale zur Energieeinsparung und Steigerung der Energieeffizienz erstreckt sich bis zum Zieljahr 2030. Die dargestellten Ergebnisse beziehen sich stets auf den Endzustand im Jahr 2030 (Ausbauziel) im Vergleich zum Ausgangszustand im Bilanzjahr 2014. Als Normierungsbasis dient der Zeitraum eines Jahres, d. h. alle Ergebnisse sind als Jahreswerte nach Umsetzung der Ausbauziele angegeben (z. B. jährlicher Energieverbrauch in MWh/a und jährliche CO₂-Emissionen in t/a).

Die **CO₂-Bilanz** wurde analog zu der in Kapitel 3.1.7 beschriebenen Methode ermittelt. Für Einsparungen im Bereich der elektrischen Energie wurde das CO₂-Äquivalent für Strom gemäß Tabelle 1 angesetzt. Für Einsparungen bei der thermischen Energie wurde ein entsprechend der prozentualen Verteilung der Energieträger gewichteter Mittelwert aus dem CO₂-Äquivalent angesetzt.

4.2 Potenziale zur Energieeinsparung und Steigerung der Energieeffizienz

4.2.1 Private Haushalte

4.2.1.1 Wärme

Ausgehend vom Gebäudebestand und der Gebäudealtersstruktur in den einzelnen Kommunen [Sta-Ba Woh] wurde das energetische Einsparpotenzial durch Gebäudesanierung berechnet. Für die Gebäudesanierung bzw. Wärmedämmmaßnahmen an Wohngebäuden wird dabei folgendes Szenario betrachtet:

Im Zeitraum 2014 bis 2030 wird mit einer Sanierungsrate von 2 % der gesamten Wohnfläche pro Jahr auf den EnEV 2016 Standard gerechnet. Ausgenommen sind Gebäude mit Denkmal- bzw. Ensemblechutz in der Stadt Bamberg. Für diese Gebäude wird in Abstimmung mit den Akteuren vor Ort eine Sanierungsrate von 1% auf EnEV 2016 Standard + 50% angesetzt, da sowohl von einer geringeren Sanierungsrate als auch von eingeschränkten Potenzialen bei der energetischen Sanierung ausgegangen werden muss. Abbildung 7 zeigt die betreffenden Gebiete in der Stadt Bamberg. Das Szenario 1 stellt eine ehrgeizige, aber realistische Aufgabe dar.

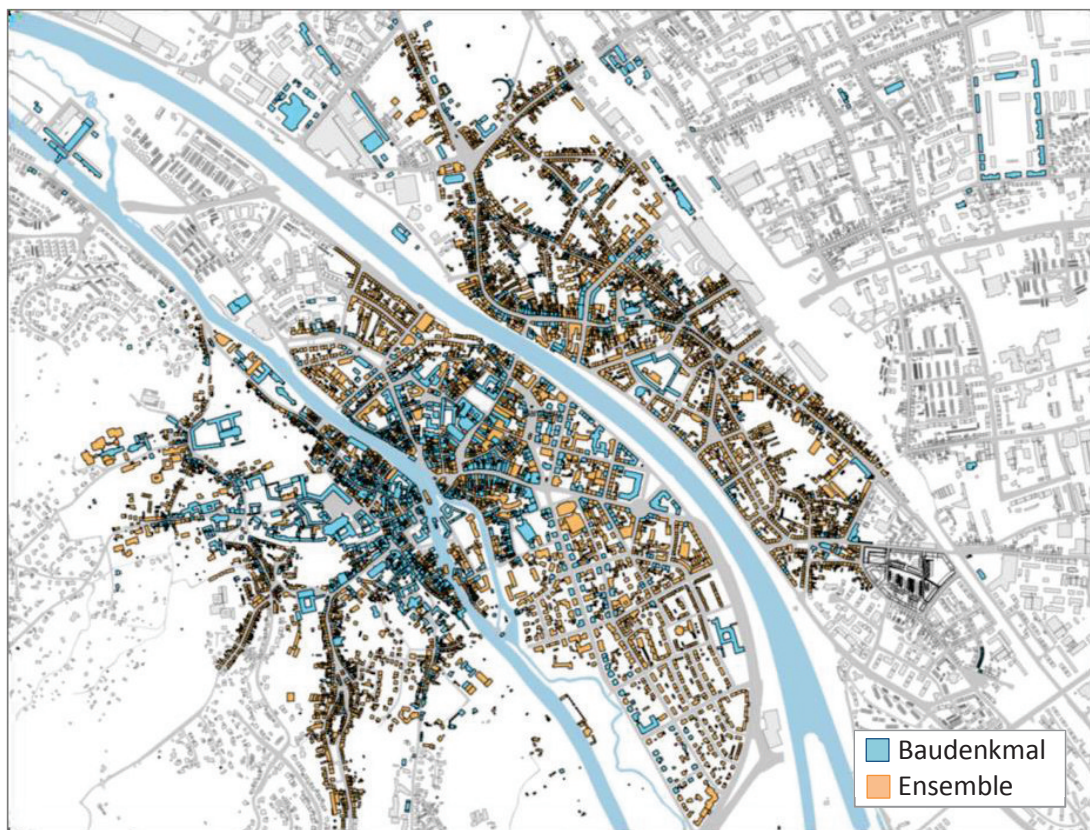


Abbildung 7: Die denkmalgeschützten Bereiche in der Stadt Bamberg

Bei Umsetzung des Sanierungsszenarios könnte der thermische Endenergiebedarf im Bereich der Wohngebäude im Landkreis Bamberg nach 16 Jahren um rund 209.000 MWh pro Jahr gesenkt werden. Dies entspricht einer Einsparung von 19 % gegenüber dem Ist-Zustand. Der CO₂-Ausstoß könnte dadurch um 53.000 t/a gegenüber dem Ist-Zustand reduziert werden.

Durch eine schrittweise Sanierung der Wohngebäude in der Stadt Bamberg bis zum Jahr 2030 können unter Berücksichtigung des Denkmalschutzes 81.900 MWh/a eingespart werden. Aufgrund der Einschränkungen durch den Denkmalschutz liegt die mögliche Einsparung in der Stadt Bamberg bei lediglich 16% und entspricht einer CO₂-Reduktion von ca. 20.800 t/a.

4.2.1.2 Strom

Der Einsatz von stromsparenden Haushaltsgeräten trägt zu einer Reduzierung des Stromverbrauches und somit auch zu einer Reduktion des CO₂-Ausstoßes bei. Die Ermittlung der Einsparpotenziale in der Verbrauchergruppe Private Haushalte erfolgt in Anlehnung an die EU-Energie-Effizienzrichtlinie (EED) [EED]. Es wird angenommen, dass bezogen auf den Ist-Zustand bis zum Zieljahr 2030 jährlich 1,5 % des Strombedarfs eingespart werden können.

Hinweis: Im Rahmen dieser Studie wurden die elektrischen Einsparpotenziale anhand des aktuellen Stromverbrauches und durch Austausch/Optimierung der aktuell installierten Anlagentechnik berechnet. Eine Berücksichtigung neuer stromverbrauchender „Anwendungsbereiche“ kann nicht vorhergesagt und dementsprechend nicht berücksichtigt werden.

4.2.2 Kommunale Liegenschaften

Aus Sicht des Bundes kommt den Städten und Kommunen eine zentrale Rolle bei der Umsetzung von Energieeinsparmaßnahmen zu [BAFA Eff]. Nur auf kommunaler 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 in mehrere Ebenen untergliedert werden:

- Die Selbstverpflichtung aus Überzeugung von der Notwendigkeit des Handelns
- Die Vorbildfunktion für alle Bürger
- Die wirtschaftliche Motivation

In Abstimmung mit den beteiligten Akteuren erfolgt die Ermittlung der Einsparpotenziale in der Verbrauchergruppe Kommunale Liegenschaften in Anlehnung an die EU-Energie-Effizienzrichtlinie (EED) [EED]. Es wird angenommen, dass bezogen auf den Ist-Zustand bis zum Zieljahr 2030 jährlich:

- **1,5% des Strombedarfs**
- **1,5% des thermischen Endenergiebedarfs**

eingespart werden können. Konkrete Projektideen zur Erreichung dieser Zielvorgabe wurden im Rahmen der zwei Regionalkonferenzen ausgearbeitet und sind im Maßnahmenkatalog (Kapitel 11) dargestellt.

4.2.3 GHD/I/L

Grundsätzlich ist die Potenzialabschätzung im Sektor GHD/I/L mit Unsicherheiten behaftet. Eine genaue Analyse der Energieeinsparpotenziale kann nur durch eine ausführliche Begehung sämtlicher Betriebe sowie der damit verbundenen, umfangreichen Datenerhebungen erfolgen. In Abstimmung mit den beteiligten Akteuren erfolgt die Ermittlung der Einsparpotenziale in der Verbrauchergruppe GHD/I/L in Anlehnung an die EU-Energie-Effizienzrichtlinie (EED) [EED]. Es wird angenommen, dass bezogen auf den Ist-Zustand bis zum Zieljahr 2030 jährlich:

- **1,5% des Strombedarfs und**
- **1,5% des thermischen Endenergiebedarfs**

eingespart werden können.

4.2.4 Zusammenfassung der Potenzialanalyse

In Tabelle 2 sind die Potenziale zur Steigerung der Energieeffizienz bzw. zur Einsparung von Energie in den einzelnen Verbrauchergruppen in der Stadt und dem Landkreis Bamberg zusammenfassend dargestellt. Die kommunenspezifischen Ergebnisse sind in den Gemeindesteckbriefen wiedergegeben, siehe Anhang 3.

Tabelle 2: Zusammenfassung der verbrauchergruppenspezifischen Einsparpotenziale im Landkreis Bamberg

Effizienzsteigerung		Endenergie Ist-Zustand [MWh/a]	Maßnahme	Einsparpotential [%] [MWh/a]		Endenergie-einsatz in 2030 [MWh/a]	CO ₂ -Einsparung [t/a]
Private Haushalte	Endenergie thermisch	1.112.836	Wärmedämmmaßnahmen Sanierungsrate 2 %/a auf EnEV 2016	19	208.836	904.000	53.000
	Endenergie elektrisch	177.690	Steigerung der Elektroeffizienz (EU-Richtlinie 1,5%/a)	21	38.093	139.598	23.700
Kommunale Liegenschaften	Endenergie thermisch	21.579	Wärmedämmmaßnahmen auf EnEV 2016 (EU-Richtlinie 1,5%/a)	21	4.623	16.956	1.310
	Endenergie elektrisch	19.115	Steigerung der Elektroeffizienz (Straßenbeleuchtung 45% und EU-Richtlinie 1,5%/a)	28	5.262	13.853	2.610
GHD / Landwirtschaft	Endenergie thermisch	647.893	Steigerung der th. Effizienz (EU-Richtlinie 1,5%/a)	21	138.744	509.149	35.100
	Endenergie elektrisch	371.985	Steigerung der Elektroeffizienz (EU-Richtlinie 1,5%/a)	21	79.775	292.209	49.700
Summe Endenergie gesamt		2.351.099			475.333	1.875.765	165.420

Insgesamt könnten ca. 475.333 MWh/a Endenergie und rund 165.420 t/a an CO₂-Emissionen vermieden werden. Die größten Ansatzpunkte liegen dabei beim thermischen Endenergieeinsatz in der Verbrauchergruppe „Private Haushalte“ und „GHD/I/L“.

Tabelle 3: Zusammenfassung der verbrauchergruppenspezifischen Einsparpotenziale in der Stadt Bamberg

Effizienzsteigerung		Endenergie Ist-Zustand [MWh/a]	Maßnahme	Einsparpotential [%] [MWh/a]		Endenergie-einsatz in 2030 [MWh/a]	CO ₂ -Einsparung [t/a]
Private Haushalte	Endenergie thermisch	526.500	Wärmedämmmaßnahmen Sanierungsrate unter Berücksichtigung Denkmalschutz	16	81.900	444.600	20.800
	Endenergie elektrisch	103.000	Steigerung der Elektroeffizienz (EU-Richtlinie 1,5%/a)	21	21.900	81.100	13.700
Kommunale Liegenschaften	Endenergie thermisch	46.870	Wärmedämmmaßnahmen unter Berücksichtigung Denkmalschutz (EU-Richtlinie 1,5%/a Denkmal: 0,5%/a)	13	5.984	40.886	1.500
	Endenergie elektrisch	13.200	Steigerung der Elektroeffizienz (Straßenbeleuchtung und EU-Richtlinie 1,5%/a)	21	2.800	10.400	1.700
	Straßenbeleuchtung	3.089	Umrüstung auf LED	49	1.516	1.573	950
GHD / Landwirtschaft	Endenergie thermisch	448.000	Steigerung der th. Effizienz (EU-Richtlinie 1,5%/a)	21	96.000	352.000	24.400
	Endenergie elektrisch	449.000	Steigerung der Elektroeffizienz (EU-Richtlinie 1,5%/a)	21	96.000	353.000	60.000
Summe Endenergie gesamt		1.589.659			306.100	1.283.559	123.050

In Summe beträgt das Einsparpotenzial ca. 306.100 MWh/a Endenergie und rund 123.050 t/a an CO₂-Emissionen. Die größten Ansatzpunkte liegen dabei beim elektrischen und thermischen Endenergie-

einsatz in der Verbrauchergruppe „GHD/I/L“ sowie in der Einsparung von thermischer Energie in der Verbrauchergruppe „Private Haushalte“.

4.3 Potenziale zum Ausbau der Erneuerbaren Energien

Die ausgewiesenen Potenziale spiegeln das technisch umsetzbare und nachhaltig nutzbare Potenzial wieder und lassen keinen Rückschluss auf die Wirtschaftlichkeit bei der Umsetzung zu. Da sich die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen kontinuierlich ändern können (z. B. durch politische oder rechtliche Vorgaben), ist eine Wirtschaftlichkeit bei der Umsetzung konkreter Maßnahmen und Projekte jeweils im Einzelfall zu prüfen.

4.3.1 Photovoltaik und Solarthermie

Für die Analyse der Photovoltaik- und Solarthermie-Potenziale wird das im Jahr 2011 ausgearbeitete „Solarflächenkataster für die Stadt und den Landkreis Bamberg“ verifiziert und ausgewertet, in welchem die Flächenpotenziale für solare Energiequellen in allen Gemeinden erhoben wurden. [SFK]

4.3.1.1 Solarthermie auf Dachflächen

Aufgrund der direkten Standortkonkurrenz der beiden Techniken Solarthermie und Photovoltaiknutzung wird als Randbedingung ein Deckungsziel des Warmwasserbedarfs in der Verbrauchergruppe „Private Haushalte“ anvisiert und die zur Verfügung stehenden Flächen primär einer solarthermischen Nutzung zugeführt. Dieses Deckungsziel (sprich der Anteil am gesamten Warmwasserbedarf, der durch Solarthermie erzeugt werden soll) wurde im Rahmen der Regionalkonferenzen mit den beteiligten Akteuren der einzelnen Kommunen abgestimmt. Das angestrebte Deckungsziel beträgt 50 % des Warmwasserbedarfs. Dies entspricht einem Energiebedarf von insgesamt etwa 65.800 MWh_{th}, der durch Solarthermie gedeckt werden soll. Die benötigten Dachflächen sind den Berechnungen des Solarflächenkatasters zufolge ausreichend vorhanden, sodass ausgehend von einer Wärmeerzeugung von 21.870 MWh im Ist-Zustand noch ein Ausbaupotenzial von rund 43.930 MWh/a besteht.

4.3.1.2 Photovoltaik – Aufdach

Für die Analyse der Photovoltaikpotenziale werden die im „Solarflächenkataster“ ermittelten Zubaupotenziale herangezogen. In Abstimmung mit den beteiligten Akteuren werden als realistisches Aus-

bauziel in der weiteren Betrachtung 50% der geeigneten Dachflächen herangezogen. Das Zubaupotenzial beläuft sich somit in Summe auf rund 296.000 MWh.

4.3.1.3 Photovoltaik – Freifläche

Zur Potenzialbetrachtung der Freiflächen-Photovoltaikanlagen wurde ebenfalls die Potenzialstudie des „Solarflächenkatasters“ herangezogen. Zur Konkretisierung und Aktualisierung der möglichen Potenzialflächen wurden in den Regionalkonferenzen kommunenspezifisch die im Solarflächenkataster gekennzeichneten EEG-förderfähigen und kommunal präferierten Flächen besprochen. Die als geeignet angesehenen Flächen wurden in die Potenzialberechnungen übernommen.

Die kommunenspezifischen Potenziale sind in den Steckbriefen in Anhang 3 hinterlegt. In Summe beläuft sich das Zubaupotenzial auf rund 40.860 MWh/a.

4.3.2 Windkraft

Nach eingehender Diskussion mit allen relevanten Akteuren werden beim Windkraftpotenzial die in Bau befindlichen, die geplanten sowie die genehmigten Anlagen herangezogen (Abbildung 8). Die insgesamt 20 Anlagen weisen ein zusätzliches Potenzial von ca. 111.410 MWh auf.

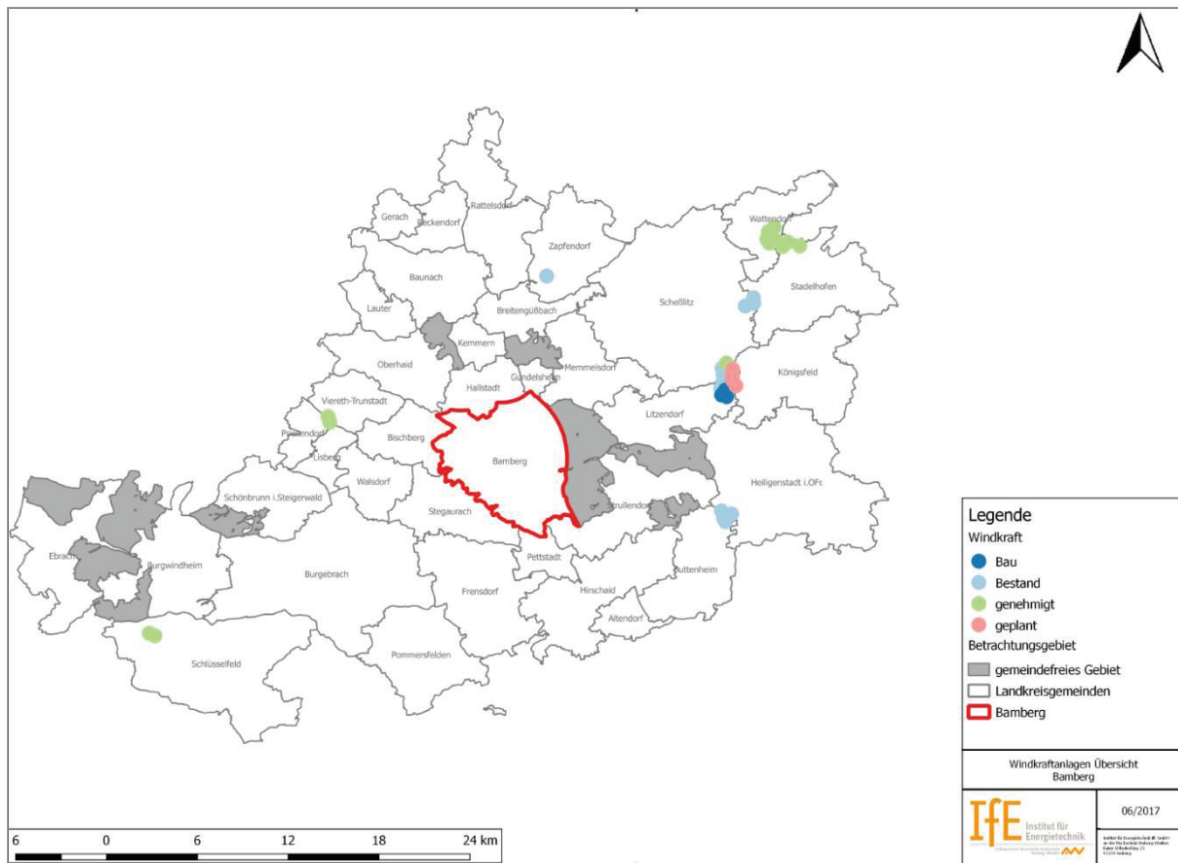


Abbildung 8: Übersicht der in der Potenzialbetrachtung berücksichtigten Windkraftanlagen

Ansonsten sind nach Abstimmung in den Regionalkonferenzen in den nächsten Jahren keine weiteren Anlagen vorgesehen und werden daher nicht explizit als weiteres Potenzial ausgewiesen.

Das Potenzial zur Nutzung von Kleinwindkraft weist eine hohe lokale Varianz auf und ist nur bedingt durch flächendeckende Analysen zu ermitteln. Grundsätzlich ist die Eignung eines Standortes durch eine mehrmonatige Windmessung vor Ort zu prüfen.

4.3.3 Wasserkraft

Nach Rücksprache mit dem zuständigen Wasserwirtschaftsamt besteht kein nennenswertes weiteres Potenzial zum Ausbau der Wasserkraft im Betrachtungsgebiet. Aus den Gesprächen in den Regionalkonferenzen geht hervor, dass in den Gemeinden Baunach, Ebrach, Oberhaid und Pettstadt Mühlen bzw. Querbauwerke zur energetischen Nutzung vorhanden sind. Dieses Potenzial kann im Rahmen dieser Arbeit nicht genauer abgeschätzt werden und Bedarf einer Einzelfallprüfung. Die möglichen Potenziale dieser Anlagen sind für die Gesamtbetrachtung nicht relevant.

Hinweis: Im Rahmen des Energienutzungsplanes wurde sich auf die beschriebenen Quellen gestützt. Für weitere Betrachtungen sind Detailanalysen von Experten erforderlich.

4.3.4 Biomasse

4.3.4.1 Brennholz aus Forstwirtschaft

Zur Analyse des technischen Potenzials an Brennholz wurde Rücksprache mit der zuständigen Fachbehörde, dem Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Bamberg gehalten:

Es konnte ermittelt werden, dass die stoffliche und energetische Nutzung im Ist-Zustand je nach Eigentümer (ca. 50% Privatwald, ca. 40% Staatswald und ca. 10% Kommunalwald), nach schwankendem Holzmarkt und Kalamitäten stark variiert.

Rein bilanziell wird den Berechnungen zufolge bereits mehr Holz für die energetische Nutzung im Landkreis Bamberg benötigt, als aktuell durch Holzeinschlag regenerativ für die energetische Nutzung zur Verfügung steht. Hieraus lässt sich ableiten, dass aktuell ein Import an Energieholz, z.B. aus den benachbarten Landkreisen, stattfindet.

Dies kann insbesondere damit begründet werden, dass ein Teil des Gesamtwachses in die Holzern- te fließt und wiederum nur ein geringer Anteil davon (5-15%) der energetischen Nutzung zugeführt wird.

Aus diesem Grund wird im Rahmen des Energienutzungsplanes für den Landkreis in Summe kein weiteres technisches Ausbaupotenzial im Bereich Brennholz aus Forstwirtschaft ausgewiesen.

Hinweis: In einzelnen Kommunen im Landkreis ist noch ein zusätzlich nutzbares Potenzial vorhanden, wohingegen in anderen Kommunen die aktuelle Nutzung das nachwachsende Potenzial überschreit- tet. In Summe liegt bilanziell kein weiteres Zubaupotenzial vor.

4.3.4.2 Biogasanlagen

In Tabelle 4 sind die Potenziale im Betrachtungsgebiet zusammengefasst, die kommunenspezifischen Werte sind im jeweiligen Gemeindesteckbrief, siehe Anhang 3, enthalten.

Tabelle 4: Zusammenfassung technisches Biogaspotenzial im Betrachtungsgebiet

Potential an Biogas	
Energieträger	
Energiepflanzen	404.800 MWh/a
Gülle	38.800 MWh/a
Bioabfall	12.600 MWh/a
Klärschlamm	21.800 MWh/a
→Leistung Biogasanlage	23.800 kW_{el}
→Stromproduktion gesamt	190.000 MWh/a
→Wärmeproduktion gesamt	215.000 MWh/a

Das Gesamtpotenzial von 478.000 MWh/a beinhaltet die energetische Verwertung von Energiepflan- zen auf rund 20 % der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche, die energetischen Nutzung von rund 50 % des gesamten Gülleanfalls im Betrachtungsgebiet sowie das überschlägig ermittelte Po- tenzial an Klärschlamm und Bioabfall. Die erzeugte Biogasenergie kann z. B. in Blockheizkraftwerken in elektrische und thermische Energie umgewandelt werden. Ausgehend von dem zur Verfügung stehenden Potenzial an gasförmiger Biomasse könnten KWK-Anlagen mit einer Leistung von insge- samt rund 23.800 kW_{el} installiert werden. Bei angenommenen Nutzungsgraden von $\eta_{el} = 0,40$ und $\eta_{th} = 0,45$ sowie einer jährlichen Vollbenutzungsdauer von 7.000 h/a können in Summe aus allen gas- förmigen Energieträgern somit 190.000 MWh_{el} und 215.000 MWh_{th} erzeugt werden. Aktuell sind bereits 13.100 kW_{el} installiert.

- Es wird ein technisches Gesamtpotenzial zur Errichtung von Biogasanlagen / Biomethanaufbereitungsanlagen von insgesamt 23.800 kW_{el} ausgewiesen. Derzeit sind bereits Anlagen mit einer Leistung von rund 13.100 kW_{el} installiert, wodurch sich ein Zubaupotenzial von 10.700 kW errechnet. Des Weiteren besteht ausgehend von den Ergebnissen der Betreiberbefragung [Fra Bio] noch ein hohes Potenzial zur Abwärmenutzung.

Hinweise:

Der Zubau weiterer Biogasanlagen / Biomethanaufbereitungsanlagen ist von den Rahmenbedingungen des EEG abhängig. Die Umsetzung neuer Biogasanlagen muss im Einzelfall geprüft werden.

4.3.5 Geothermie

Die Geothermie oder Erdwärme ist die im zugänglichen Teil der Erdkruste gespeicherte Wärmeenergie. Sie kann sowohl direkt genutzt werden, etwa zum Heizen und Kühlen, als auch zur Erzeugung von elektrischem Strom in KWK-Anlagen. Grundsätzlich gibt es zwei Arten der Geothermienutzung:

- **Oberflächennahe Geothermie** bis ca. 400 Meter Tiefe zur Wärme- und Kältegewinnung (meist über Wärmepumpen in Verbindung mit Erdwärmesonden oder -kollektoren, die als Wärmetauscher genutzt werden)
- **Tiefengeothermie** bis ca. 7 km Tiefe. In diesen Tiefen können höhere Temperaturniveaus erschlossen werden, sodass neben der Wärmeproduktion auch die Produktion von Strom über die sog. Kraft-Wärme-Kopplung möglich ist.

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

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

Die oberflächennahe Geothermie könnte künftig einen erheblichen Beitrag zur Senkung der CO₂-Emissionen leisten, insbesondere dann, wenn der für den Betrieb der Wärmepumpen notwendige Stromeinsatz aus regenerativen Energieformen erfolgt. Gerade bei Neubauten entscheiden sich viele Bauherren für den Einsatz einer Wärmepumpe, um die Anforderungen des Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetzes (EEWärmeG) zu erfüllen. Das Gesamtpotenzial an oberflächennaher Geothermie im Betrachtungsgebiet kann im Rahmen dieser Studie nicht quantitativ ermittelt werden.

In Abbildung 9 sind die als wirtschaftlich erachteten möglichen Gebiete für tiefe Geothermie in Bayern dargestellt. Die Lage des Landkreises wurde in der Karte mit einem schwarzen Kreis gekennzeichnet. Die farblich gekennzeichneten Flächen stellen Gebiete mit geologisch günstigen Verhältnissen für die energetische Nutzung von Erdwärme mittels tiefer Geothermie dar. Der Landkreis Bamberg liegt in einem Gebiet mit grundsätzlich ungünstigen geologischen Verhältnissen für die Energieerzeugung aus tiefer Geothermie.

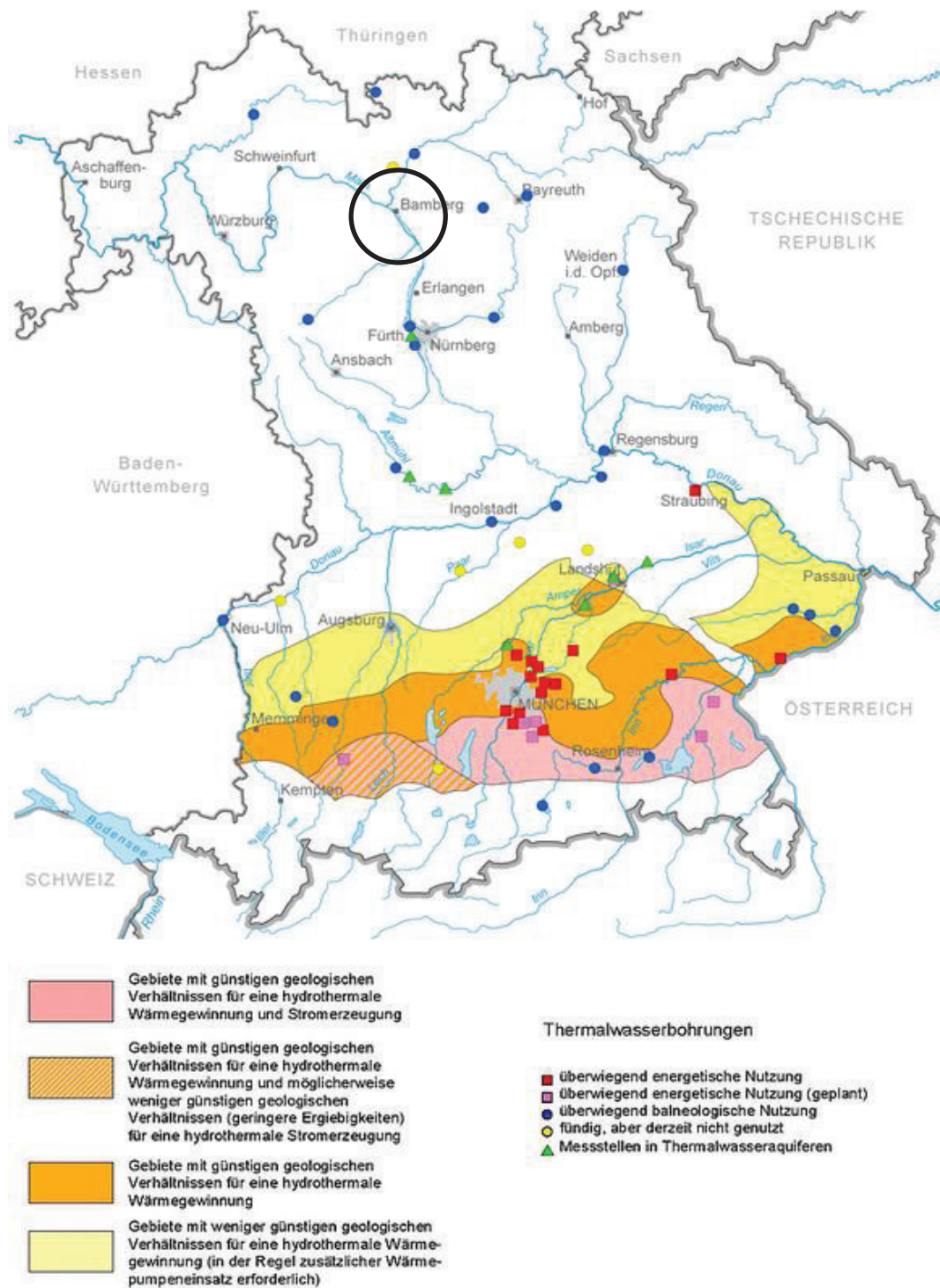


Abbildung 9: Das Tiefengeothermipotenzial in Bayern [LfU Geo]

Im Bereich der Tiefengeothermie wird aktuell keine Anlage im Betrachtungsgebiet betrieben. Ein Aufbau der Tiefengeothermie im Betrachtungsgebiet setzt voraus, dass örtlich stark konzentrierte große Wärmesenken erschließbar sind, die den technischen und wirtschaftlichen Aufwand für den Bau solcher Anlage rechtfertigen. Dies ist in Abstimmung mit den beteiligten Akteuren derzeit nicht

der Fall, sodass aktuell kein Potenzial für die Tiefengeothermie gesehen wird.

4.3.6 Zusammenfassung Erneuerbare Energien

In den nachfolgenden Tabellen sind der Ist-Zustand sowie das technische Potenzial der Erneuerbaren Energien im Bilanzgebiet, getrennt für die Stadt und den Landkreis Bamberg, dargestellt. Die Differenz zwischen Bestand und technischem Gesamtpotenzial gibt das zur Verfügung stehende technische Ausbaupotenzial wieder.

Im Landkreis Bamberg könnten durch Umsetzung der technischen und nachhaltigen Potenziale im Bereich der Erneuerbaren Energien, ausgehend vom Bilanzjahr 2014, zusätzlich jährlich rund 429.090 MWh regenerativer Strom und rund 88.240 MWh regenerative Wärme bereitgestellt werden (Tabelle 5).

Tabelle 5: Die Potenziale im Bereich der Erneuerbaren Energien auf Landkreisebene

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	50% der Potentialfläche (SFK)	85.200	-	304.700	-	219.500	-
Freiflächen-PV	Grundlage Solarflächenkataster	31.010	-	71.900	-	40.860	-
Solarthermie	50% des Warmwasserbedarfs	-	19.580	-	45.100	-	25.520
Biomasse	Wald/Altholz/Nebenprod.	-	273.790	-	231.200	-	0
Biogas	landw. Nutzfläche, Gülle	122.980	141.180	180.300	203.900	57.320	62.720
Windkraft	20 Anlagen	52.820	-	164.230	-	111.410	-
Wasserkraft	4 Querbauwerke	58.020	-	58.020	-	n.b.	-
Summe EE		350.030	434.550	779.150	480.200	429.090	88.240

Die dargestellten Potenziale im Bereich der Windkraft werden im Zeitraum der Konzepterstellung bereits in großem Umfang ausgebaut. Die weiteren größten Ausbaupotenziale bestehen bei der Aufdach-Photovoltaik sowie in der sinnvollen Abwärmenutzung von Biogasanlagen. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass es sich hier um technische, nicht um wirtschaftliche Potenziale handelt. Eine Umsetzung ist daher nicht zwangsläufig möglich. Zusätzliches Ausbaupotenzial besteht im Bereich der Freiflächen-Photovoltaik und Solarthermie. Demgegenüber sind keine Potenziale im Bereich der Tiefengeothermie und der festen Biomasse sowie nur sehr geringe Potenziale in der Wasserkraft vorhanden.

In Tabelle 6 sind die technischen und nachhaltigen Potenziale im Bereich der Erneuerbaren Energien in der Stadt Bamberg dargestellt. Ausgehend vom Bilanzjahr 2014 könnten zusätzlich jährlich rund 80.590 MWh regenerativer Strom und rund 22.690 MWh regenerative Wärme bereitgestellt werden.

Tabelle 6: Die Potenziale im Bereich der Erneuerbaren Energien auf Landkreisebene

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 50% der Potentialfläche (SFK)	10.500	-	87.000	-	76.500	-
Freiflächen-PV keine geeignete Fläche	380	-	380	-	0	-
Solarthermie 50% des Warmwasserbedarfs	-	2.290	-	20.700	-	18.410
Biomasse Wald/Altholz/Nebenprod.	-	58.500	-	58.500	-	0
Biogas landw. Nutzfläche, Bioabfälle, Klärschlamm	6.010	7.020	10.100	11.300	4.090	4.280
Windkraft keine geeigneten Standorte	0	-	0	-	0	-
Wasserkraft keine geeigneten Querbauwerke	9.660	-	9.660	-	0	-
Summe EE	26.550	67.810	107.140	90.500	80.590	22.690

Die größten Ausbaupotenziale bestehen bei der Aufdach-Photovoltaik und solarthermischen Nutzung der nutzbaren Dachflächen. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass es sich hier um technische, nicht um wirtschaftliche Potenziale handelt. Eine Umsetzung ist daher nicht zwangsläufig möglich. Zusätzliches Ausbaupotenzial besteht im Bereich der Biogasnutzung. Die nutzbaren Potenziale sind im Vergleich zum Landkreis aufgrund der Flächenverhältnisse und –verteilung des urbanen Raumes begrenzt.

5 Maßnahmenkatalog

Das Kernziel des Energienutzungsplanes ist die Erstellung eines umsetzungsorientierten und praxisbezogenen Maßnahmenkataloges, der konkrete Handlungsempfehlungen für die Kommunen aufzeigt. Dieser Maßnahmenkatalog wurde in enger Abstimmung mit den kommunalen Akteuren ausgearbeitet und während des Prozesses in zwei Regionalkonferenzen konkretisiert. Die jeweiligen Maßnahmenkataloge sind in Anhang 2 angefügt. Darüber hinaus wurden 15 Projekte aus dem Maßnahmenkatalogen als Detailprojekte umfassend auf technische und wirtschaftliche Umsetzbarkeit hin geprüft (siehe Anhang 1).

6 Zusammenfassung / Weiteres Vorgehen

Die Erstellung des Energienutzungsplanes erfolgte im Auftrag der Klimaallianz Bamberg und wurde durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie gefördert. In einer umfassenden Bestandsaufnahme wurde zunächst detailliert die Energiebilanz im Ist-Zustand (Jahr 2014) erfasst und der Anteil der Erneuerbaren Energien an der Energiebereitstellung ermittelt.

Im nächsten Schritt wurde im Rahmen einer Potenzialanalyse untersucht, welche Energieeinsparpotenziale und Potenziale zur Steigerung der Energieeffizienz bis zum Jahr 2030 realistisch ausgeschöpft werden können. Anschließend wurde geprüft, welche regionalen Ausbaupotenziale an erneuerbaren Energien vorhanden sind. Basierend darauf konnte eine realistische, strategische Zielvorgabe zum bilanziellen Anteil der Erneuerbaren Energien am Gesamtenergieverbrauch im Jahr 2030 ermittelt werden. Die zusammenfassenden Ergebnisse der Potenzialanalyse für die Stadt und den Landkreis Bamberg sind in den folgenden Abbildungen dargestellt. Die kommunenspezifischen Ergebnisse können den Steckbriefen in Anhang 3 entnommen werden.

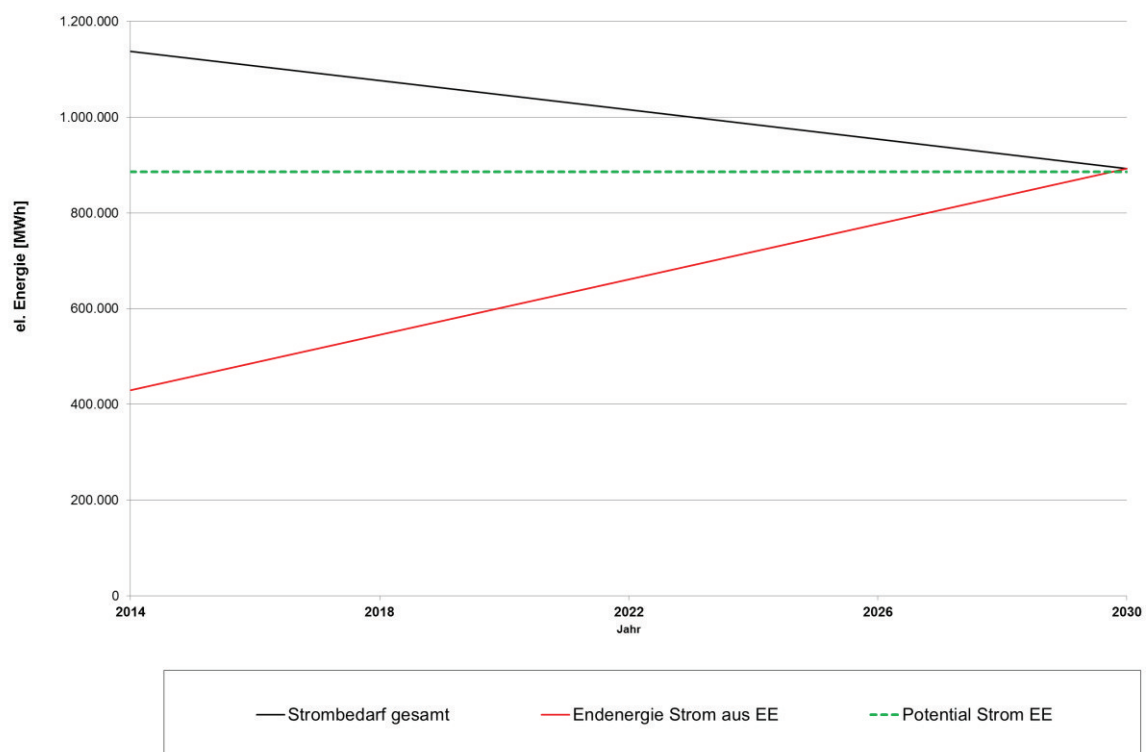


Abbildung 10: Entwicklung des elektrischen Energiebedarfes und Ausbau der Stromerzeugung aus EE

In Abbildung 10 ist die prognostizierte Entwicklung des gesamten Strombedarfes im Betrachtungsge-

biet für die einzelnen Jahre 2014 – 2030 dargestellt. Durch Effizienzsteigerung und den Umstieg auf moderne Technologien könnte unter den angenommenen Randbedingungen der Bedarf an elektrischer Energie von aktuell 1.137.079 MWh/a auf 891.733 MWh/a im Jahr 2030 gesenkt werden (schwarze Linie). Die rote Linie zeigt den Ausbau der regenerativen Stromerzeugung an unter dem Ziel, dass im Zieljahr 2030 der Strombedarf bilanziell zu 100% aus Erneuerbaren Energie gedeckt wird. Der notwendige Ausbau der Erneuerbaren Energien wurde hier vereinfachend als linear angenommen (es erfolgt also bezogen auf den Ist-Zustand jedes Jahr der gleich prozentuale Zubau von Erneuerbare-Energien-Anlagen). Die grün gestrichelte Linie zeigt das vorhandene technische Gesamtpotenzial an Strom aus Erneuerbaren Energien im Betrachtungsgebiet.

Wird das gesamte Ausbaupotenzial an Erneuerbaren Energien ausgeschöpft, verbleibt im Jahr 2030 weiterhin eine Strommenge von 5.400 MWh pro Jahr an elektrischer Endenergie, welche aus fossiler Energie oder durch Energiehandel gedeckt werden muss, oder mit Nachbarkommunen außerhalb des Betrachtungsgebietes ausgetauscht werden kann (Import). Eine bilanzielle Eigenversorgung ist jedoch annähernd möglich.

Zu beachten ist in jedem Fall, dass im Rahmen des Energienutzungsplanes lediglich eine bilanzielle und keine zeitliche Betrachtung erfolgt. Dies bedeutet, dass durch die vorgeschlagenen Maßnahmen der Energiebedarf im Betrachtungsgebiet nicht zu jedem Zeitpunkt im Jahr aus Erneuerbaren Energien gedeckt werden kann (z. B. im Winter oder bei Dunkelheit), sondern weiterhin ein Energieaustausch (Export, Import) mit den angrenzenden Regionen notwendig ist.

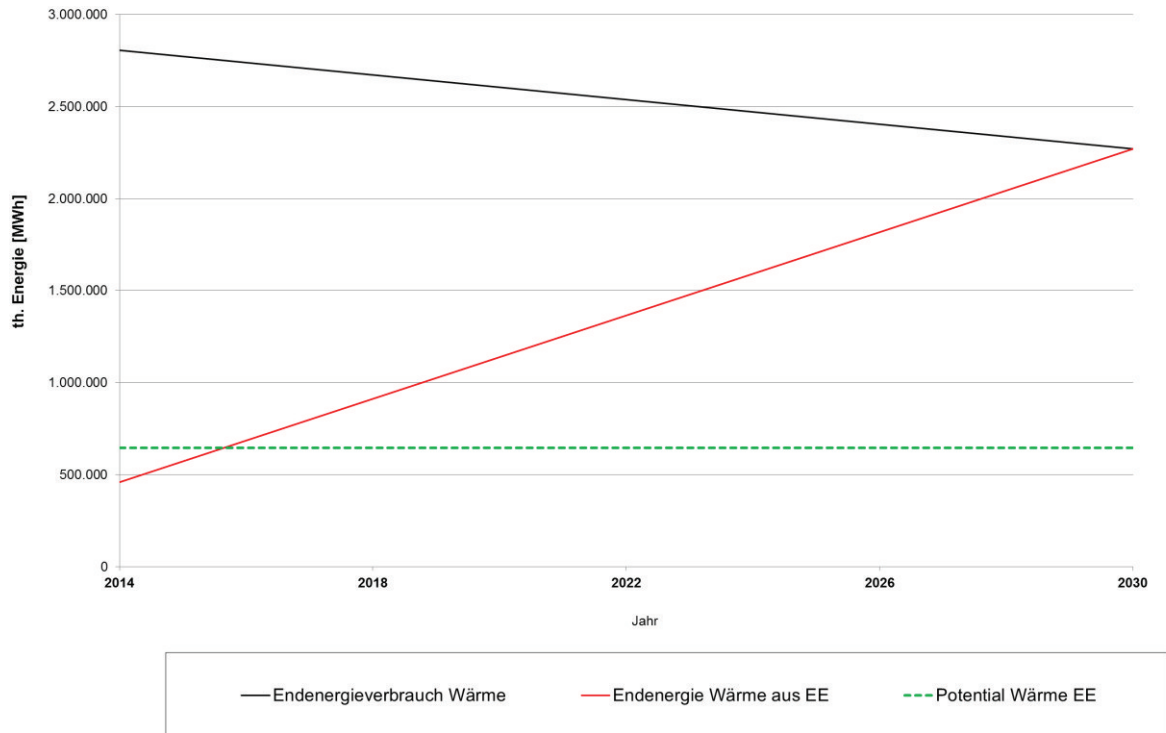


Abbildung 11: Entwicklung des thermischen Energieverbrauches und Ausbau der Wärmeerzeugung aus EE im Betrachtungsgebiet

In Abbildung 11 ist die prognostizierte Entwicklung des gesamten Wärmebedarfs für die Jahre 2014 bis 2030 dargestellt. Durch Wärmedämmmaßnahmen und Effizienzsteigerung könnte unter den angenommenen Randbedingungen der Wärmebedarf von aktuell rund 2.803.679 MWh/a auf rund 2.267.591 MWh/a im Jahr 2030 gesenkt werden (schwarze Linie).

Rot dargestellt ist das Ausbauszenario für die Wärmebereitstellung aus Erneuerbaren Energien, in dem ausgehend vom Ist-Zustand im Bilanzjahr 2014 von einem linearen Zubau bis hin zu einer Vollversorgung im Jahr 2030 angenommen wird. Die grün gestrichelte Linie zeigt das vorhandene Potenzial zur Wärmebereitstellung aus Erneuerbaren Energien.

Auch unter der Berücksichtigung der beschriebenen Einsparpotenziale sowie dem Ausbau an Erneuerbaren Energien bleibt im Jahr 2030 eine bilanzielle Unterdeckung von 1.621.6000 MWh an thermischer Endenergie pro Jahr bestehen, die weiterhin aus fossilen Quellen gedeckt werden müsste. Dies bedeutet, dass der thermische Energiebedarf auch bei Erreichung aller Effizienz- und Ausbauziele nicht vollständig aus dem im Betrachtungsgebiet verfügbaren Potenzial an Erneuerbaren Energien gedeckt werden kann

Das Kernziel des Energienutzungsplanes war die Erstellung eines umsetzungsorientierten und praxisbezogenen Maßnahmenkataloges, der konkrete Handlungsempfehlungen für die Kommune aufzeigt. Dieser Maßnahmenkatalog wurde in enger Abstimmung mit den kommunalen Akteuren ausgearbeitet und in drei Regionalkonferenzen konkretisiert und abgestimmt. Daraus wurden die 15 folgenden Maßnahmenvorschläge als Detailprojekt näher betrachtet und umfassend auf technische und wirtschaftliche Umsetzbarkeit hin geprüft:

Leuchtturmprojekte des Landkreises: → Kapitel 10.1 – 10.2

- Optimierung der Klärschlammnutzung im Landkreis
- Prüfung Stromverbrauch Staatliche Realschule Hirschaid

Leuchtturmprojekte der Kommunen des Landkreises: → Kapitel 10.3 – 10.10

- | | |
|---|--------------------------------|
| • PV mit Stromeigennutzung – Kläranlage | → Kläranlage Königsfeld |
| • PV mit Stromeigennutzung - Sonstige z.B. Schule | → Mittelschule Scheßlitz |
| • Abwärmenutzung Biogasanlage | → BGA Litzendorf |
| • Nahwärmenetz betrachtung | → Burgebrach „Ortsmitte“ |
| • Nahwärmenetz mit Abwärmenutzung | → Hallstadt |
| • Umstellung auf Stromeigennutzung PV | → geeignete PV-Anlagen |
| • Sanierungskonzept/Effizienzsteigerung | → Feuerwehrgebäude Oberhaid |
| • Sanierungskonzept/Effizienzsteigerung | → Hauptsmoorhalle Strullendorf |

Leuchtturmprojekte der Stadt Bamberg: → Kapitel 10.11 – 10.15

- Prüfung hocheffizienter Kraft-Wärme-Kopplung
→ Städtischer Schlachthof
- Photovoltaik mit Stromeigennutzung
→ Graf-Stauffenberg-Wirtschaftsschule
- Energieeinsparung/Effizienzsteigerung Lüftungsanlage
→ Graf-Stauffenberg-Wirtschaftsschule
- Erweiterung bestehendes Nahwärmenetz
→ Netzabschnitt „Landratsamt“
- Identifizierung geeigneter Areale für Inselösungen (Aufbau Nahwärmeverbund, Einsatz KWK)
→ Beispiel Glaskontorgelände

Die Stadt Bamberg als auch zahlreiche Kommunen im Landkreis haben ihr Interesse an der Weiterentwicklung und Umsetzung der erarbeiteten Maßnahmen und Leuchtturmprojekte bekundet. Um aufbauend auf die im Energienutzungsplan erarbeiteten Projektideen und Maßnahmenvorschläge weiterzuarbeiten, wird die Gründung eines kommunalen Energieeffizienznetzwerks empfohlen.

7 Quellenverzeichnis

- [BAFA Sol] Webseite: www.solaratlas.de
- [BAFA Eff] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle; Kommunale Energieberatung/
Netzwerke Kommunen – Allgemeine Informationen; Internetseite:
http://www.bafa.de/bafa/de/energie/energieberatung_netzwerke_kommunen/index.html
- [EED] Richtlinie 2012/27/EU des Europäischen Parlaments und Rates, 25.12.2012
- [EVU Strom] Netzabsatz Strom und Stromeinspeisung aus EEG/KWK-Anlagen
- [EVU Erdgas] Netzabsatz Erdgas
- [Fernwärme] Fragebögen Fernwärmenetze
- [Kaminkehrer] Aufstellung der installierten Heizkessel im Betrachtungsgebiet
- [SFK] Solarflächenkataster für die Stadt und den Landkreis Bamberg, 2011

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Projektablauf und Akteursbeteiligung	8
Abbildung 2: Verteilung des Endenergieeinsatzes auf die betrachteten Verbrauchergruppen	14
Abbildung 3: Endenergieeinsatz im Bilanzgebiet aufgeschlüsselt nach Energieträgern.....	15
Abbildung 4: Die Einspeisung aus Erneuerbaren Energien im Jahr 2014.....	16
Abbildung 5: Grafische Darstellung der EEG-Anlagen in der Stadt und dem Landkreis Bamberg.....	17
Abbildung 6: Beispiel Wärmekataster für die Stadt Hallstadt.....	20
Abbildung 7: Die denkmalgeschützten Bereiche in der Stadt Bamberg.....	22
Abbildung 8: Übersicht der in der Potenzialbetrachtung berücksichtigten Windkraftanlagen	27
Abbildung 9: Das Tiefengeothermiepotenzial in Bayern [LfU Geo]	32
Abbildung 10: Entwicklung des elektrischen Energiebedarfes und Ausbau der Stromerzeugung aus EE	36
Abbildung 11: Entwicklung des thermischen Energieverbrauches und Ausbau der Wärmeerzeugung aus EE im Betrachtungsgebiet	38
Abbildung 12: Anteil Klärschlammverwertung an Gesamtklärschlammmenge	49
Abbildung 13: Zwei mögliche Bearbeitungsschritte bei der Klärschlammverwertung.....	51
Abbildung 14: Entwicklung des Stromverbrauches und der Schülerzahl.....	54
Abbildung 15: Jahresverbräuche Hoch- und Niedertarif.....	55
Abbildung 16: Der Stromlastgang des Jahres 2015.....	56
Abbildung 17: Foto Betriebsgebäude Kläranlage Königsfeld	58
Abbildung 18: Anlagenkonfiguration der PV-Anlage.....	59
Abbildung 19: Der kumulierte Überschuss nach 20 Jahren bei einer Kapitalrückflussdauer von 13 Jahren	59
Abbildung 20: Luftbild Mittelschule Scheßlitz; Quelle: Bayerische Vermessungsverwaltung	61
Abbildung 21: Anlagenkonfiguration der PV-Anlage.....	62
Abbildung 22: Der kumulierte Überschuss nach 20 Jahren bei einer Kapitalrückflussdauer von 13 Jahren	63

Abbildung 23: Die betrachteten Liegenschaften im Nahwärmeverbund „Ortsmitte Burgebrach“	66
Abbildung 24: Die geordnete Jahresdauerlinie des Gesamtwärmebedarfs in der Nahwärmeverbundlösung „Ortsmitte Burgebrach“	68
Abbildung 25: Nahwärmeverbundlösung „Ortsmitte Burgebrach“: Die Jahresdauerlinie der Variante 1	69
Abbildung 26: Nahwärmeverbundlösung „Ortsmitte Burgebrach“: Die Jahresdauerlinie der Variante 2	70
Abbildung 27: Nahwärmeverbundlösung „Ortsmitte Burgebrach“: Die Jahresdauerlinie der Variante 3	71
Abbildung 28: Nahwärmeverbundlösung „Ortsmitte Burgebrach“: Die prognostizierten Investitionskosten	74
Abbildung 29: Nahwärmeverbundlösung „Ortsmitte Burgebrach“: Die jährlichen Ausgaben	75
Abbildung 30: Nahwärmeverbundlösung „Ortsmitte Burgebrach“: Die jährlichen Einnahmen	76
Abbildung 31: Nahwärmeverbundlösung „Ortsmitte Burgebrach“: Die Wärmegestehungskosten	77
Abbildung 32: Nahwärmeverbundlösung „Ortsmitte Burgebrach“: Die CO ₂ -Bilanz der verschiedenen Varianten	78
Abbildung 33: Die betrachteten Liegenschaften im Nahwärmeverbund „Stadt Hallstadt“	81
Abbildung 34: Die geordnete Jahresdauerlinie des Gesamtwärmebedarfs in der Nahwärmeverbundlösung „Stadt Hallstadt“	83
Abbildung 35 Elektrischer Bezugslastgang der Klinik 2014 [Quelle: Stadtwerke Bad Windsheim]	123
Abbildung 36 Geordnete, elektrische Jahresdauerlinie der Klinik für das Jahr 2014 [Quelle: Stadtwerke Bad Windsheim]	124
Abbildung 37: Monatlicher Wärmebedarf des Schlachthofs (Prognose IfE).....	125
Abbildung 38: Prognostizierte geordnete, thermische Jahresdauerlinie der Wärmeversorgung	126
Abbildung 39: Aufnahme der Graf-Stauffenberg-Wirtschaftsschule	129
Abbildung 40: Anlagenkonfiguration PV-Anlage	130
Abbildung 41: Der kumulierte Überschuss nach 20 Jahren bei einer Kapitalrückflussdauer von 13 Jahren	131
Abbildung 42: Die betrachteten Netzvarianten zur Erschließung des Landratsamtes	154

Abbildung 43: Die betrachteten Liegenschaften im Nahwärmeverbund „Glaskontorgelände“	157
Abbildung 44: Die geordnete Jahresdauerlinie des Gesamtwärmebedarfs in der Nahwärmeverbundlösung „Glaskontorgelände“ und der dezentrale Versorgung	158
Abbildung 45: Übersicht der KWK-Zuschläge nach KWK-G 2016	307
Abbildung 46: Übersicht der KWK-Förderdauern nach KWK-G 2016	308
Abbildung 47: Die Entwicklung des „üblichen Preises“ für die KWK-Stromvergütung	309

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Die CO ₂ -Äquivalente der jeweiligen Energieträger	12
Tabelle 2: Zusammenfassung der verbrauchergruppenspezifischen Einsparpotenziale im Landkreis Bamberg	25
Tabelle 3: Zusammenfassung der verbrauchergruppenspezifischen Einsparpotenziale in der Stadt Bamberg	25
Tabelle 4: Zusammenfassung technisches Biogaspotenzial im Betrachtungsgebiet	29
Tabelle 5: Die Potenziale im Bereich der Erneuerbaren Energien auf Landkreisebene.....	33
Tabelle 6: Die Potenziale im Bereich der Erneuerbaren Energien auf Landkreisebene.....	34
Tabelle 7: Wirtschaftlichkeitsvergleich der PV-Anlage bei verschiedenen Analgengrößen	60
Tabelle 8: Die Erschließungspotenziale im Gebietsumfang der Biogasanlage	65
Tabelle 9: Die Kenndaten der Nahwärmeverbundlösung „Ortsmitte Burgebrach“	66
Tabelle 10: Zusammenfassung Wärmeversorgung Nahwärmeverbundlösung „Ortsmitte Burgebrach“	79
Tabelle 11: Die Kenndaten der Nahwärmeverbundlösung „Stadt Hallstadt“	81
Tabelle 12: Die Wärmegestehungskosten der Nahwärmeverbundlösung	84
Tabelle 13: Kalkulation der möglichen Mehreinnahmen der Anlage „Rathaus Bischberg“ bei Umstellung auf Stromeigennutzung.....	87
Tabelle 14: Kalkulation der möglichen Mehreinnahmen der Anlage „Schule Bischberg“ bei Umstellung auf Stromeigennutzung	88
Tabelle 15: Die Kenndaten des betrachteten BHKW	127
Tabelle 16: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	128
Tabelle 17: Die ermittelten Kennzahlen der beiden Netzvarianten.....	155
Tabelle 18: Die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	156
Tabelle 19: Die Kenndaten der Nahwärmeverbundlösung „Glaskontorgelände“	158
Tabelle 20: Zusammenfassung Wärmeversorgung Nahwärmeverbundlösung „Ortsmitte Burgebrach“	159