

Energienutzungsplan

Stadt Fürth

November 2018

Diese Studie wurde erstellt von:

Erich Maurer

Nicola Polterauer

Wolfgang Seitz

Christian Stenglein

ENERGIEAGENTUR nordbayern GmbH

Fürther Str. 244a | 90429 Nürnberg | Fon: 0911/ 99 43 96-0 | E-Mail: seitz@ea-nb.de

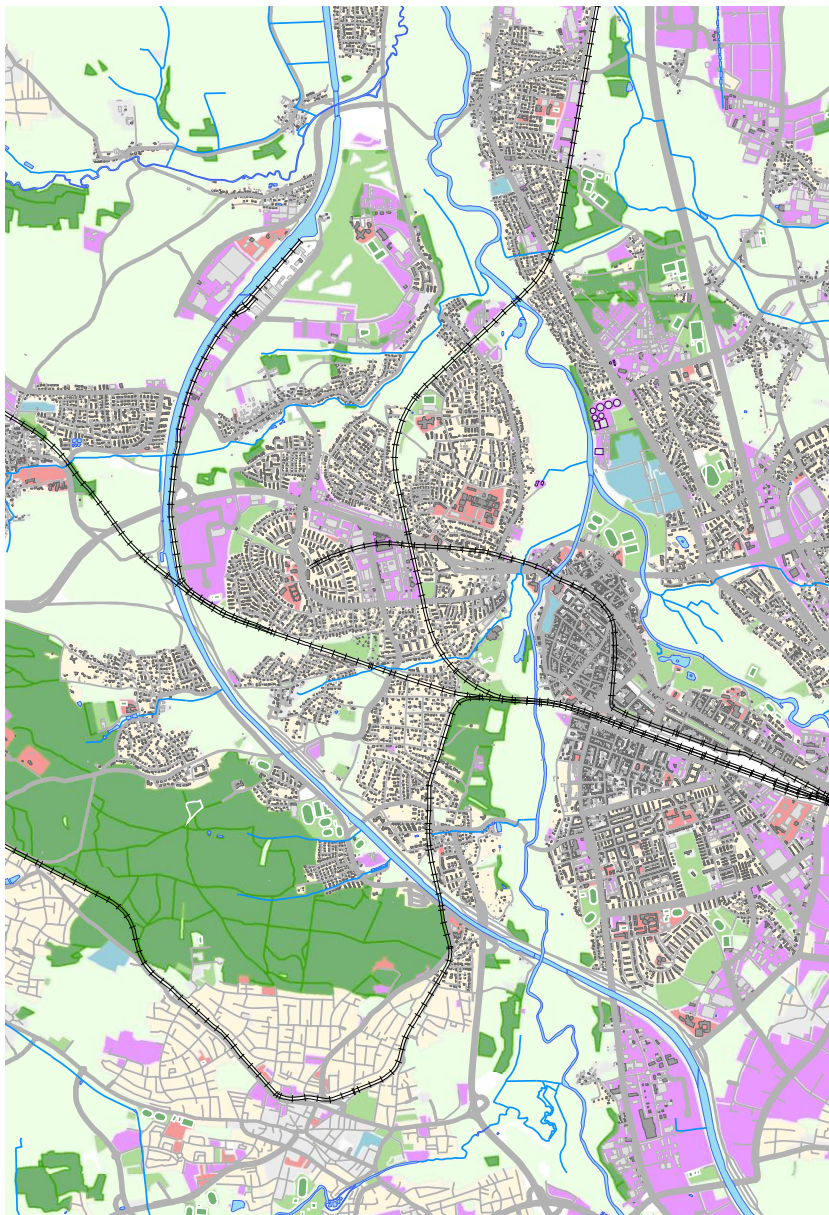
bifa Umweltinstitut / bifa environmental institute

Am Mittleren Moos 46 | 86167 Augsburg

Diese Studie wird gefördert durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft und Medien,
Energie und Technologie.

Energienutzungsplan

Stadt Fürth



Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	6
2	Bestandsanalyse, Wärmekataster	11
2.1	Bestandsanalyse Wärme	11
2.2	Bestandsanalyse Strom	15
2.3	Wärmekataster	15
2.3.1	Wohnwärmebedarf nach Baualter und Bautyp	16
2.3.2	Wärmezentren Gewerbe.....	24
3	Endenergie- und CO ₂ -Bilanz.....	28
4	Potenzielle Energieeffizienz, KWK, Erneuerbare Energien	33
4.1	Energieeffizienz	33
4.1.1	Sektor Wohnen, Heizwärme und Warmwasser	33
4.1.2	Kommunale Liegenschaften	38
4.1.3	Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie	40
4.2	Potenzial von Kraft-Wärme-Kopplung und Fernwärme.....	45
5	Erneuerbare Energien.....	50
5.1	Potenzielle Erneuerbare Energien Strom.....	50
5.1.1	Potenzielle Photovoltaik	51
5.1.2	Potenzielle Tiefengeothermie	57
5.1.3	Potenzielle Wasserkraft	58
5.1.4	Potenzielle Windenergie	58
5.1.5	Potenzielle Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) Biogas.....	61
5.2	Potenzielle Erneuerbare Energien Wärme.....	63
5.2.1	Potenzielle Solarthermie	63
5.2.2	Potenzielle Geothermie	64
5.2.3	Potenzielle Biomasse.....	66
6	Zukunftsvarianten bis 2030	68
6.1	Referenzszenario.....	68
6.2	Effizienzzenario.....	70
6.3	Klimaschutzszenario.....	71
7	Entwicklung der CO ₂ - und THG-Emissionen.....	73
8	Maßnahmen	75
8.1	Maßnahmenkatalog	75
8.1.1	Abwärmenutzung mittlerer und großer Bäckereien.....	76
8.1.2	Kraft-Wärme-Kopplung und Wärmeverbünde bei Hotels/Gasthöfen	77
8.1.3	Wärmerückgewinnung aus dem Abwasser von Wäschereien.....	78
8.1.4	Nutzung der Abgaswärme.....	79
8.1.5	Abwärmenutzung von Kälteanlagen	80
8.1.6	Frischdampfauskopplung bei GuD-Anlagen.....	81
8.1.7	Wärmerückgewinnung aus dem Kühlkreislauf	82
8.1.8	Fernwärmeinitiative	83
8.1.9	Energieeffiziente Stadtsanierung	84
8.1.10	Sanierungsmanagement in Stadtquartieren	85
8.1.11	Fachveranstaltung „Energetische Gebäudesanierung“	86
8.1.12	Infokampagne “Energieeffiziente Gebäudehülle in Wohngebäuden“ ...	87

8.1.13	Beratungskonzept denkmalgeschützte Gebäude	88
8.1.14	Infokampagne Heizungsumstellung und Anlagentechnik.....	89
8.1.15	Energieeinsparcontracting kommunaler Liegenschaften	90
8.1.16	Vor-Ort-Energieberatungen in Unternehmen	91
8.1.17	Prüfung der Wirtschaftlichkeit von KWK/ KWKK in Unternehmen.....	92
8.1.18	Energieberatung und Fördermöglichkeiten für Privathaushalte	93
8.1.19	Konzeptausschreibung zur energetischen Qualität bei Bauvorhaben.....	94
8.1.20	Umweltbildung an Schulen	95
8.2	Ausbau der dezentralen Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)	96
8.2.1	KWK in kommunalen Gebäuden	96
8.2.2	Klein-KWK im Denkmalschutz	102
8.3	Ausbau Fernwärme	106
8.3.1	Fernwärmeversorgung Helene-Lange-Gymnasium	107
8.3.2	Fernwärmeversorgung Mittelschule Kiderlinstraße	110
8.3.3	Fernwärmeversorgung Geschoßwohnungsbau Herrnstraße	113
8.4	Begehung kommunaler Liegenschaften.....	118
8.4.1	Begehung Grundschule Friedrich-Ebert-Straße	118
8.4.2	Begehung Mittelschule Soldnerstraße.....	122
8.4.3	Begehung Mittelschule Kiderlinstraße	126
8.4.4	Begehung Grundschule Ligusterweg.....	129
8.4.5	Begehung Förderschule Otto – Lilienthal.....	135
8.5	Untersuchung im Sektor Gewerbe.....	139
8.6	Controllingsystem im kommunalen Bereich	144
8.6.1	Vorhandenes Gebäudemanagement	144
8.6.2	Alternative Managementsysteme.....	145
9	Anhang.....	148
9.1	Abbildungsverzeichnis.....	148
9.2	Tabellenverzeichnis.....	152
9.3	Abkürzungsverzeichnis.....	153
9.4	Einheiten	154

1 Zusammenfassung

Die Erstellung des Energienutzungsplans (ENP) für die Stadt Fürth erfolgt im Rahmen eines Förderprogramms des Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie. Der Energienutzungsplan hat in der Zusammenfassung folgende wesentliche Ergebnisse geliefert:

Bestandsanalyse Wärme

- Der Wärmeverbrauch aller Sektoren in der Stadt Fürth beträgt aktuell ca. 1.369.500 MWh für das Jahr 2016. Davon verbrauchen die privaten Haushalte ca. 64 %, der Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie 32 % und kommunale Einrichtungen 4 %.
- Der Wärmeverbrauch (ohne Heizstrom) wird zu 69 % durch Erdgas, 22 % durch Heizöl, 6 % durch Fernwärme, 2 % durch erneuerbare Energien und 1 % durch sonstige Energieträger gedeckt. Der Anteil fossiler Energien beträgt über 90 %.

Seit 2018 erhalten alle infra-Kunden (Haushalts- und Gewerbekunden ohne Leistungsmessung) zu 100 % Erdgas mit dem Label „klimaneutrale Gasverbrennung“. Hierfür werden die Emissionen, die beim Verbrennen des Erdgases entstehen, durch CO₂-Zertifikate von Klimaschutzprojekten (nach internationalen Standards) in Costa Rica und Indien kompensiert.

- Fast das gesamte Siedlungsgebiet liegt im Bereich des Erdgasnetzes. Darüber hinaus existieren vier Fernwärmenetze der infra fürth gmbh. Das größte Wärmenetz liegt in der Südstadt, weitere kleinere Fernwärmenetze sind im Gebiet „Eigenes Heim“ auf der Schwand, in der ehemalige Offizierssiedlung in Dambach und in Atzenhof rund um den Golfplatz vorhanden.
- Im Rahmen des Energienutzungsplans wurde ein Wärmekataster für das gesamte Stadtgebiet erstellt. Die höchsten Wärmedichten ergeben sich in der Innenstadt, der Südstadt und dem Bereich entlang der Nürnberger Straße. Daneben gibt es aber auch in vielen äußern Bezirken Bereiche mit hoher Wärmedichte (z. B. Hardhöhe, Poppenreuth, Burgfarnbach, Stadeln). In den erstellten Übersichtskarten ist sowohl die Wärmebedarfsdichte (Wärmebedarf eines Betrachtungsgebietes in MWh bezogen auf die Grundfläche des Betrachtungsgebietes in Hektar) als auch die Wärmebelegungsdichte (Wärmebedarf der Gebäude in kWh bezogen auf die Länge des dem Gebäude vorgelagerten Straßenstücks in laufenden Metern).

Bestandsanalyse Strom

- Der elektrische Stromverbrauch (einschl. Heizstrom, ohne Verkehr) in der Stadt Fürth beträgt aktuell ca. 513.200 MWh pro Jahr. Der größte Anteil entfällt auf den Sektor „Gewerbe-Handel-Dienstleistungen & Industrie“ (GHDI) mit 52 %, gefolgt von den privaten Haushalten mit 41 % und den kommunalen Einrichtungen mit knapp 7 %.

Der Stromverbrauch für infra-Kunden (Gewerbe- und Haushaltskunden) wird seit 2008 mit 100 % Ökostrom, aus norwegischer Wasserkraft, gemäß TÜV Nord Zertifizierung¹ gedeckt.

¹ TÜV NORD CERT Standard A75-S026-1

- Dem Stromverbrauch steht eine regenerative Stromerzeugung im Stadtgebiet von Fürth in Höhe von 13 % des Stromverbrauchs hauptsächlich durch Photovoltaik, Biogas und geringfügig aus Wasserkraft gegenüber.

Endenergie- und CO₂- / Treibhausgas-Bilanz (THG-Bilanz)

- Die vorhandene Endenergie- und CO₂- und THG-Bilanz der Stadt Fürth wurde für die Jahre 2015 und 2016 fortgeschrieben. Der Energieverbrauch (ohne Verkehr) ist von 2014 bis 2016 um 1,7 % gestiegen. Er liegt aktuell um 3,2 % über dem Wert von 1990.
- Die CO₂-Emissionen (einschließlich Verkehr) sind seit 2014 um 0,5 % und seit 1990 um 1,5 % gefallen. Bei den THG-Emissionen betrug der Rückgang 2,0 % (seit 2014) und 8,3 % (seit 1990).
- Die CO₂-Emissionen pro Person (einschl. Verkehr) liegen 2016 bei 6,52 Tonnen und haben sich seit 1990 um 18,8 % reduziert. Die THG-Emissionen pro Person betragen 2016 7,34 Tonnen und der Rückgang seit 1990 24,4 %.

Effizienzpotenziale

- Die Effizienzpotenziale und die zukünftige Entwicklung im **Sektor Wohnen** wurden vor dem Hintergrund einer moderaten Zunahme der Bevölkerung bis 2030 um 4 % und einer Zunahme der Wohnfläche um 6 % simuliert. Dabei wurden in drei Szenarien mit unterschiedlichen Sanierungsraten, Sanierungsstandards und steigenden Anteilen erneuerbarer Energien die Einsparpotenziale des Energieverbrauchs und der Emissionen berechnet.

Im **Referenzszenario** beträgt der Rückgang des Endenergiebedarfs bis 2030 ca. 9 %, der Rückgang der Emissionen 19 %. Der Anteil der erneuerbaren Wärmeerzeugung liegt bei 18 %.

Im **Effizienzszenario** beträgt der Rückgang des Endenergiebedarfs bis 2030 ca. 17 % und der Rückgang der Emissionen 32 %. Der Anteil der erneuerbaren Wärmeerzeugung liegt bei 28 %.

Im **Klimaschutzszenario** beträgt der Rückgang des Endenergiebedarfs bis 2030 ca. 24 % und der Rückgang der Emissionen 56 %. Der Anteil der erneuerbaren Wärmeerzeugung liegt bei 53 %.

Insgesamt gibt es ein Einsparpotenzial (ohne Berücksichtigung ökonomischer Aspekte) von über 73 % beim Energieverbrauch und 90 % bei den CO₂- bzw. THG-Emissionen.

- Die Effizienzpotenziale der **kommunalen Liegenschaften**, die von der Gebäudewirtschaft betreut werden, wurden im Vergleich zu den Verbrauchswerten für Strom und Wärme des Bauwerkzuordnungskataloges (BWZK) für die einzelnen Verbrauchsgruppen ermittelt. Das Effizienzpotenzial I entspricht dem Vergleichswert, das Effizienzpotenzial II liegt beim Stromverbrauch 15 % und beim Wärmeverbrauch 20 % unter dem Vergleichswert. Das Einsparpotenzial Wärme I beträgt 16 %, das Potenzial Wärme II 26 %, das Einsparpotenzial Strom I beträgt 22 %, das Potenzial Strom II beträgt 32 %. Aus diesen Potenzialen lassen sich keine Rückschlüsse auf einzelne Gebäude ziehen, es dient in erster Linie der Abschätzung eines möglichen Potenzials.

- Die Effizienzpotenziale des Sektors **Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie** (GHDI) wurden aus den Einsparpotenzialen der einzelnen Querschnittstechnologien (Raumwärme, Warmwasser, Beleuchtung, Informations- und Kommunikationstechnologien IKT,...) und branchenspezifischen Technologien (Prozesswärme, Prozesskälte, mechanische Energien,...) getrennt nach den Bereichen „GHD“ und „Industrie“ ermittelt. Das Effizienzpotenzial für den Endenergiebedarf beträgt bei GHD 34 % und bei der Industrie 33 %. Im Gewerbesektor können jedoch Einzelereignisse wie die Ansiedlung oder der Wegzug energieintensiver Betriebe oder die wirtschaftliche Situation (Produktionsmengen bzw. -umstellungen) große Auswirkungen auf den Energieverbrauch haben und Effizienzgewinne überdecken.

Potenziale erneuerbare Energien

- Das Gesamtpotenzial zur **regenerativen Stromerzeugung** im Stadtgebiet von Fürth beträgt 147,5 GWh pro Jahr, das noch vorhandene Ausbaupotenzial beträgt 107,7 GWh, überwiegend im Bereich der Dachflächen- und Freiflächenphotovoltaik. Die regenerative Stromerzeugung im Stadtgebiet beläuft sich auf 67,0 GWh im Jahr. Der überwiegende Anteil (42 GWh) entfällt auf Biogas Kraft-Wärme-Kopplung. Das Substrat zur Erzeugung des Biogases kommt jedoch aus dem Landkreis Fürth und ist bilanztechnisch nicht der Stadt Fürth zuzurechnen.
- Das Potenzial zur **regenerativen Wärmeerzeugung** im Stadtgebiet von Fürth beschränkt sich überwiegend auf Solarthermie (60 GWh/a, entspricht fast 90 % des Potenzials) und in geringen Mengen auf Biogas (aus landwirtschaftlicher Nutzung und aus der Nutzung von Biomasseabfällen) und fester Biomasse. Das Potenzial für die Nutzung von Umweltwärme mittels Wärmepumpen ist nicht quantifizierbar und unterliegt für die Nutzung der Außenluft als Wärmequelle keinen Einschränkungen. Die aktuelle Nutzung regenerativer Energien erfolgt überwiegend durch Fernwärme auf Basis von Biogas, wobei dieses überwiegend außerhalb des Stadtgebietes produziert wird.

Zukunftsszenarien

- Aus den Effizienzpotenzialen und Entwicklungen der einzelnen Sektoren werden für den Energiebedarf und die CO₂- bzw. THG-Emissionen drei unterschiedliche Szenarien (Referenzszenario, Effizienzszenario und Klimaschutzszenario) entwickelt:
- Im **Referenzszenario** reduziert sich der Energiebedarf bis 2030 um 7 % und die CO₂- bzw. THG-Emissionen um 23,5 % bzw. 23 %.
- Im **Effizienzszenario** reduziert sich der Energiebedarf bis 2030 um 13 % und die CO₂- bzw. THG-Emissionen um 32 % bzw. 31 %.
- Im **Klimaschutzszenario** reduziert sich der Energiebedarf bis 2030 um 18 % und die CO₂- bzw. THG-Emissionen um 44 % bzw. 43 %.

Maßnahmen

- Energieeinsparungen und die Reduktion von CO₂ bzw. THG-Emissionen ergeben sich aus der Umsetzung von konkreten Effizienzmaßnahmen und durch energiebewusstes Nutzerverhalten. Während für ein energiebewusstes Nutzerverhalten jeder einzelne verantwortlich ist, liegt die Verantwortung für Sanierungs- und Effizienzmaßnahmen sowie den verstärkten Einsatz von erneuerbaren Energien bei öffentlichen und privatwirtschaftlichen Entscheidungsträgern und Gebäudebesitzern.
- In einem **Maßnahmenkatalog** wurden wichtige mögliche Maßnahmen in Ihren Grundzügen beschrieben und soweit möglich mit Angaben zu Kostenrahmen, CO₂-Minderung, Potenzial zur Energiekostenreduktion sowie Zeithorizont, Priorität der Umsetzung und beteiligte Akteure dargestellt. Die Maßnahmenblätter enthalten Maßnahmen aus verschiedenen Anwendungsbereichen und Sektoren.
- Der Einsatz von **Kraft-Wärme-Kopplung** (KWK) wurde in mehreren detaillierteren Einzeluntersuchungen analysiert und dargestellt. So ergeben sich wirtschaftliche Ansätze bei einem möglichen Einsatz von KWK zur Wärme- und Stromversorgung des Helene-Lange-Gymnasiums oder der Mittelschule in der Kiderlinstraße, wobei in beiden Fällen der Stromeigennutzung eine große Bedeutung zukommt. Der Einsatz von KWK bei einem kleineren denkmalgeschützten Gewerbegebäude und Wohngebäude ließ sich wirtschaftlich nicht darstellen.
- In mehreren Einzeluntersuchungen wurden die Ausbaumöglichkeiten der **Fernwärme** untersucht und wirtschaftlich bewertet. Zwei Untersuchungen (Kiderlinschule und Helene-Lange-Gymnasium) erfolgten alternativ zu einer Versorgung durch KWK. Der Fernwärmeeinsatz könnte aufgrund des Einsatzes von (virtuellem) Biogas eine wichtige Rolle zur Reduktion der CO₂- und THG-Emissionen im innerstädtischen Bereich und bei Denkmalgeschützten Gebäuden zukommen. Aufgrund der vorhandenen Kostenstruktur ließ sich dies allerdings bei der Versorgung der beiden Schulen noch nicht wirtschaftlich darstellen.

Bei einer umfassenden Sanierungsmaßnahme einer Mehrfamilienhauszeile ermöglicht der Einsatz von Fernwärme (aufgrund ihres Primärenergiefaktors) eine Reduktion des benötigten Primärenergiebedarfes der Gebäude auf nahezu 0. So könnten die Anforderungen eines, von der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) geförderten Effizienzhaus 55 erfüllt werden. Speziell bei energetisch hochwertigen Sanierungsmaßnahmen ergeben sich trotz der Anschlusskosten der Fernwärme durch die hohen Zuschüsse für KfW-geförderte Effizienzhäuser niedrigere Gesamtinvestitionen als beim Einsatz von fossilen Energieträgern, mit denen die Anforderungen von Effizienzhäusern nicht erreicht werden.
- In **Vor-Ort-Begehungen im Hinblick auf eine Energieeinsparung** wurden die Grundschulen Friedrich-Ebert-Straße und Ligusterweg (Farrnbachschule), die Mittelschulen Soldnerstraße und Kiderlinstraße sowie das Förderzentrum Otto-Lilienthal-Schule auf Effizienzpotenziale untersucht. Dabei wurde das Augenmerk vermehrt auf niedrig investive Maßnahmen gelegt. Die wichtigsten erkannten Schwachstellen und Effizienzpotenziale wurden in einer Maßnahmenempfehlung aufgelistet.

Die Gebäudehülle (Fenster, Fassade) der **Grundschule Friedrich-Ebert-Straße** ist teilweise in einem sehr sanierungsbedürftigen Zustand. Die Heizkörper sollten mit Behördenthermostatköpfen ausgestattet werden. Thermostatköpfe ohne erkennbare Skala sollten ausgetauscht werden. Die Regelung bzw. Gebäudeleittechnik sollten erneuert werden. Alte Heizungspumpen sollten durch Hocheffizienzpumpen ersetzt werden. Die Anforderungen der Trinkwasserverordnung sind einzuhalten. Die Beleuchtung (T8 bzw. T12 Leuchtstoffröhren) sollte erneuert werden. Die Nutzer sollten über energieeffizientes Lüftungsverhalten informiert werden.

Bei der **Mittelschule Soldnerstraße** ist die Einstellung der Heizungspumpen zu überprüfen und ggf. anzupassen. Ein hydraulischer Abgleich sollte durchgeführt werden. Eine zumindest teilweise Regelung bzw. Steuerung der Heizungsanlage vor-Ort sollte ermöglicht werden. Maßnahmen zur Verringerung der Wärmeverluste in den einfachverglasten Fluren sollten ergriffen werden.

Bei der **Mittelschule Kiderlinstraße** sollten die Einstellungen der Regelung am Buderus-Kessel optimiert werden. Alle Regelungskomponenten sollten einheitlich angepasst bzw. erneuert werden. Die Lüftungsanlage und Regelung sollten erneuert werden.

In der **Grundschule Ligusterweg** sollten die Heizungspumpen durch Hocheffizienzpumpen ersetzt werden. Die Heizungsverteilung ist zu dämmen. Die Motoren der Lüftungsanlage können optimiert werden. Die Turnhallenbeleuchtung sollte erneuert werden. In der Turnhalle sollte eine statische Flächenheizung installiert werden. Die Trinkwasserverordnung ist einzuhalten. Heizzeiten sollten überprüft und gegebenenfalls optimiert werden. In den Klassenräumen wäre eine Einzelraumregelung empfehlenswert. Die Einstellung der Thermostate in den Fluren könnte reduziert werden. Die Dichtigkeit im Bereich des Wandanschlusses der Klassenzimmerfenster könnte verbessert werden. Im Zuge der Sanierung der Turnhalle werden manche der aufgeführten Empfehlungen umgesetzt.

Bei der **Förderschule Otto Lilienthal** könnte der sommerliche Wärmeeintrag durch die Lichtkuppel in der Aula verringert werden. Die Beleuchtungsstärke in den Klassenräumen kann (wie teilweise bereits erfolgt) verringert werden. Alte Heizungspumpen sollten durch Hocheffizienzpumpen ersetzt werden. Eine neue Gebäudeleittechnik sollte eingebaut werden. Die Warmwasserversorgung sollte erneuert werden. Der Kaltwasserzulauf ist überdimensioniert und sollte umgebaut werden.

- Im Sektor **Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie** (GHDI) besteht die Möglichkeit durch Nutzung von Abwärme die Effizienz der eingesetzten Wärmeenergie zu steigern. Speziell in Gebieten, in denen Betriebe mit Abwärme in unmittelbarer Nähe zur Wohnbebauung situiert sind, wäre eine Abwärmenutzung denkbar. Darüber hinaus könnte industrielle Abwärme intern genutzt werden oder ausgekoppelt in Wärmenetze eingespeist werden.

In den Karten wurden Gebiete und Betriebe lokalisiert, bei denen aufgrund ihrer Struktur eine Abwärmenutzung vorstellbar wäre.

2 Bestandsanalyse, Wärmekataster

Die aktuellen Strukturen des Wärmeverbrauchs und des Stromverbrauchs werden im nachfolgenden analysiert und dargestellt.

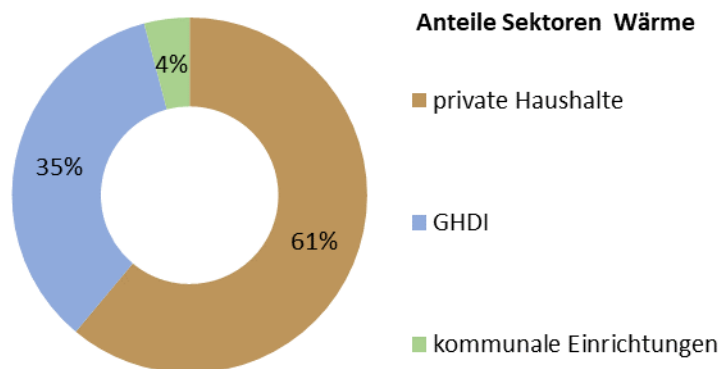
Das Wärmekataster ist ein zentraler Aspekt eines Energienutzungsplans. In ihm werden die Energieverbräuche räumlich im Stadtgebiet verortet. So können unter anderem Rückschlüsse auf die Sinnhaftigkeit des Ausbaus von Wärmenetzen gezogen werden.

2.1 Bestandsanalyse Wärme

Der Wärmeverbrauch der Stadt Fürth bildet einen zentralen Aspekt des Energienutzungsplans. Obwohl die mediale Aufmerksamkeit öfters auf den Energieträger Strom gerichtet ist und hier vor allem auf erneuerbare Stromerzeugung und Elektromobilität, ist der Wärmeverbrauch einer Kommune deutlich höher als der Stromverbrauch. Der Anteil erneuerbarer Energien ist im Wärmebereich deutlich niedriger. Aufgrund von Leitungsverlusten hat die räumliche Beziehung von Erzeugung und Einsatzort große Bedeutung. Eine Umstellung der Wärmeversorgung auf erneuerbare Energien ist weit aufwändiger und komplexer als die Umstellung der Stromversorgung.

Aktuell beträgt der Wärmeverbrauch (ohne Heizstrom) in Fürth pro Jahr 1.369.500 MWh, die sich wie folgt auf die Sektoren verteilen.

Abbildung 1: Anteile Sektoren Endenergie Wärme (ohne Heizstrom)



Der größte Anteil des Wärmeverbrauchs erfolgt im Sektor der privaten Haushalte bei der Bereitstellung von Heizwärme und Warmwasser. Er beträgt aktuell 61 %, gefolgt von Wärmebedarf im Sektor GHDI (Heizwärme, Warmwasser und Prozesswärme) von 35 % und den kommunalen Einrichtungen mit 4 %.

Private Haushalte

Seit dem Jahr 1990 erfolgte trotz Sanierungstätigkeiten eine Zunahme des Heizwärmebedarfs, erst in den letzten Jahren blieb der Heizwärmebedarf für den Sektor Wohnen konstant. Die Zunahme des Wärmebedarfs ist auf die Zunahme der Einwohnerzahl und der Wohnfläche zurückzuführen.

Abbildung 2: Entwicklung Heizwärmebedarf und Wohnfläche

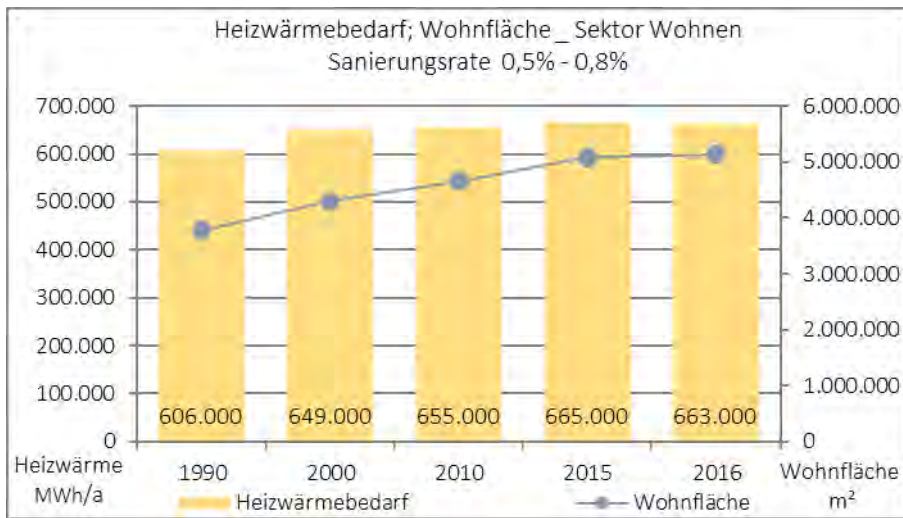


Abbildung 3: Entwicklung Endenergie Wohnen

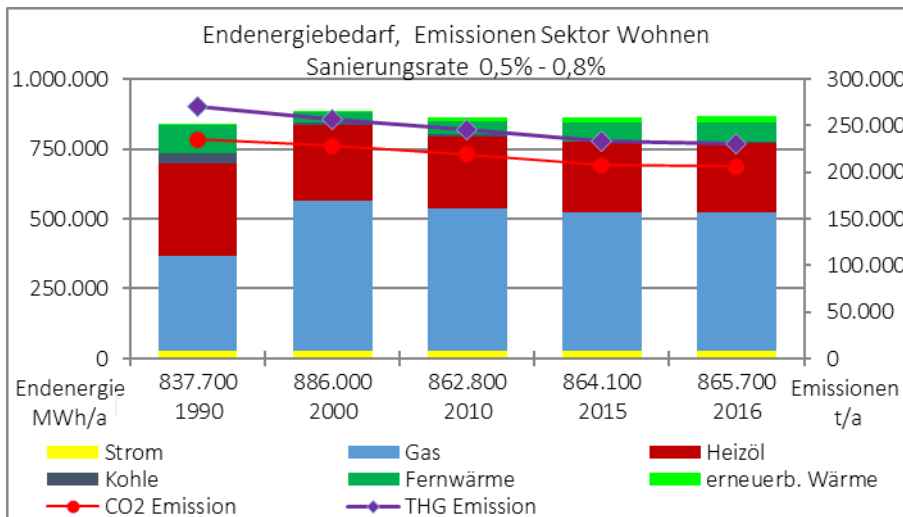
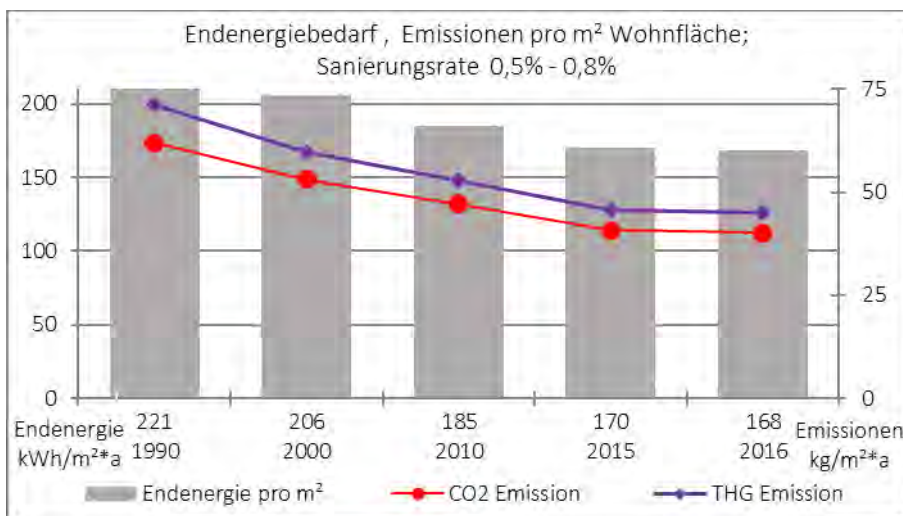


Abbildung 4: Entwicklung Endenergie Wohnen



Der Bedarf an Wohnfläche pro Einwohner hat sich von 36,7 m² im Jahr 1990 auf 41,0 m² im Jahr 2016 eher moderat erhöht. Dennoch hat diese Entwicklung die Sanierungseffekte bis jetzt überlagert. Durch den immer geringeren Energiebedarf der Neubauten, eine leicht gestiegene Sanierungstätigkeit und Sanierungsqualität stagniert seit 2013 jedoch der Wärmebedarf trotz einem weiteren Zuwachs an Wohnfläche und Einwohner.

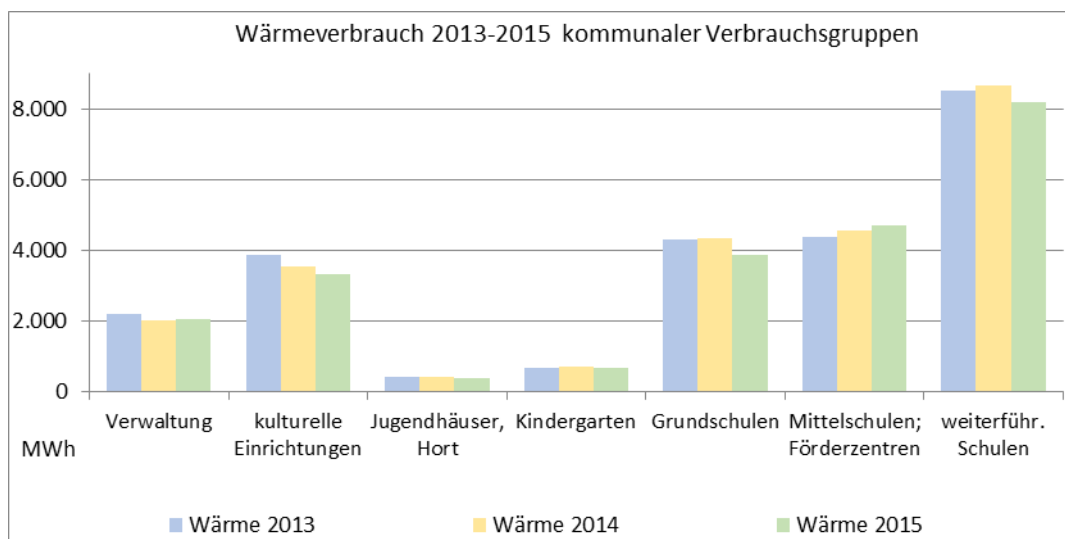
Die gleiche Entwicklung zeigt sich beim Endenergiebedarf im Sektor Wohnen. Hier ist abweichend zum Heizwärmebedarf immer noch ein kleiner Anstieg zu verzeichnen, da es bei dem hier miterfassten Warmwasserbedarf weniger Effizienzgewinne gibt, die den Bevölkerungszuwachs ausgleichen können.

Die CO₂- und Treibhausgasemissionen sind von dieser Entwicklung durch den verstärkten Einsatz von Fernwärme und erneuerbarer Energien abgekoppelt und deutlich zurückgegangen.

Kommunale Einrichtungen

Der Anteil des Wärmeverbrauchs kommunaler Einrichtungen am gesamten Wärmeverbrauch der Stadt Fürth beträgt knapp 4 %. Er verteilt sich auf verschiedene Verbrauchsgruppen mit unterschiedlichem Anteil am Gesamtverbrauch. Von 2013 bis 2015 ist der witterungsbereinigte Verbrauch um 5 % gesunken, wobei auch hier die einzelnen Verbrauchsgruppen unterschiedliche Tendenzen aufzeigen.

Abbildung 5: Wärmeverbrauch kommunale Einrichtungen



Anteile Energieträger

Der Anteil erneuerbarer Energieträger und Fernwärme bei der Wärmebereitstellung beträgt zusammen 8 %. Der überwiegende Teil der Wärmeerzeugung erfolgt immer noch durch fossile Energieträger. Ein Teil des Stadtgebietes wird durch ein Erdgasnetz der infra fürth gmbh versorgt. Der witterungsbereinigte Erdgasverbrauch von 949.500 MWh entspricht 69 % des gesamten Wärmebedarfs. Der Erdgasbezug verteilt sich zu 40 % auf GHDI, zu 5 % auf kommunale Einrichtungen und zu 54 % auf private Haushalte. Der überwiegende Anteil des Stadtgebietes liegt im Bereich einer Erdgasleitung, lediglich einige kleine Siedlungsflächen sind ohne Gasversorgung.

Abbildung 6: Anteile Energieträger Endenergie Wärme

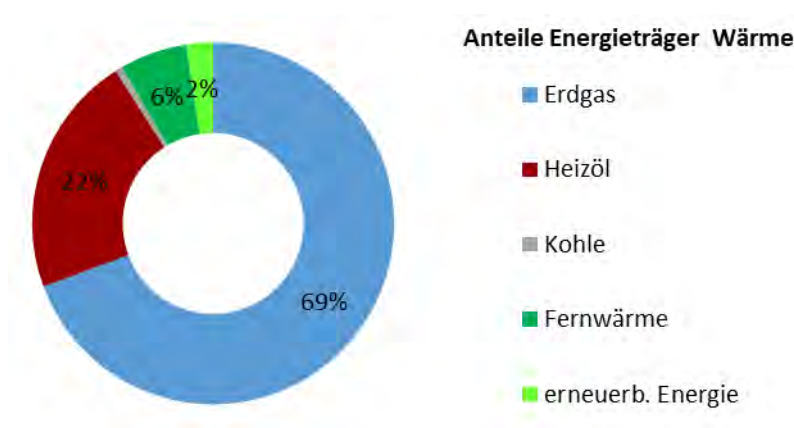
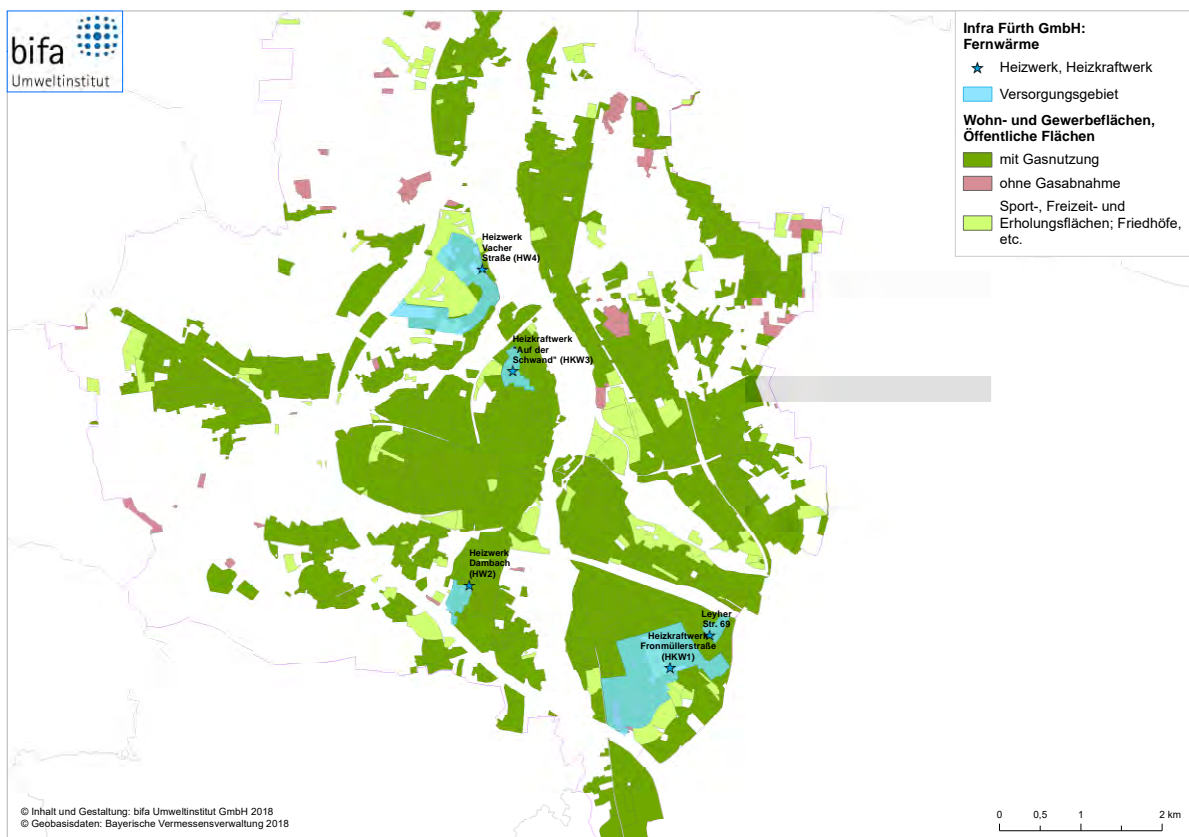


Abbildung 7: Erdgasversorgte Gebiete; Wärmenetze Bestand



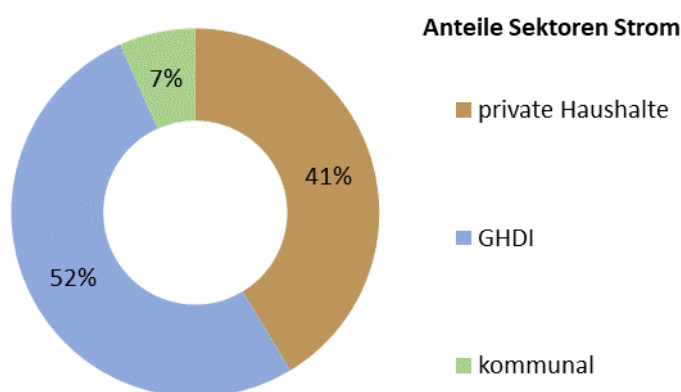
Parallel zur Gasversorgung gibt es in Fürth vier von der infra fürth gmbh betriebene, räumlich getrennte Fernwärmenetze. In Fürth-Dambach wird die ehemalige Offizierssiedlung der amerikanischen Streitkräfte mittels eines Gaskessels versorgt. Das Wärmenetz in der Südstadt im Umgriff des Südstadtparks, ursprünglich zur Versorgung der amerikanischen William O’Darby-Kaserne ist das größte Wärmenetz der infra fürth gmbh, über dieses Wärmenetz wird auch das Betriebsgelände der infra fürth gmbh versorgt. Die Wärmebereitstellung erfolgt auf Basis von Kraft-Wärme-Kopplung mit Bioerdgas sowie Erdgasspitzenlastkessel. Die gleiche Energieversorgung hat das Wärmenetz für das Wohngebiet „Eigenes Heim“ auf der Schwand. Das Versorgungsgebiet um den Golfplatz Atzenhof wird größtenteils

mit dem Brennstoff Holzhackschnitzel betrieben. Zusätzlich wird Deponiegas genutzt, die Spitzenlast decken Erdgaskessel ab.

2.2 Bestandsanalyse Strom

Der Stromverbrauch in Fürth beträgt mit 513.200 MWh pro Jahr ungefähr ein Drittel des Wärmebedarfs, wobei ein geringer Anteil des Stromverbrauchs ebenfalls zu Wärmeanwendungen eingesetzt wird. Dem Stromverbrauch steht eine regenerative Stromerzeugung in Stadtgebiet von Fürth von 13 % hauptsächlich durch Photovoltaik, Biogas und geringfügig Wasserkraft gegenüber.

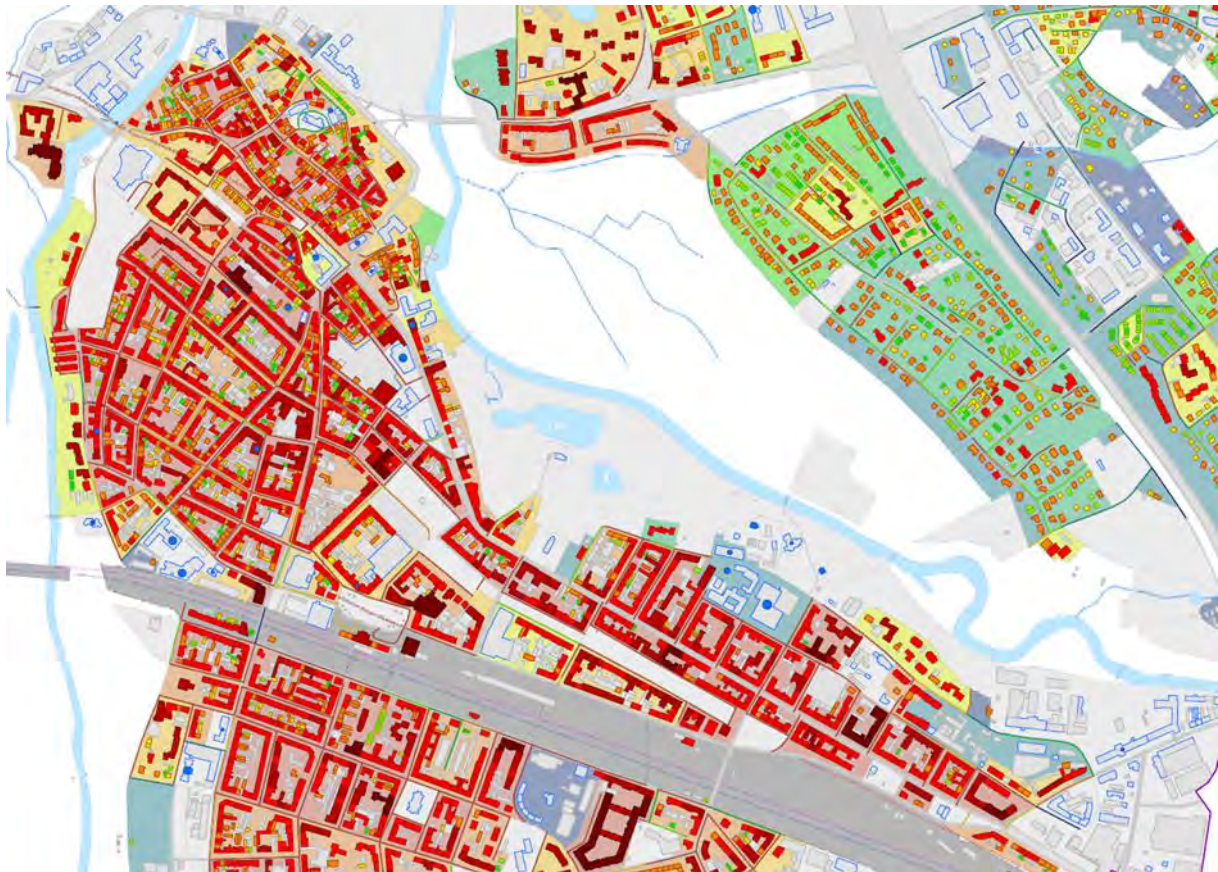
Abbildung 8: Stromverbrauch Sektoren



Der gewerbliche Anteil am Stromverbrauch ist deutlich höher als der Anteil der privaten Haushalte. Dies ist gegenteilig zur Situation beim Wärmeverbrauch. Auch der Anteil der kommunalen Einrichtungen ist mit 7 % deutlich höher.

2.3 Wärmekataster

Das Wärmekataster dient der grafischen Darstellung und Verortung des gesamten Wärmeverbrauchs der Stadt Fürth im Stadtgebiet. So lassen sich Gebiete mit hohem Wärmebedarf und Potenzialen für eine zentrale Wärmeversorgung von Gebieten mit niedrigem Wärmebedarf, in denen Wärmenetze wirtschaftlich schlechter darstellbar sind, unterscheiden. Der Wärmebedarf wird im Wärmekataster in verschiedenen Bezugsebenen dargestellt. Einerseits, als erstes Ergebnis der Berechnung oder Datenerfassung, bezogen auf das einzelne Gebäude, in einem zweiten Schritt aggregiert als Wärmebedarfsdichte bezogen auf eine, im besten Fall relativ homogene Siedlungsfläche und letztlich als Wärmebelegungsdichte auf die den einzelnen Gebäuden zugeordneten Straßenlängen.

Abbildung 9: Wärmekataster (bifa), Ausschnitt

2.3.1 Wohnwärmebedarf nach Baualter und Bautyp

Um den Wärmebedarf für das Wohnen zu ermitteln, wurde eine differenzierte Hochrechnung für jedes Gebäude durchgeführt. Grundlage dafür bildet die Verarbeitung von Geoinformationsdaten, die dem Auftragnehmer von der Stadt Fürth zur Verfügung gestellt wurden.

Für jedes Gebäude wurde der statistische Bedarf für Heizung und Trinkwarmwasserbereitung, nach der berechneten Geschossfläche (basierend auf der Grundfläche und der Höhe jedes Gebäudes) und einem spezifischen Wärmebedarfswert (entsprechend dem vorliegenden Bautyp und Baualter) ermittelt

Der Verbrauchswert jedes Gebäudes wird auf Basis einer bifa-eigenen Tabelle zu den quadratmeterabhängigen Wärmebedarfen berechnet. Diese Konversionstabelle gründet sich auf folgenden Informationsquellen:

- Daten von der AGFW zum Wärmebedarf für das Heizen (AGFW, FE Heft14, 2010); korrigiert um den Prebound-Effekt²

² *Prebound-Effekt*: In mehreren Veröffentlichungen (siehe Liste von Sunikka-Blank und Galvin (2012)), die in den letzten Jahren den Verbrauch und die Bedarfsprognosen gegenüberstellten, wurde über eine Diskrepanz von 30% zwischen den prognostizierten Bedarfen und den vorgefundenen Verbräuchen berichtet. Insbesondere

- ergänzt durch einen pauschal angesetzten Warmwasserbedarf nach EnEV (20 kWh/m²/a)

Die notwendige Unterscheidung nach Bautypen wurde aus den Geoinformationsdaten abgeleitet.

Die Einteilung der Gebäudeklassen erfolgt anhand folgender Parameter:

- Grundfläche
- Höhe
- Geschossfläche
- Nachbargebäude (direkt anschließende/angebaute Gebäude)

Unterschieden in folgende Bautypen:

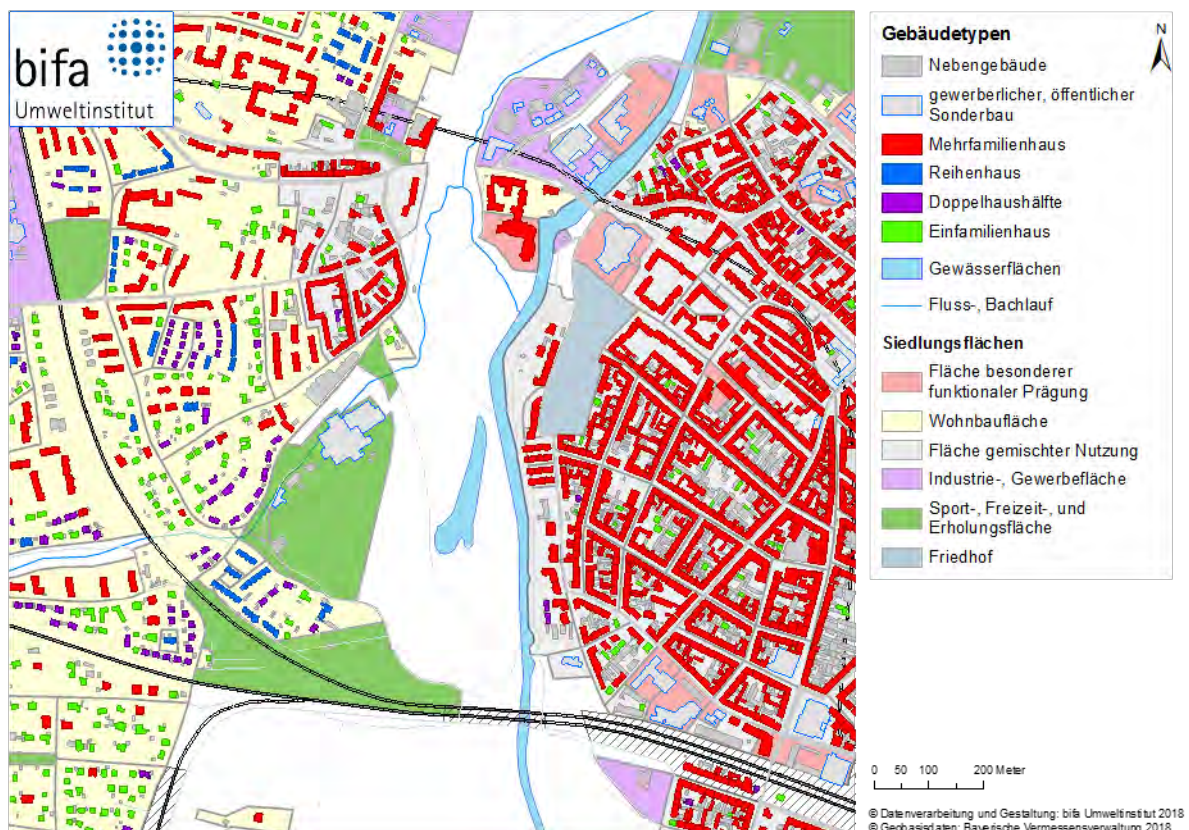
- Ein- bis Dreifamilienhäuser (kurz: Einfamilienhaus)
- Doppelhaushälften
- Reihenhäuser
- Mehrfamilienhäuser
- Hochhäuser

Tabelle 1: Wärmebedarf Wohnen nach Bautypen

Bautyp	Anzahl	MWh/a
Eigenheim	5.750	351.700
Doppelhaushälfte	3.196	97.100
Reihenhaus	4.210	119.400
kleines Mehrfamilienhaus	2.913	247.100
Mehrfamilienhaus	2.111	364.900
Großes Mehrfamilienhaus	961	379.800
Hochhaus	15	15.100
Gesamt	19.156	1.574.100

Gebäude mit besonders hohen Kennwerten (vorwiegend alte Baukörper) sind stark von dem Effekt des sogenannten "Prebounds" betroffen (Loga et al. 2011). Sunikka-Blank und Galvin (2012) erstellten auf Basis der Veröffentlichung von Loga et al. (2011) eine Regressionsformel zur Ermittlung des erwarteten "Prebound-Effekts" in Abhängigkeit vom spezifischen Wärmebedarfswert des Gebäudes.

Abbildung 10: Ausschnitt - Ergebnisse der automatischen Bautypenanalyse



Für die 2.112 Adressen von Baudenkmalern wurde das Baualter direkt in die Bedarfshochrechnung aufgenommen. Für einen Großteil der Stadtgebiete lagen Einschätzungen über die Baugebietsalter vor, so dass auch hier eine Nachschärfung der Bedarfe möglich war.

Für alle ermittelten Bautypen wird das mittlere vorliegende Baualter aus den Zensusdaten (2011) ermittelt. Solange keine Präzisierung des Baualters für ein Gebäude vorliegt, wird der Wärmebedarf entsprechend dem Bautyp und dem mittleren Baualter mit quadrameterspezifischen Verbrauchskennwerten (vorgenannte bifa-eigene Tabelle) zur Hochrechnung angesetzt.

Für Nebengebäude (Garagen, Tiefgarageneinfahrten, Lauben, etc.), Lager- oder Fertigungshallen, Gebäude in Industrie- und Gewerbeflächen und für öffentliche Sonderbauten werden keine „Wohnwärmebedarfe“ ermittelt.

Der Bedarf von städtischen Liegenschaften wurde in die Kartierung über vorliegende Verbrauchswerte eingepflegt. Die Verbrauchswerte stammen aus dem Jahr 2015 und umfassen 75 Objekte mit einem Gesamtverbrauch von 23.200 MWh/a. Zusätzlich wurden die Standorte von 324 WBG-Gebäuden in die Karte eingepflegt und der jeweilige Verbrauch (gesamt 2015: 19.600 MWh/a) im Wärmekataster ausgewiesen.

Abbildung 11: Ausschnitt – Wärmebedarf der Einzelgebäude

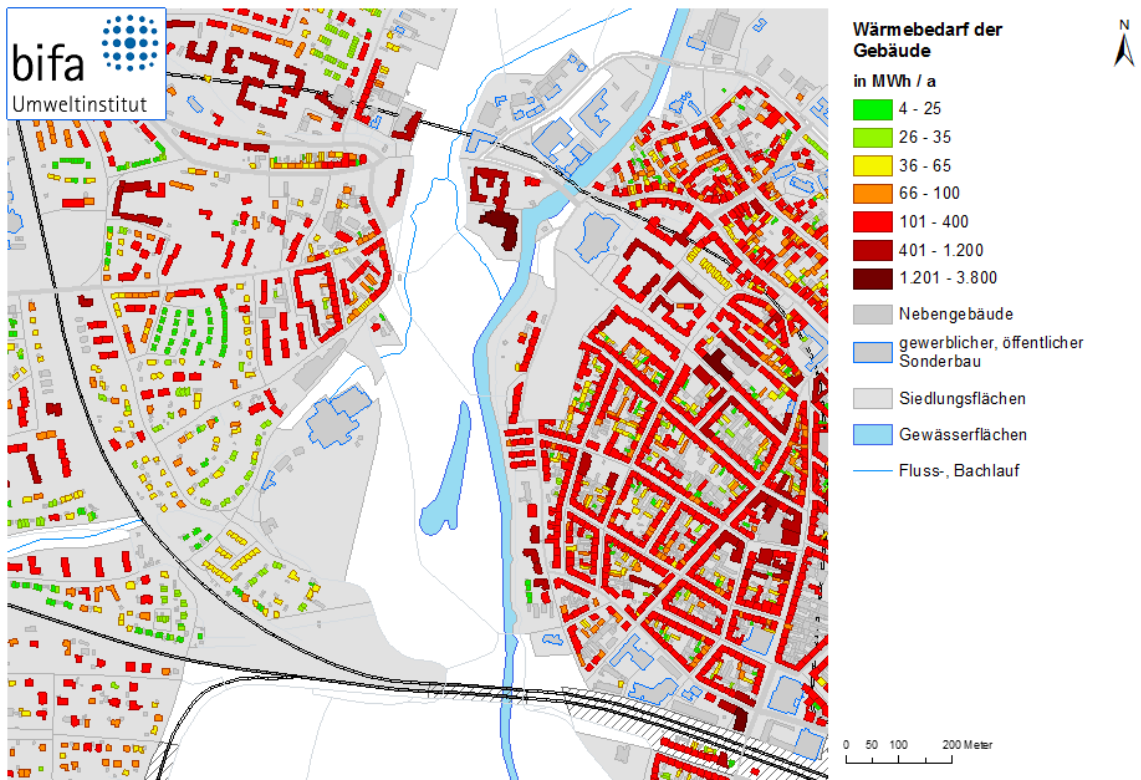
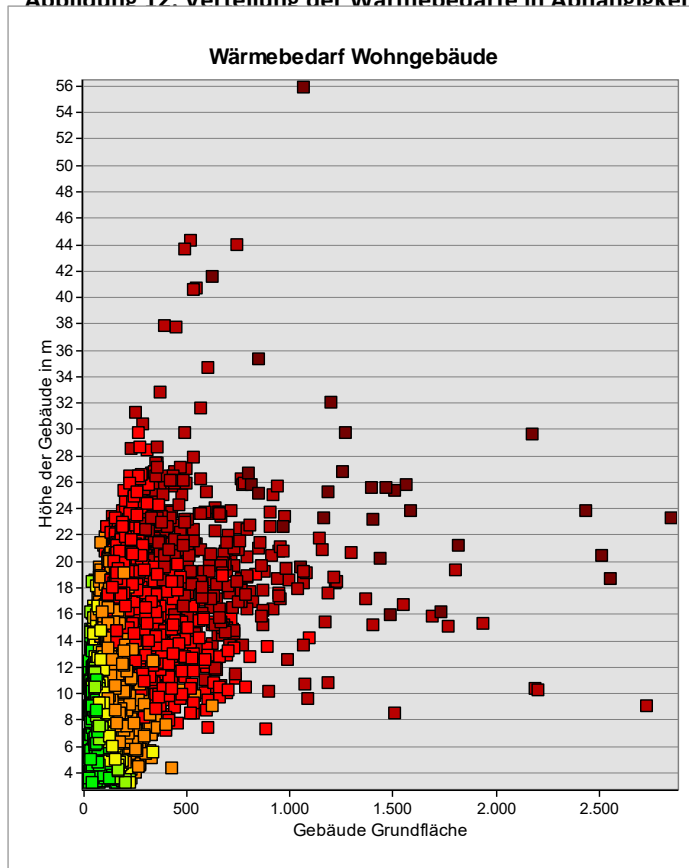


Abbildung 12: Verteilung der Wärmebedarfe in Abhängigkeit von Grundfläche und Gebäudehöhe



Neben den Wärmebedarfen der Einzelgebäude wurden die Gesamtwärmebedarfe und relativen Wärmebedarfe pro Hektar für die Siedlungsflächen ermittelt.

Je höher dieser Strukturwert ausfällt, desto dichter bebaut (hohe Geschossflächendichte) sind die entsprechenden Flächen und desto höher kann der mögliche Wärmeabsatz in Fernwärmenetzen ausfal-

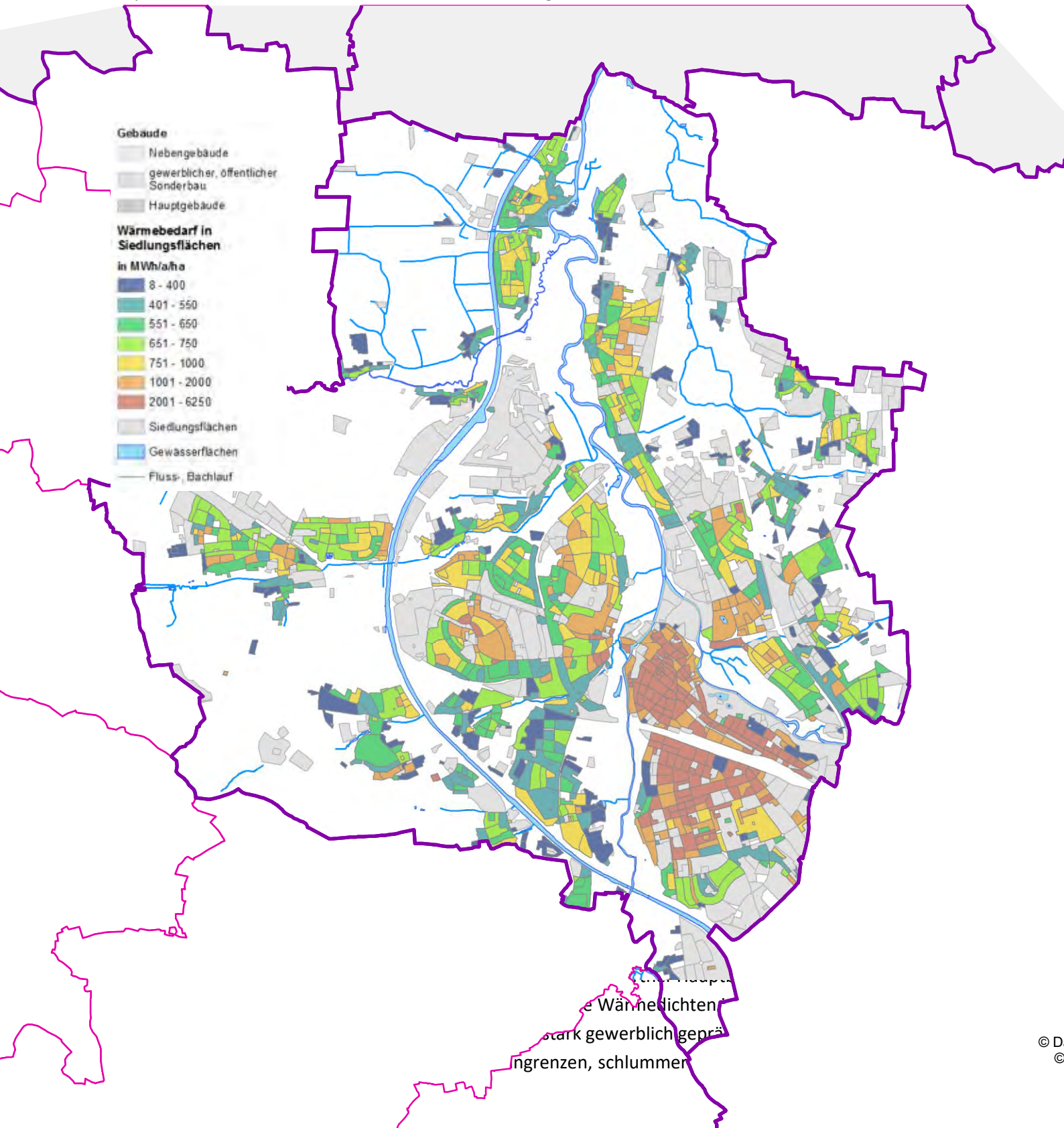
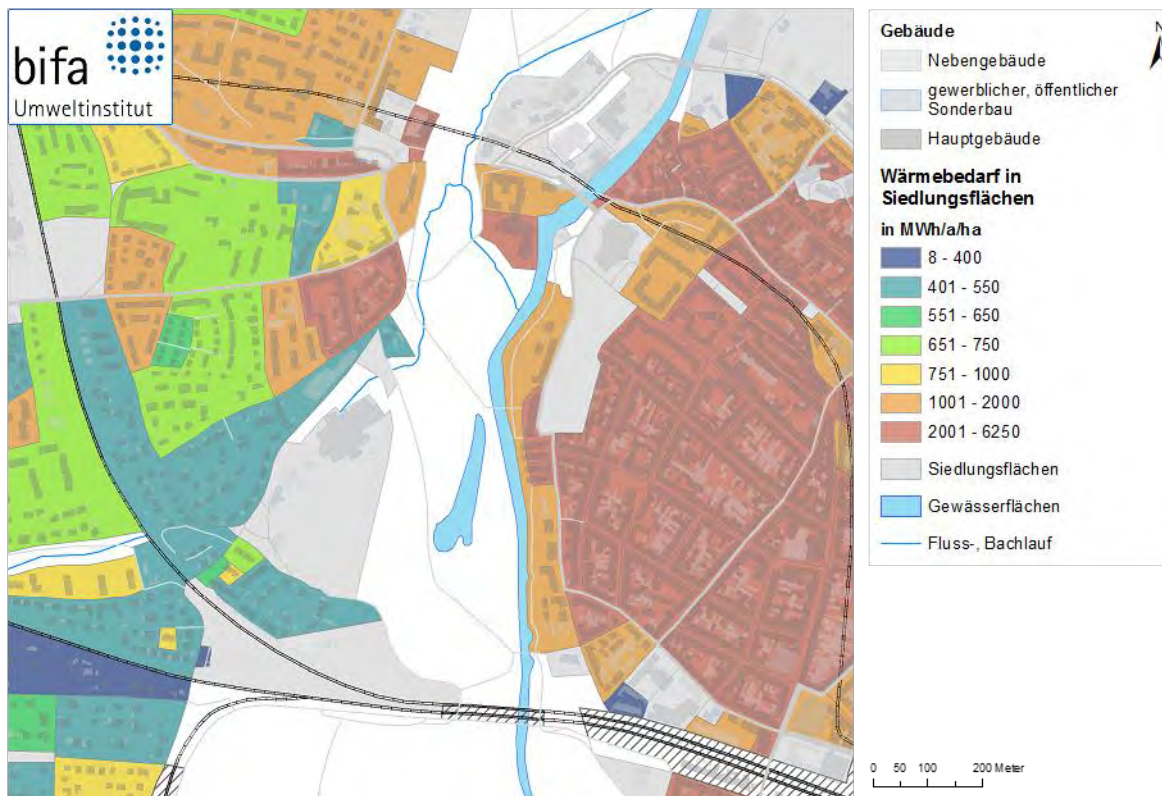


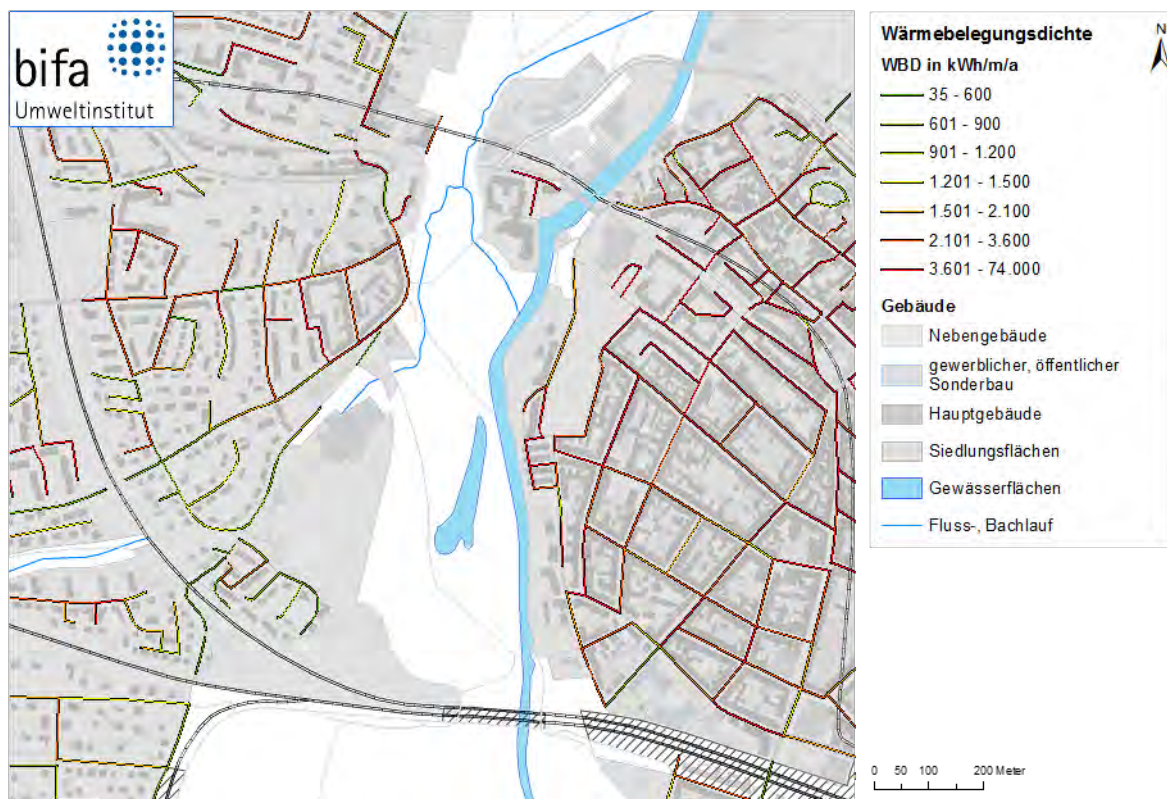
Abbildung 14: Ausschnitt - Wärmebedarf-Wohnen in Siedlungsflächen



Ergänzend wird im Wärmekataster von Fürth die Wärmebelegungsichte dargestellt. Aus diesem Kennwert lässt sich ableiten, wie hoch der Wärmeabsatz einer Fernwärmeleitung sein könnte, wenn alle Wohngebäude über eine Fernwärmeleitung in der nächstgelegenen Straße mit angeschlossen werden. In die Berechnung dieses Strukturwertes gehen die Gesamtwärmemenge der Gebäude im Umgriff der Straße, die Straßenlänge und die notwendigen Anschlussleitungen (kürzester Weg von der Straßenmitte zur Gebäudefassade) für die Gebäude ein.

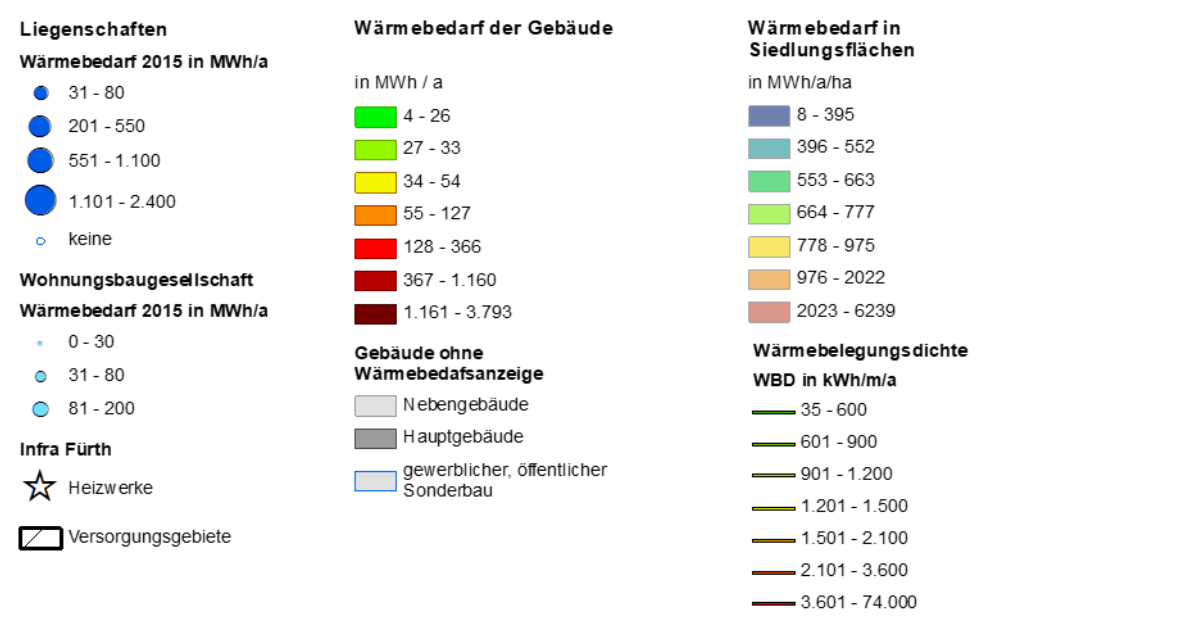
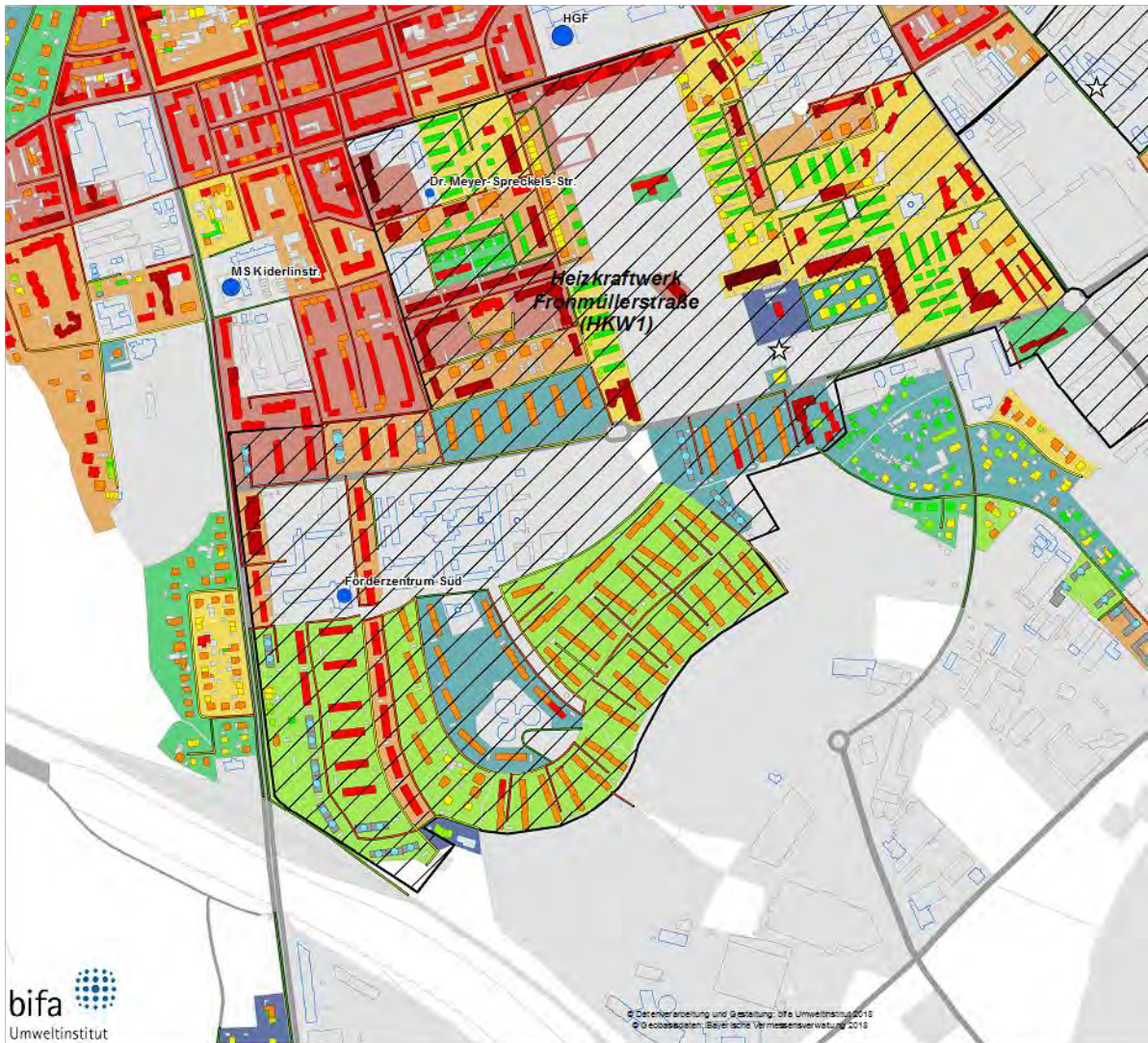
Je höher die Werte der Wärmebelegungsichte in einem Areal ausfallen, desto größer sind die Chancen zur wirtschaftlichen Umsetzung von Fernwärmekonzepten. Durchschnittlich lassen sich 25 % bis 40 % der möglichen Anschlussnehmer an neue Fernwärmeleitungen anschließen (lokal lassen sich bei günstigen Rahmenbedingungen und hoher Akzeptanz auch höhere Anschlussquoten erreichen). Ab einer durchschnittlichen Wärmebelegungsichte von ca. 2.000 kWh/m/a in neuen Fernwärmeabschnitten lassen sich Fernwärmekonzepte rentabel umsetzen.

Abbildung 15: Ausschnitt – Wärmebelegungsichte (Wärmebedarf für Wohnen)



In der nächsten Abbildung sind alle Strukturwerte für den Wohnwärmebedarf eingetragen. Der Wärmebedarf der Gebäude, die Wärmebelegungsichte, der Wärmebedarf in den Siedlungsflächen, sowie die Verbrauchswerte der Liegenschaften.

Abbildung 16: Ausschnitt – Wärmebelegungsdichte (Wärmebedarf für Wohnen)



2.3.2 Wärmezentren Gewerbe

Aus den Daten zum Gasverbrauch, die für die Jahre 2010 bis 2015 von der infra fürth gmbh zur Verfügung gestellt wurden, konnte der Gasverbrauch in den einzelnen Straßen der Stadt ermittelt werden. Die neuesten vorliegenden Verbrauchsdaten aus dem Jahr 2015 wurden zur differenzierten Betrachtung der Verbrauchsstruktur nach den nachfolgenden, hinterlegten Verbraucherprofilen analysiert:

Tabelle 2: Verbrauchsprofile Gewerbe

Profil	Bezeichnung
BA4	Bäckerei
BD4	sonstige betriebliche Dienstleistungen
BH4	Beherbergung
G14	Einfamilienhaushalt
G24	Mehrfamilienhaushalt
GA4	Gaststätten
GB4	Gartenbau
HA4	Einzel- und Großhandel
KO4	Gebietskörperschaft / Kredit
MF4	haushaltsähnliche Gewerbebetriebe
MK4	Metall und Kfz
PD4	Papier und Druck
WA4	Wäscherei
ohne Profil	ohne Profil

Eine Auflistung der Wirtschaftszweige, die den Verbrauchsprofilen zugeordnet ist, findet sich im Anhang des Berichts.

Für die Analyse der Gewerbeverbräuche werden in den folgenden Betrachtungen die Wärmebedarfe für den Sektor Wohnen (Profile: G14, G24– in der Tabelle rot unterlegt) nicht weiter betrachtet. Sie machen mit 368,1 GWh/a einen Anteil von 36,6 % am Gesamtverbrauch an Gas von 1.005 GWh/a in den übermittelten Daten aus.

Besonders hohe Verbrauchswerte sind bei den Nutzern „ohne Profil“ (in der Tabelle blau unterlegt) festzustellen, die somit die Gruppe der Schwerpunktverbraucher darstellen. Für diese ist eine Zuordnung einzelner Verbraucher auf die hohen Verbräuche überwiegend leicht möglich, da es sich häufig um bekannte lokale Unternehmen (häufig aus dem Bereich der Industrie oder des verarbeitenden Gewerbes) handelt.

Von den 636 GWh/a, die über Gas an das Gewerbe geliefert wurden, gingen 60,1 % an die Nutzer „ohne Profil“ (Anteil am Gesamtverbrauch 38,0 %). Mit 27,7 % vom Gewerbeverbrauch (17,5 % vom Gesamtverbrauch) hatten die „sonstigen betrieblichen Dienstleistungen“ 2015 ebenfalls einen hohen Anteil am Gasverbrauch im Betrachtungsraum.

Abbildung 17: Gasverbrauch (gesamt: 1.005 GWh/a) 2015 nach Nutzerprofilen

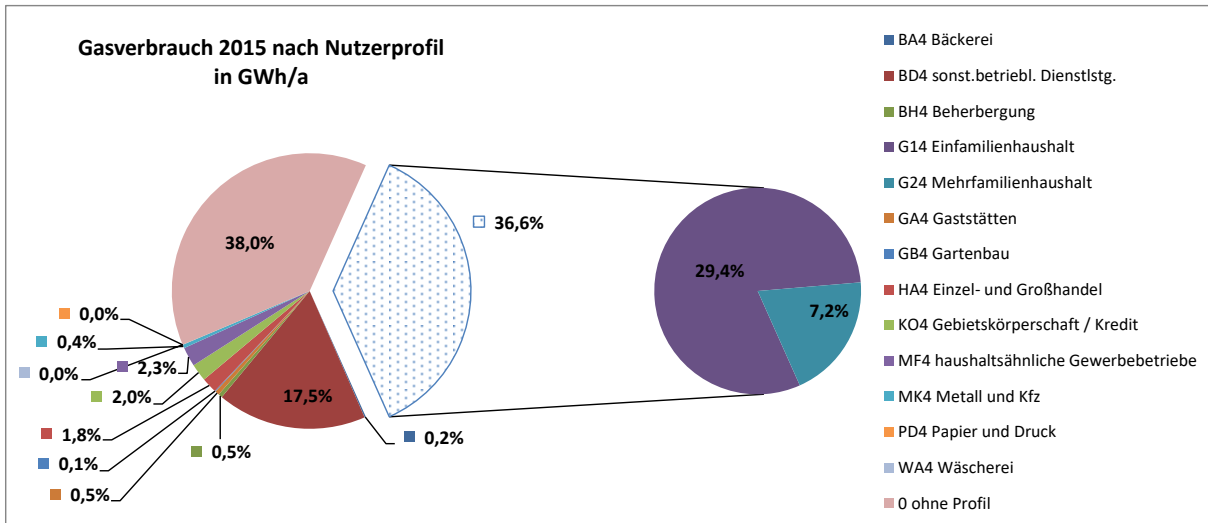
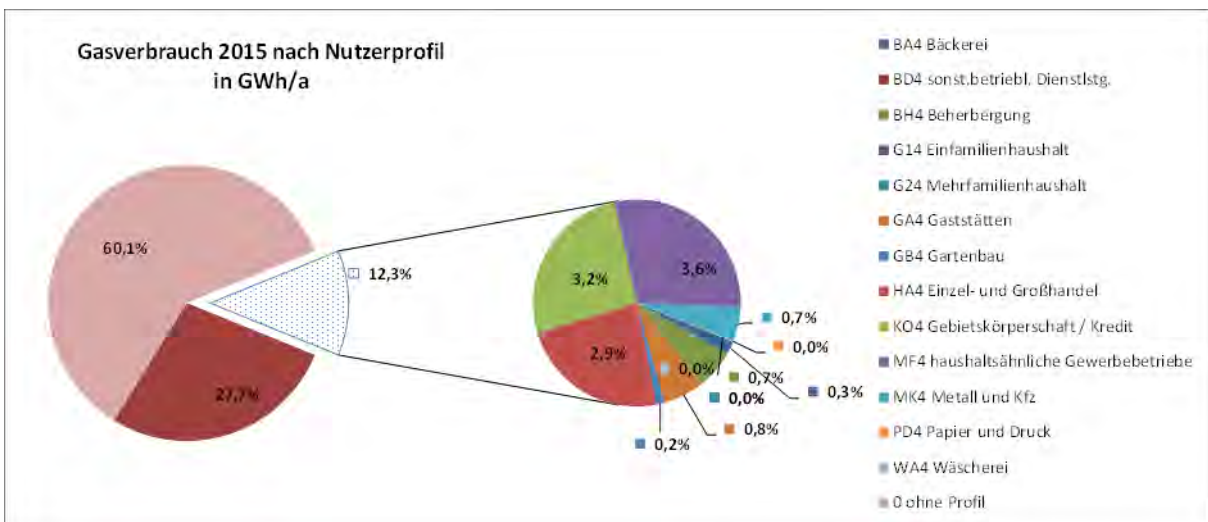


Abbildung 18: Gasverbrauch (Gewerbe: 636 GWh/a) 2015 nach Nutzerprofilen



Für alle anderen Verbraucher ist eine Zuordnung über die Art des Lastprofils, und damit über die Art des Gewerbes, unter Einbezug der Straße ebenfalls möglich. Für alle hinterlegten Lastprofile lassen sich Schwerpunktverbraucher (Verbrauchsklasse A) identifizieren. Exemplarisch sind die straßenbezogenen Branchengasverbräuche in nachfolgender Tabelle aufgelistet:

Tabelle 3: Gasverbrauch in den Straßen

Lastprofil	Anzahl	Verbrauchsklasse VK [A]			Verbrauchsklasse VK [B]		
		Gasverbrauch (2015) in kWh/a		Anzahl	Gasverbrauch (2015) in kWh/a		Anzahl
		min	max		min	max	
Bäckerei	11	525.000	771.000	2	7.100	67.400	9
sonstige betriebliche Dienstleistungen	340	976.800	4.643.000	50	6.200	960.600	290
Beherbergung	27	120.000	848.000	10	1.550	66.000	17

Gaststätten	63	163.000	752.300	10	70	125.400	53
Gartenbau	8	71.800	485.800	5	3.600	15.700	3
Einzel- und Großhandel	127	209.500	1.045.600	25	135	207.000	102
Gebietskörperschaft/ Kredit	68	256.300	2.012.000	25	18.700	251.900	43
haushaltsähnliche Gewerbebetriebe	180	222.200	1.376.200	30	20	180.300	150
Metall und Kfz	31	160.800	464.100	10	415	133.300	21
Papier und Druck	1	(anonymisiert)		1	--		-
Wäscherei	2	(anonymisiert)		1	(anonymisiert)		1
ohne Profil (= mit Messung)	72	1.352.800	83.206.000	50	232.950	1.302.000	

aggregiert nach Lastprofil und kategorisiert nach Verbrauch

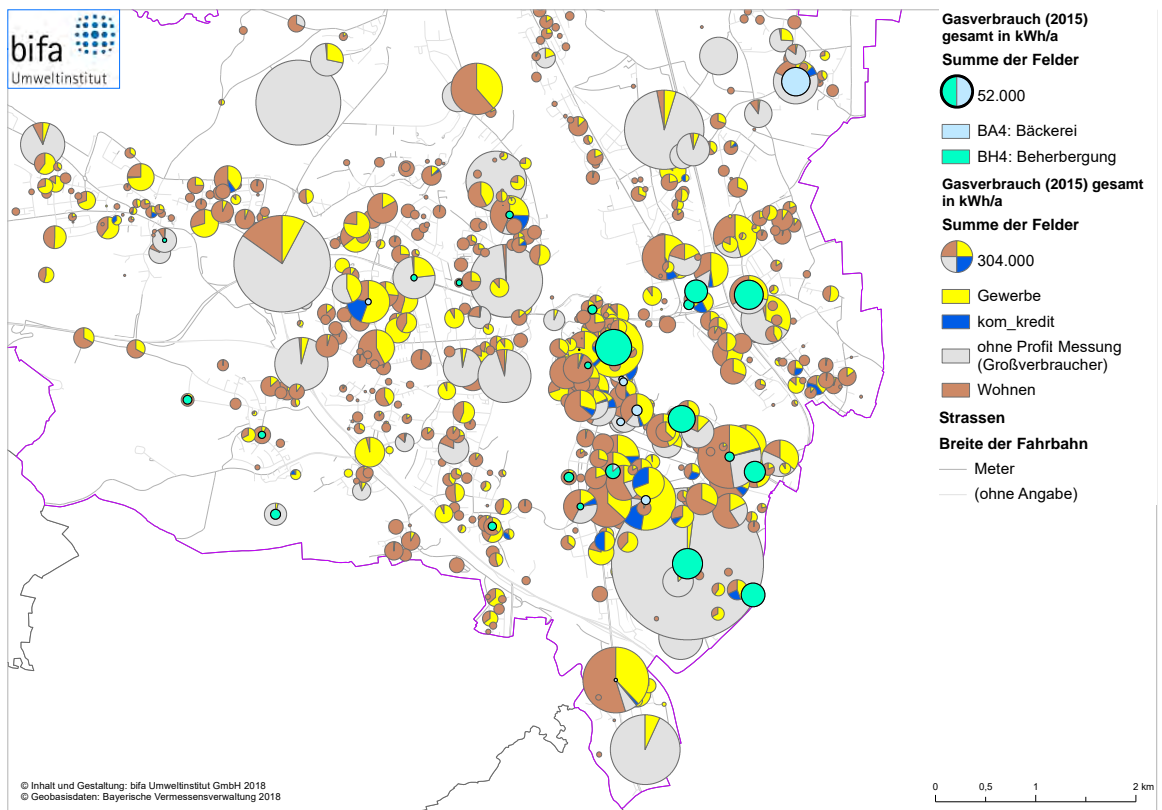
Ansätze zur Entwicklung von Wärmenutzungskonzepten im Bereich Gewerbe

Insbesondere in den Straßen, in denen gewerbliche oder industrielle Abwärme („ohne Profil“) zur Verfügung stehen und gleichzeitig Wohnraumwärme benötigt wird, lassen sich Projekte zur gewerblichen Abwärmenutzung entwickeln.

In der nachfolgenden Karte sind deshalb die Bedarfe für Gewerbe gelb und für Wohnen rotbraun dargestellt. Hohe Potentiale für die Abwärmenutzung und hohe Umsetzungswahrscheinlichkeiten bieten mittlere/ große Bäckereien und größere Hotels. Deren Verbrauch ist türkis (Hotels/ Beherbergung) bzw. hellblau (Bäckereien) markiert.

Abbildung 19: Gasverbrauch (2015) nach den Sektoren

(Gewerbe, Kommunal/ Kredit, Messung, Wohnen)



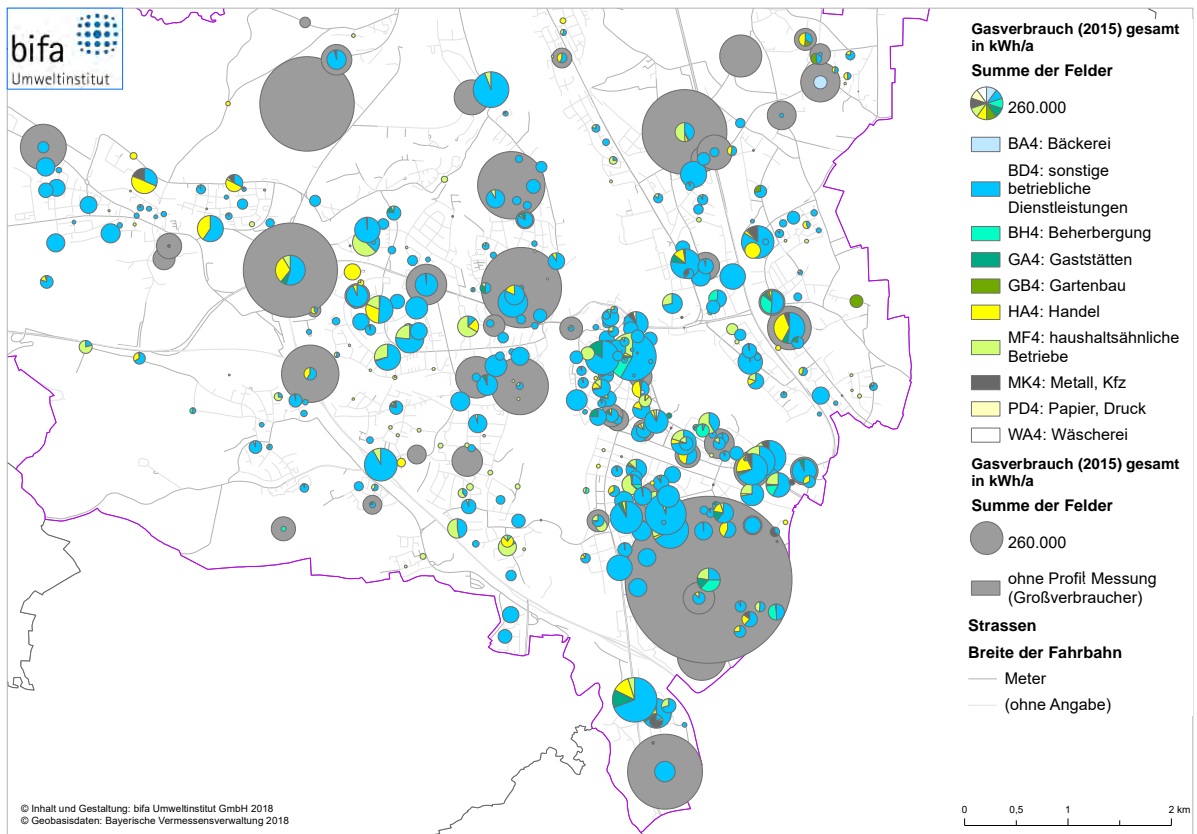
Differenzierte Darstellung der Gasverbräuche nach Lastprofilen (Wirtschaftszweigen)

In der nachfolgenden Abbildung sind die gewerblichen Gasverbräuche in den Straßen, nach ihrer Verteilung auf Branchen in Kreisdiagrammen dargestellt.

Die Kreisdurchmesser geben die Größenordnung des Gesamtverbrauchs für das Gewerbe in einer Straße an. Farblich unterteilt sind die Anteile des Verbrauchs nach den Lastprofilen (entspricht den Branchen: z.B. Bäckerei, Wäscherei, etc.).

Die Tortendiagramme markieren den Verbrauch aller gewerblichen Verbraucher in den darunter befindlichen Straßen - nicht an den punktuellen Standorten. Zu beachten ist, dass es bei langen Straßen zu deutlichen „Lageabweichungen“ kommen kann. Industriebetriebe, Kraftwerke und produzierendes Gewerbe „ohne Lastprofil“ sind grau dargestellt, Gewerbebetriebe nach Standardleistungsprofilen blau.

Abbildung 20: Gasverbrauch von Großverbrauchern



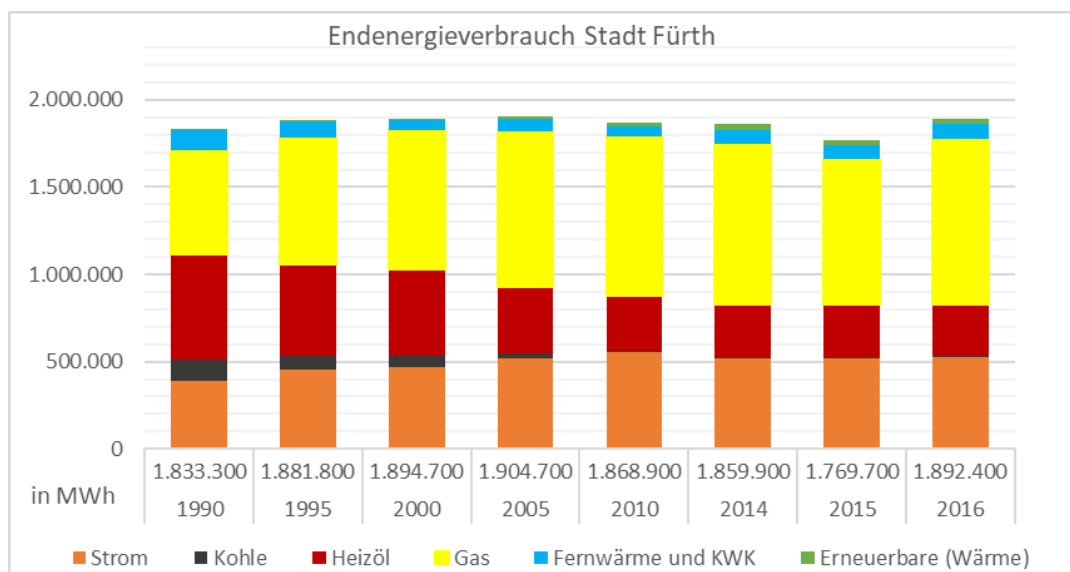
3 Endenergie- und CO₂-Bilanz

Im Jahr 2008 wurde für die Stadt Fürth eine Endenergiebilanz für die Jahre 1990; 1995; 2000 und 2005 sowie ein Klimaschutzfahrplan für 2010 und 2020 erstellt. Die Endenergiebilanz wurde 2016 für die Jahre 2010 und 2014 fortgeschrieben. Im Rahmen dieses Energienutzungsplans werden nun die Jahresrechnungen 2015 und 2016 ergänzt. Dabei werden neben den CO₂-Emissionen auch die THG-Emissionen (rückwirkend bis 1990) dargestellt. Die leitungsgebundenen Energieträger Strom, Erdgas und Fernwärme wurden von der infra fürth gmbh abgefragt. Die nicht leitungsgebundenen Energieträger wurden entweder direkt abgefragt (kommunale Verbraucher) oder durch Simulationsrechnungen oder Fortschreibungen (private Haushalte, GHDI, Verkehr) ermittelt. Die Verbrauchswerte wurden in den entsprechenden Anteilen witterungsbereinigt.

Gesamtentwicklung Energieverbrauch und Emissionen

Der gesamte Energieverbrauch der Stadt Fürth (ohne Verkehr) liegt 2016 um 1,7 % über dem Wert von 2014. In Bezug zum Wert von 1990 ist der Energieverbrauch um 3,2 % gestiegen. Der Anteil von erneuerbaren Energien und KWK/ Fernwärme am Wärmeverbrauch liegt 2016 bei 6,1 %.

Abbildung 21: Endenergieverbrauch Stadt Fürth; 1990 – 2016



Bei der Entwicklung der CO₂- bzw. THG Emissionen ist der Sektor Verkehr mit enthalten. Die CO₂- Emissionen liegen 2016 um 0,5 % unter den Emissionen von 2014 und um 1,5 % dem Wert von 1990. Bei der Entwicklung der THG-Emissionen liegen die Werte bei 2,0 % und 8,3 % unter denen von 2014 bzw. 1990.

Abbildung 22: CO₂-Emissionen Stadt Fürth; 1990 – 2016

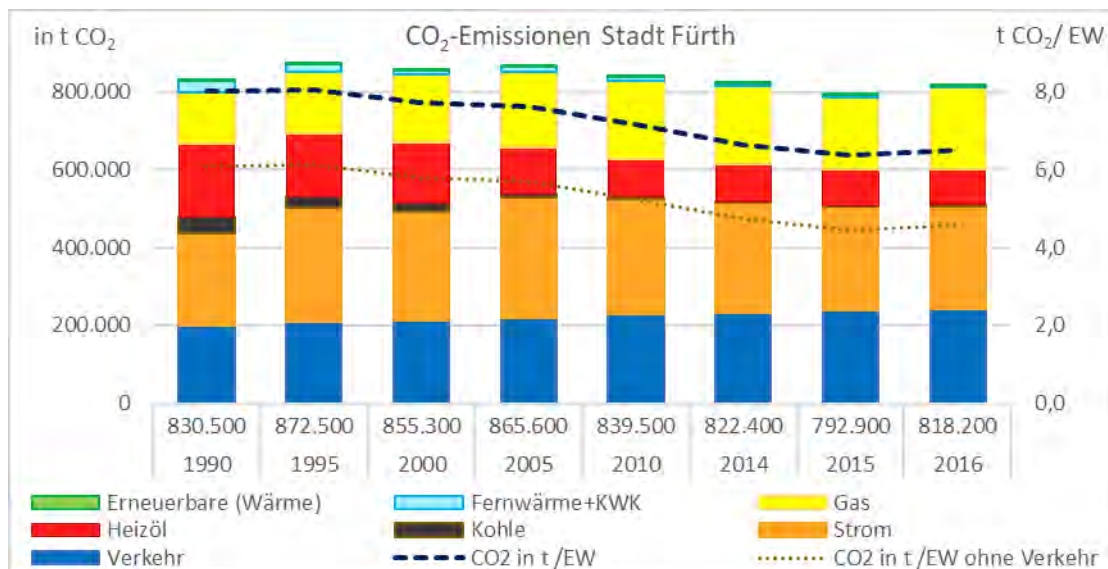
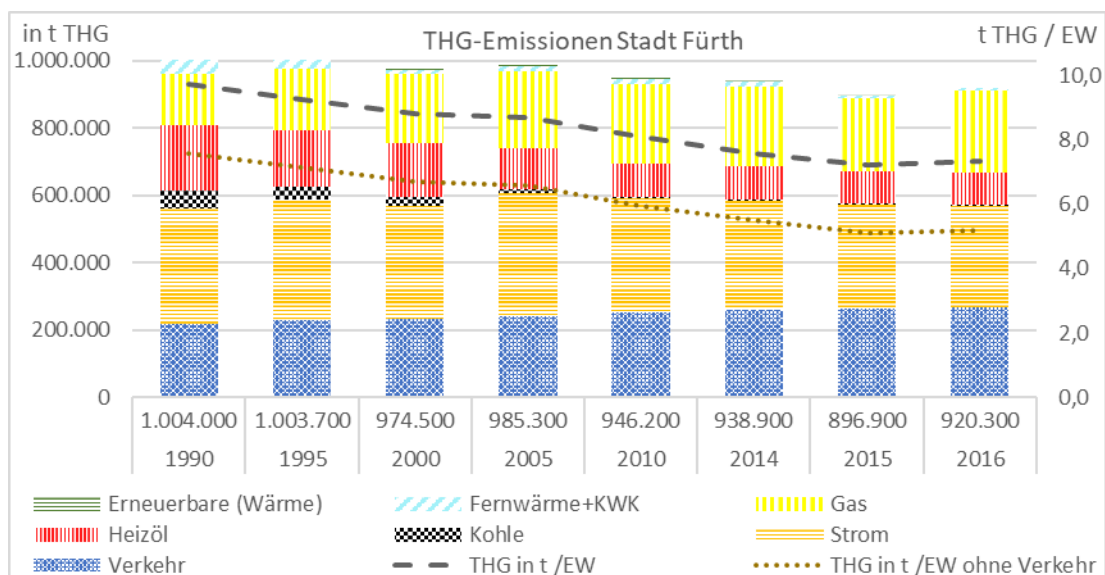


Abbildung 23: THG-Emissionen Stadt Fürth; 1990 – 2016



Entwicklung leitungsgebundene Energieträger nach Verbrauchsgruppen

Der Stromverbrauch liegt 2016 um 1 % über dem Verbrauch von 2014 und 33 % über dem Verbrauch von 1990. Den größten Anteil hat der Sektor GHDI mit 50,9 % vor den privaten Haushalten mit 40,6 %.

Der Erdgasverbrauch liegt 2016 um 3,5 % über dem Verbrauch von 2014 und 60 % über dem Verbrauch von 1990. Den größten Anteil hat der Sektor private Haushalte mit 54,5 % vor dem Sektor GHDI mit 40,0 %.

Der Fernwärmeverbrauch liegt 2016 um 3 % über dem Verbrauch von 2014 und um 28 % unter dem Verbrauch von 1990. Ein großer Rückgang des Verbrauchs ergab sich mit dem Abzug der US-Armee und dem Wegfall der Beheizung ihrer energetisch sehr unzureichenden Gebäude. Seitdem steigt der Einsatz von Fernwärme wieder. Den größten Anteil hat der Sektor private Haushalte mit 86 % vor dem Sektor GHDI mit 9 %, die kommunalen Verbraucher haben einen Anteil von 5 %.

Abbildung 24: Entwicklung Stromverbrauch; 1990 – 2016

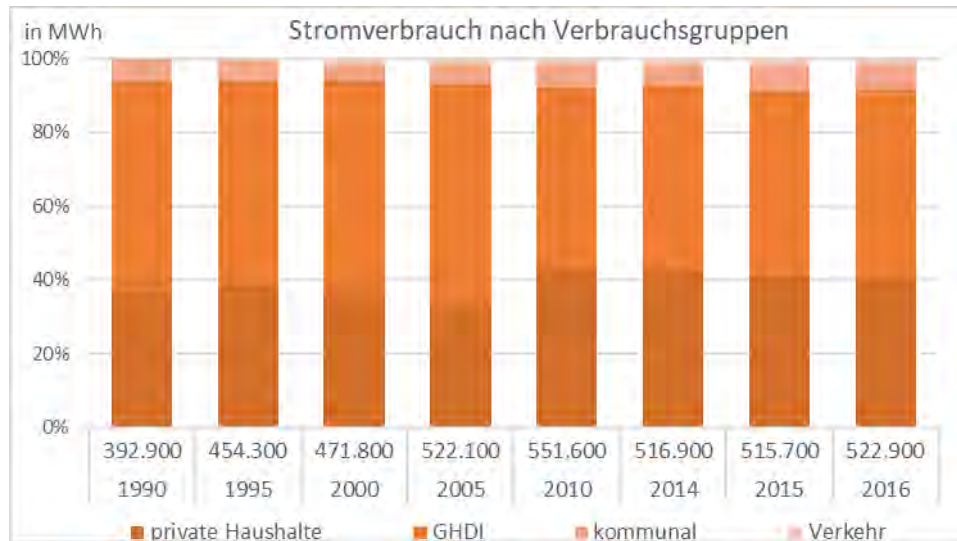


Abbildung 25: Entwicklung Erdgasverbrauch; 1990 – 2016

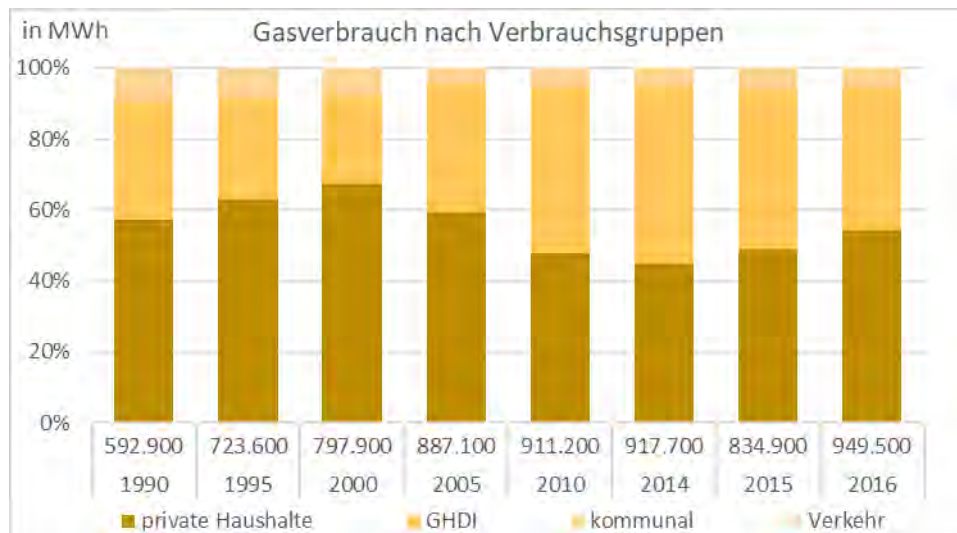
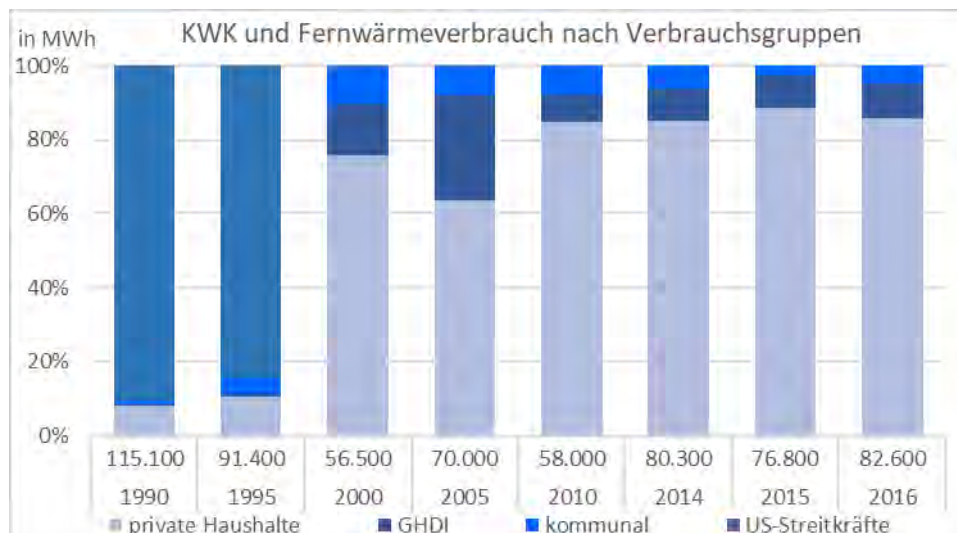


Abbildung 26: Entwicklung KWK/ KWKK, Fernwärmeverbrauch; 1990 - 2016



Entwicklung nichtleitungsgebundene Energieträger nach Verbrauchsgruppen

Der Brennstoff Kohle spielt beim Energieverbrauch in Fürth keine nennenswerte Rolle mehr. Der Verbrauch ging seit 1990 um 92,5 % zurück. Es wird noch von vereinzelt Anwendungen im Sektor GHDI und geringen Verbräuchen bei den privaten Haushalten als Zuheizung in Kachelöfen und Kaminöfen ausgegangen.

Der Heizölverbrauch liegt 2016 um 3 % unter dem Verbrauch von 2014 und 51,5 % unter dem Verbrauch von 1990. Den größten Anteil hat der Sektor private Haushalte mit 88 % vor dem Sektor GHDI mit knapp 12 %.

Abbildung 27: Entwicklung Kohleverbrauch; 1990 – 2016

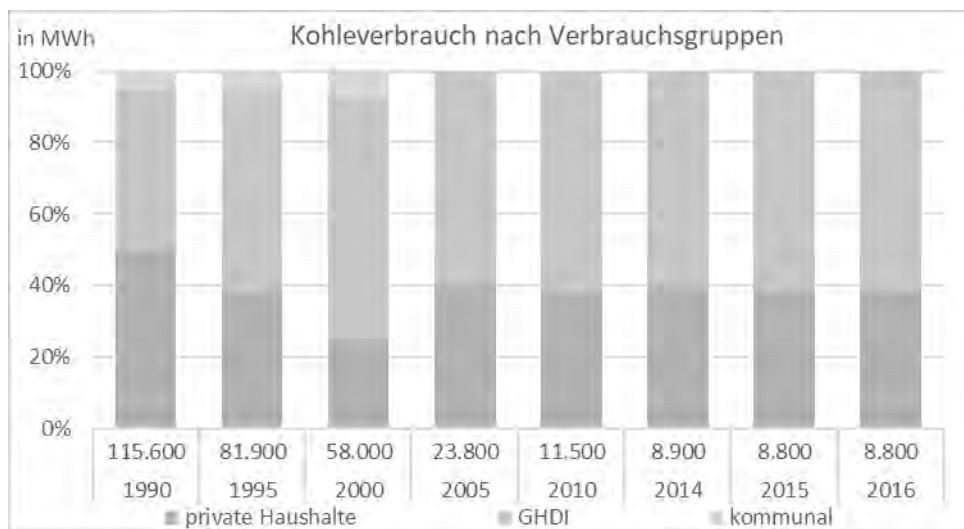
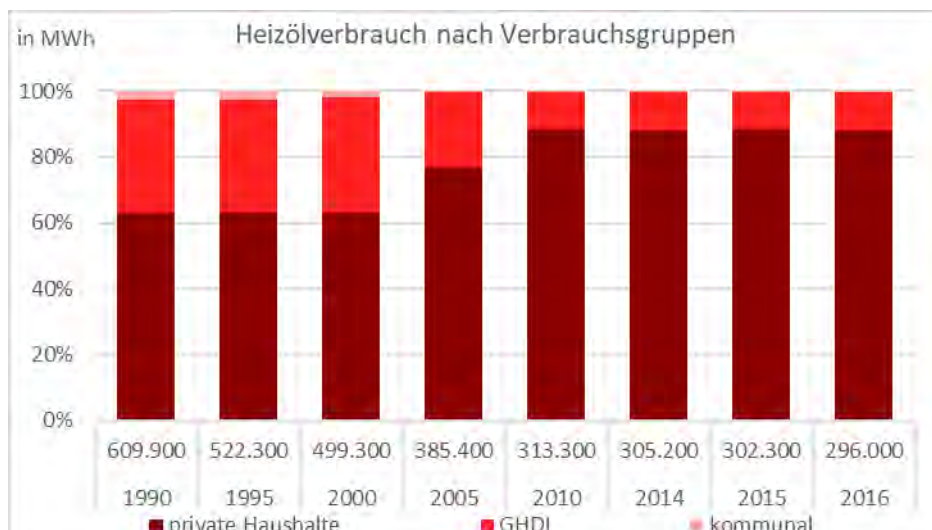


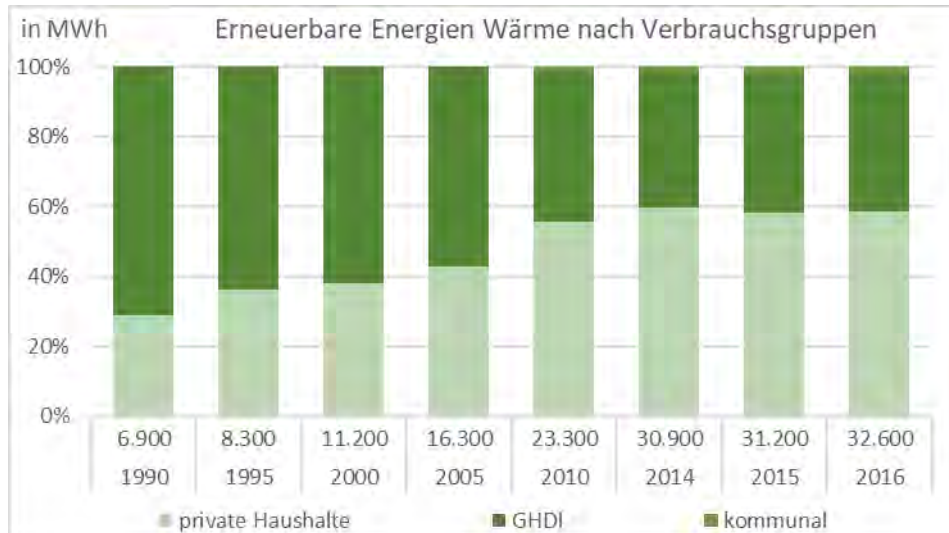
Abbildung 28: Entwicklung Heizölverbrauch; 1990 – 2016



Der Einsatz erneuerbarer Energien im Wärmeverbrauch ist 2016 um über 5,0 % im Vergleich zu 2014 gestiegen. Seit 1990 hat sich der Einsatz fast verfünffacht. Den größten Anteil hat der Sektor private

Haushalte mit 58,5 % vor dem Sektor GHDI mit 40 %, die kommunalen Verbraucher haben einen Anteil von 1,5 %.

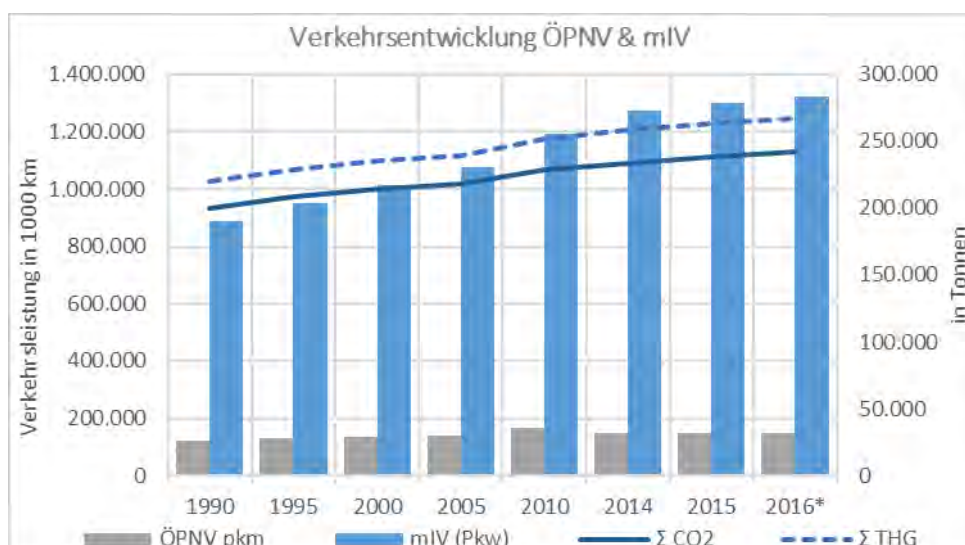
Abbildung 29: Entwicklung erneuerbare Energien; 1990 - 2016



Entwicklung Sektor Verkehr

Die Verkehrsleistung hat von 1990 bis 2016 um 45 % zugenommen, von 2014 bis 2016 ist sie um 3 % gestiegen. Die Emissionen sind seit 1990 um circa. 20 % gestiegen, der zurückgelegte Kilometer verursacht jedoch deutlich weniger Emissionen als vor 35 Jahren. Durch die immense Zunahme des Verkehrsaufkommens wird dies jedoch überkompensiert. Im Jahr 1990 hatte der ÖPNV einen Anteil an 12 % an der Verkehrsleistung, 2016 waren es 10 %.

Abbildung 30: Personenverkehr, Entwicklung ÖPNV und mIV; 1990 - 2016



4 Potenziale Energieeffizienz, KWK, Erneuerbare Energien

4.1 Energieeffizienz

Neben der Vermeidung von unnötigem Energieverbrauch und dem Einsatz von erneuerbaren Energien stellt die Steigerung der Energieeffizienz, d. h. die verwendete Energie wird besser ausgenutzt, die zweite Säule in der Energiewende dar. Eine verbesserte Energieeffizienz dient der Einsparung von elektrischem Strom und Brennstoffen (v.a. Erdgas, Heizöl). Eine Steigerung der Energieeffizienz ist in allen Sektoren sowohl in der Gebäudehülle als auch in der Anlagentechnik in unterschiedlichen Qualitätsstufen bei der Einsparung von Raumwärme festzustellen. Die noch zu verwirklichen Potenziale unterscheiden sich daher auch erheblich.

4.1.1 Sektor Wohnen, Heizwärme und Warmwasser

Private Haushalte, die den Sektor „Wohnen“ darstellen, haben aktuell mit 56 % des gesamten Wärmebedarfs in der Stadt Fürth einen entscheidenden Anteil am Energieverbrauch und auch einen entscheidenden Anteil am Effizienzpotenzial. Von ihrem Wärmebedarf entfallen 13 % auf die Warmwasserbereitstellung und 87 % auf den Heizwärmebedarf. Zur Bestimmung der Effizienzpotenziale in diesem Verbrauchssektor werden drei verschiedene Szenarien simuliert. Die Effizienzsteigerungen finden überwiegend beim Heizwärmebedarf statt. Bei der Warmwasserbereitstellung kann zwar der Anteil der Erneuerbaren Energien gesteigert werden, der Warmwasserbedarf hängt jedoch in erster Linie von der Anzahl der Einwohner ab. Effizienzpotenziale sind nur in einem beschränkten Rahmen durch eine verbesserte Anlagentechnik zu erwarten oder durch geändertes Nutzerverhalten.

Tabelle 4: Sanierungsszenarien Sektor private Haushalte (Wohnungssektor, Raumwärme)

Szenarien bis 2030	jährliche Sanierungsquote	Anteil Effizienzsanierungen	sanierte Fläche, bezogen auf 2010
Referenzszenario	0,9 % – 1,2 %	10 % -12 %	33 %
Effizienzszenario	1,0 % – 2,0 %	15 % -25 %	40 %
Klimaschutzszenario	1,1 % – 3,0 %	25 % -75 %	58 %

Im **Referenzszenario** wird die aktuelle Entwicklung weitergeführt. Die Sanierungsquote und Sanierungsqualität steigern sich langsam. Außerordentliche Anstrengungen bzw. eine deutlich verbesserte Fördersituation werden nicht angesetzt. Im Jahr 2030 werden dann ca. 33 % der Wohnfläche (bezogen auf den Gebäudebestand des Jahres 2010) energetisch saniert sein. An Gebäuden, die nach dem Jahr 2010 errichtet wurden, werden bis zum Jahr 2030 vermutlich keine Maßnahmen oder nur geringfügige Maßnahmen in den ersten 20 Jahren nach Baufertigstellung durchgeführt werden. Der umweltfreundliche Anteil der Erneuerbaren Energien und Fernwärme steigt bis 2030 auf 18 %. Dies erfordert einen Austausch von jährlich 4 % der Heizungen³), wobei 15 % der erneuerten Anlagen auf regenerative Energien oder Fernwärme umgestellt werden.

³ Die Zahl von jährlich 4 % ergibt sich bei einer Nutzungsdauer der Anlagen von 25 Jahren (100% / 25 = 4%).

Im **Effizienzscenario** wird von einer deutlich höheren Sanierungsquote aber auch von einer höheren Sanierungsqualität ausgegangen. Hierfür sind ein gesteigertes Umweltbewusstsein bzw. verbesserte wirtschaftliche Anreize notwendig. Im Jahr 2030 werden dann ca. 41 % der Wohnfläche von 2010 saniert sein. Der Anteil der Erneuerbaren Energien und Fernwärme steigt bis 2030 auf 28 %. Dies erfordert einen Austausch von jährlich 5 % der Heizungen, wobei 30 % der erneuerten Anlagen auf regenerative Energien oder Fernwärme umgestellt werden.

Im **Klimaschutzscenario** werden Parameter gewählt, die im Rahmen der vorhandenen Gegebenheiten und Techniken eine maximale Effizienzsteigerung gewährleisten sollen. Eine zu ambitionierte Steigerung der Sanierungsquote ist aufgrund der vorhandenen Kapazitäten im Baugewerbe und der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen nicht darstellbar. Der Anteil der hochwertigen Sanierungen wird hingegen sehr hoch angesetzt. Eine schnelle Amortisation der Sanierungsmaßnahmen wird nicht als limitierender Faktor herangezogen. Der Sanierungsstandard wird im sehr hohen Effizienzstandard angesetzt. Aufgrund des hohen Anteils an denkmalgeschützten Gebäuden wird jedoch kein Passivhausstandard gewählt. Im Jahr 2030 werden dann ca. 50 % der Wohnfläche des Gebäudebestands von 2010 saniert sein. Die Sanierung aller in Frage kommender Flächen wird sich bis über das Jahr 2040 hinziehen. Der Anteil der Erneuerbaren Energien und Fernwärme steigt bis 2030 auf 53 %. Dies erfordert einen Austausch von jährlich 6 % der Heizungen, wobei 75 % der erneuerten Anlagen auf regenerative Energien oder Fernwärme umgestellt werden.

Für alle Szenarien wurde ein moderater Anstieg der Bevölkerung bis 2030 um 4 % auf 130.400 und ein Zuwachs der Wohnfläche um 6 % auf 5.461.000 m² angenommen.

Referenzscenario

Der Endenergiebedarf sinkt im Referenzscenario von 2016 bis 2030 um 9,0 % bzw. 78.150 MWh. Ursächlich hierfür ist der Rückgang des Raumwärmebedarfs aufgrund von energetischen Sanierungen; der Warmwasserbedarf steigt aufgrund der Zunahme der Einwohner leicht an.

Abbildung 31: Sektor Wohnen Referenzscenario; Endenergie, Emissionen

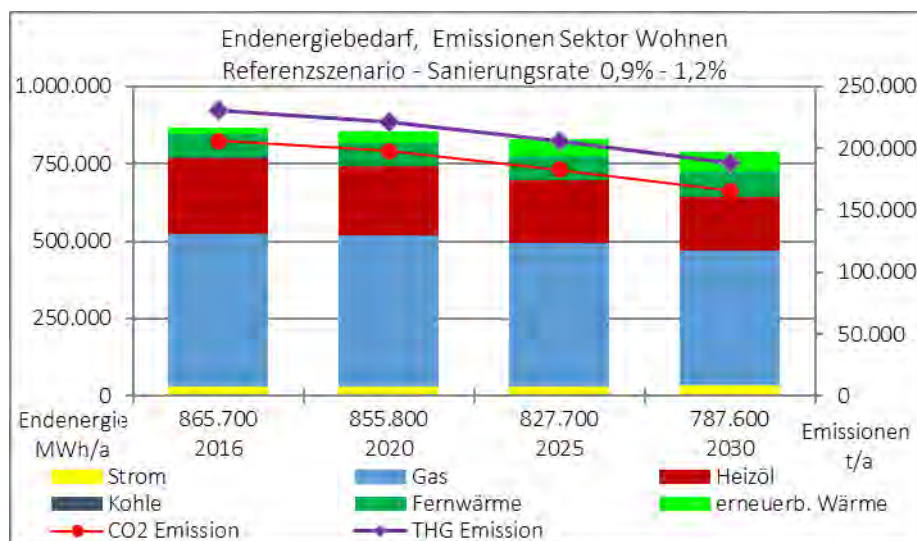
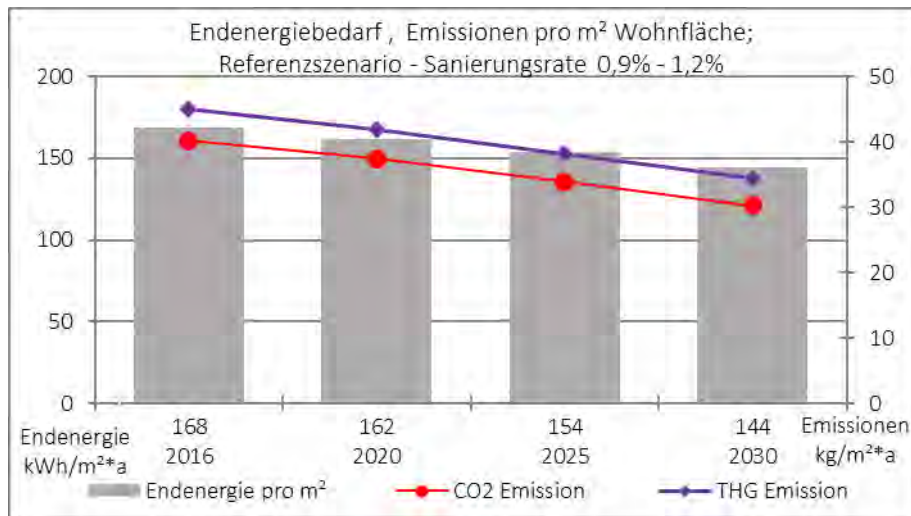


Abbildung 32: Sektor Wohnen Referenzszenario; Endenergie, Emissionen pro m²



Aufgrund des gesteigerten Einsatzes erneuerbarer Energien beträgt der Rückgang bei den Emissionen ca. 19 %. Im Jahr 2030 werden 18 % der Heizanlagen mit erneuerbaren Energien und immer noch 82 % mit fossilen Energieträgern betrieben.

Der Energiebedarf pro m² Wohnfläche verringert sich von 168,5 kWh auf 144,2 kWh, dies entspricht einem Rückgang von 14,4 %. Die Emissionen pro m² verringern sich um 24 %.

Effizienzscenario

Der Endenergiebedarf sinkt im Effizienzscenario bis 2030 um 15,4 % bzw. 133.450 MWh. Aufgrund des gesteigerten Einsatzes erneuerbarer Energien beträgt der Rückgang bei den Emissionen ca. 32 %. 2030 werden 28 % der Heizanlagen mit erneuerbaren Energien und 72 % mit fossilen Energieträgern betrieben.

Abbildung 33: Sektor Wohnen Effizienzscenario; Endenergie, Emissionen

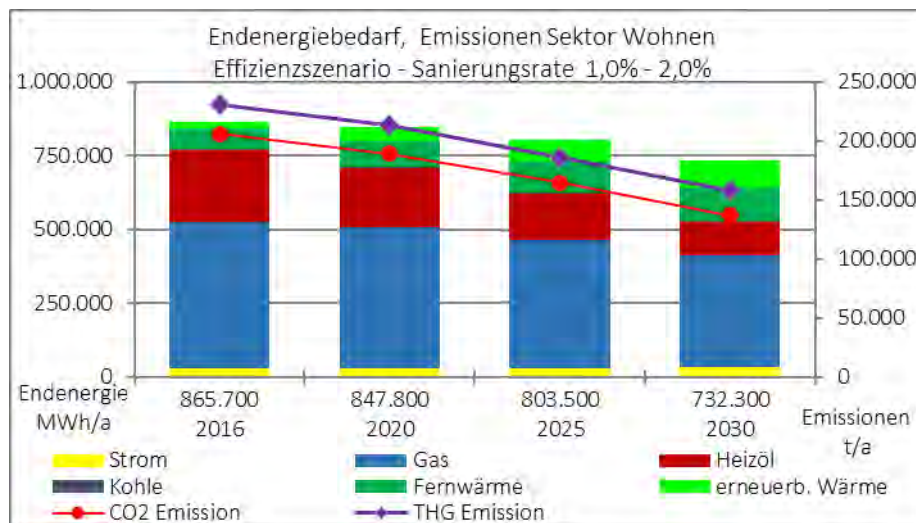
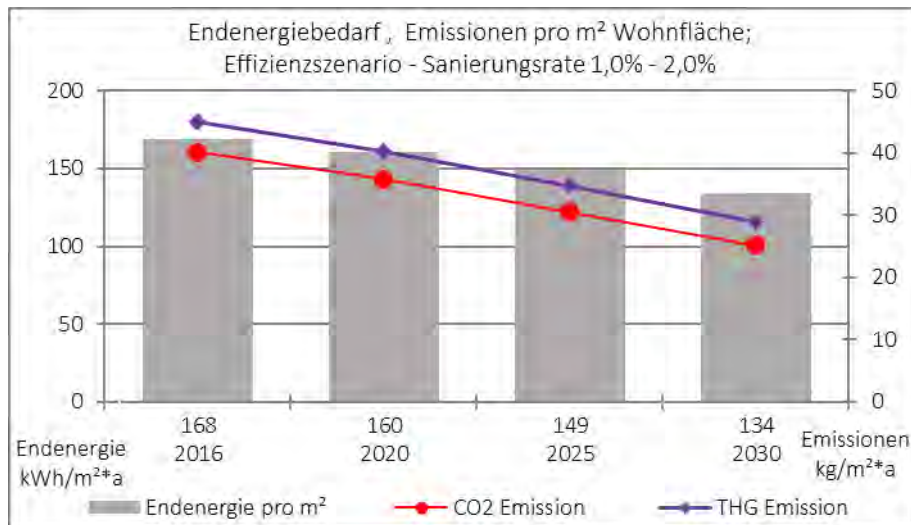


Abbildung 34: Sektor Wohnen Effizienzzenario; Endenergie, Emissionen pro m²



Der Energiebedarf pro m² Wohnfläche verringert sich von 168,5 kWh auf 134,1 kWh, dies entspricht einem Rückgang von 20,4 %. Die Emissionen pro m² verringern sich um 36 %.

Klimaschutzzenario

Der Endenergiebedarf sinkt im Klimaschutzzenario bis 2030 um 23,7 % bzw. 205.040 MWh. Aufgrund des gesteigerten Einsatzes erneuerbarer Energien beträgt der Rückgang bei den Emissionen ca. 56 %. 2030 werden 53 % der Heizanlagen mit erneuerbaren Energien und 47 % mit fossilen Energieträgern betrieben. Der Energiebedarf pro m² Wohnfläche verringert sich von 168,5 kWh auf 121,0 kWh, dies entspricht einem Rückgang von 28,2 %.

Abbildung 35: Sektor Wohnen Klimaschutzzenario; Endenergie, Emissionen

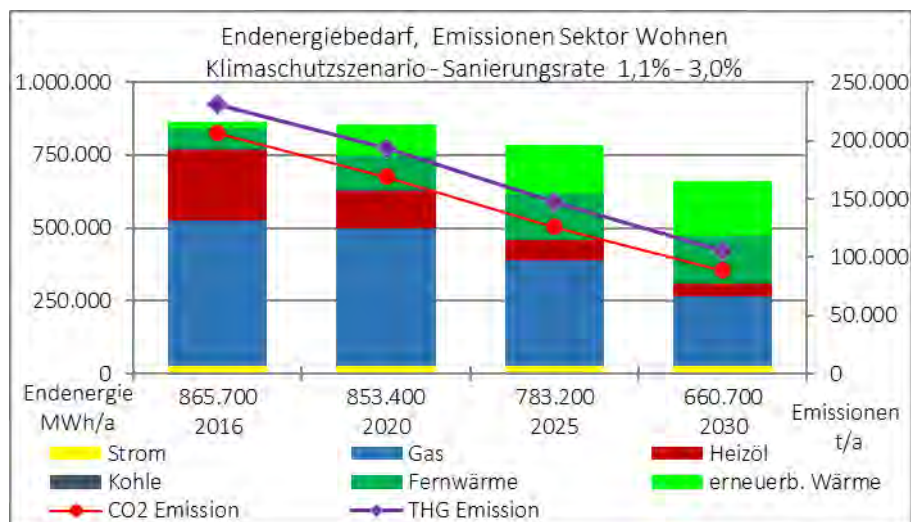
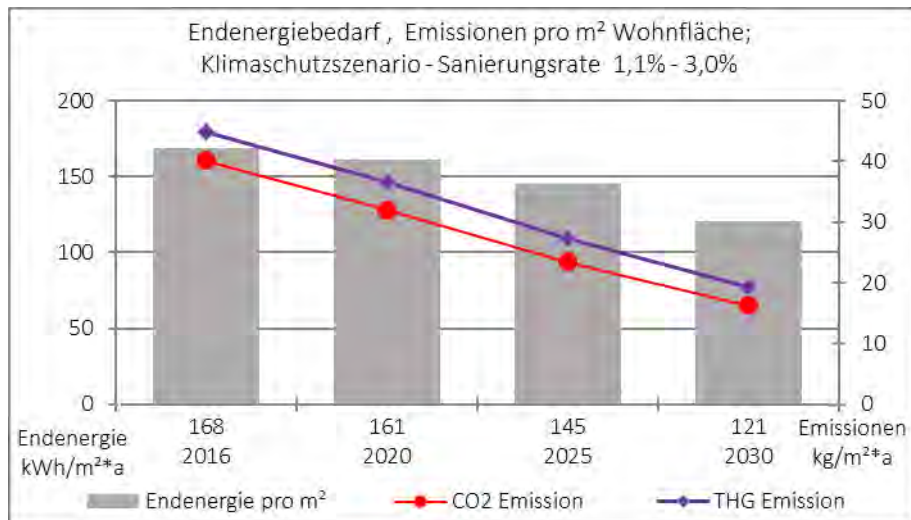


Abbildung 36: Sektor Wohnen Klimaschutzscenario; Endenergie, Emissionen pro m²



Gesamtpotenzial

Das gesamte, rechnerische Effizienz- bzw. Sanierungspotenzial bezogen auf das Jahr 2016 beträgt 635.140 MWh. Dies entspricht einer Reduktion des Energieverbrauchs von 73 %. Die Einsparungen erfolgen zum allergrößten Teil beim Energiebedarf für Heizwärme. Die Reduktionen beim Energiebedarf für Warmwasser bewegen sich im einstelligen Bereich, da durch den zukünftigen Zuwachs der Bevölkerung der Warmwasserbedarf weiter steigen wird.

Wird das Klimaschutzscenario weitergeführt und beim Austausch fossiler Heizungstechnik ab 2030 ein Anteil von 95 % an erneuerbaren Energien angesetzt, werden bis 2050 über 76 % der Heizungsanlagen mit erneuerbaren Energien oder Fernwärme betrieben. Es ist darüber hinaus zu erwarten, dass bei den verbleibenden fossilen Energieträgern ein nennenswerter regenerativer Anteil beigefügt ist. Das Reduktionspotenzial der Emissionen beträgt bezogen auf 2016 über 90 %.

Abbildung 37: Sektor Wohnen Potenzial; Heizwärmebedarf, Wohnfläche

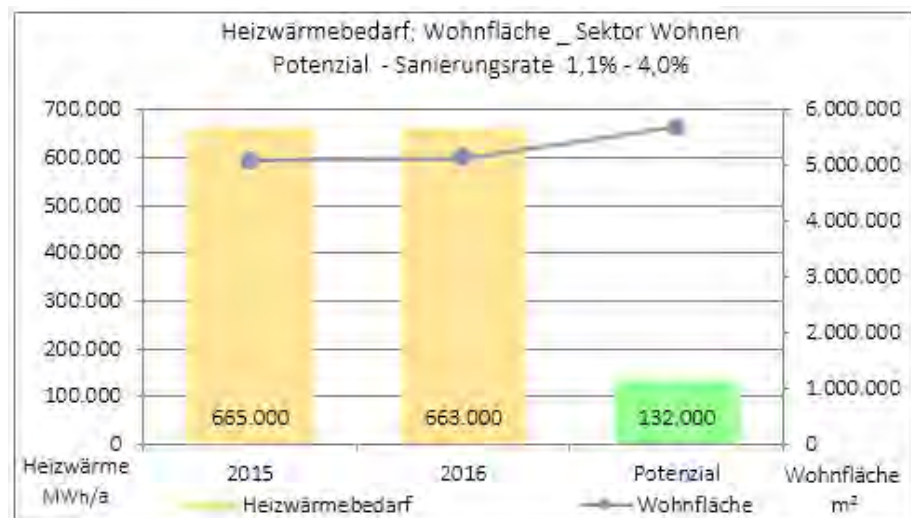
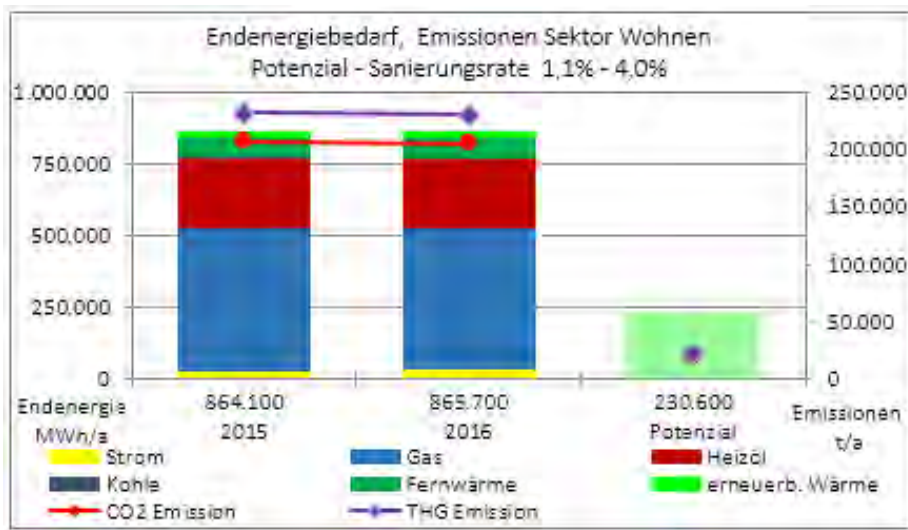
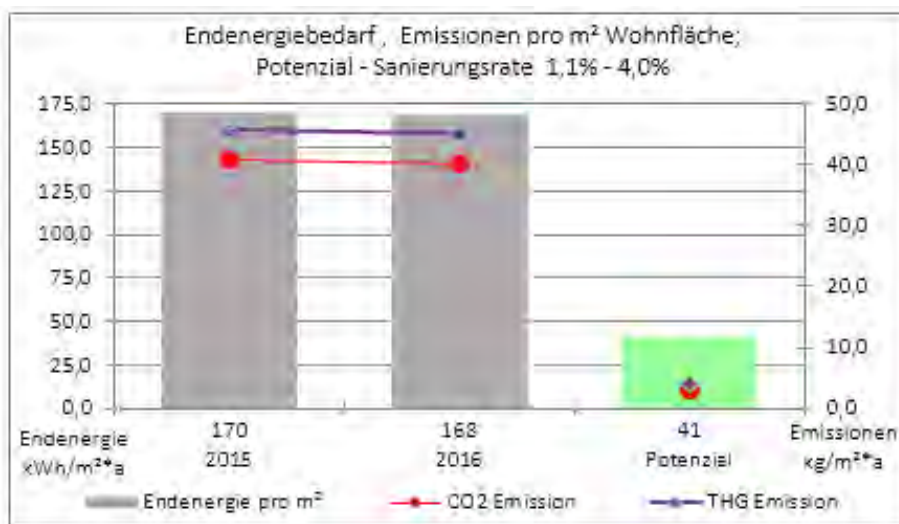


Abbildung 38: Sektor Wohnen Gesamtpotenzial; Endenergie, Emissionen

Abbildung 39: Sektor Wohnen Gesamtpotenzial; Endenergie, Emissionen pro m²

Der Energiebedarf pro m² Wohnfläche kann sich bis 2050 auf 41 kWh/m² pro Jahr verringern. Dies entspricht einem Reduktionspotenzial von 76 % bezogen auf 2016.

4.1.2 Kommunale Liegenschaften

Die Verbräuche der kommunalen Liegenschaften werden regelmäßig erfasst und sind im Energiebericht der Stadt Fürth, in Gebäudegruppen zusammengefasst, dargestellt. Die Gebäudegruppen sind:

- Verwaltung
- kulturelle Einrichtungen (Museen, Veranstaltungen, sonstiges)
- Jugendhäuser, Horte
- Kindergarten, Grundschulen

- Mittelschulen, Förderzentren
- weiterführende Schulen

Die spezifischen Verbrauchswerte für Wärme und Strom der einzelnen Gebäudegruppen wurden in Relation zu den Vergleichswerten des Bauwerkszuordnungskatalogs (BWZK)⁴ gesetzt.

Abbildung 40: Spezifischer Wärmeverbrauch kommunaler Verbrauchsgruppen

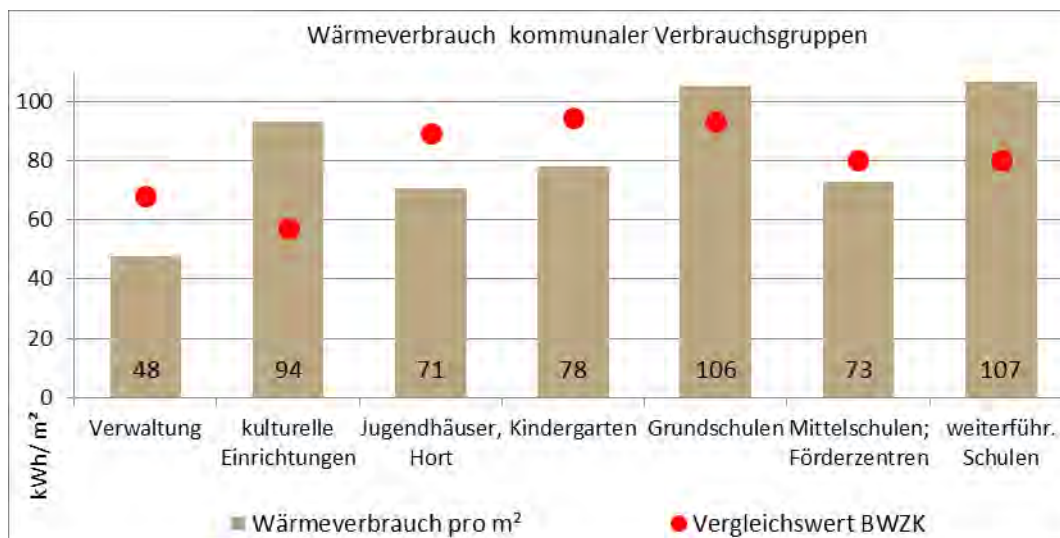
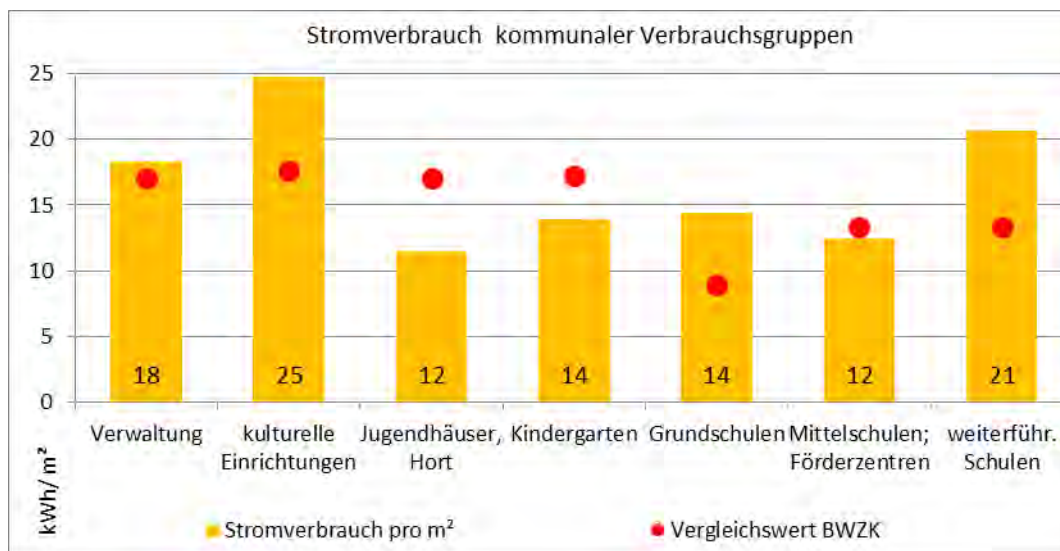


Abbildung 41: Spezifischer Stromverbrauch kommunaler Verbrauchsgruppen



Beim Wärmeverbrauch liegen die spezifischen Verbrauchswerte der kulturellen Einrichtungen, Grundschulen und weiterführenden Schulen über den Verbrauchswerten des BWZK. Die Verbrauchswerte der restlichen Gebäudegruppen liegen darunter. Die Werte des BWZK wurden als Referenz genommen, der darüberliegende Energieverbrauch ergibt das Effizienzpotenzial Wärme I in Höhe von

⁴ Bauwerkszuordnungskatalog des Bundesumweltministeriums und Bundeswirtschaftsministeriums: Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte und der Vergleichsverfahren im Nichtwohngebäudebestand (Berlin, 2015)

3.770 MWh (entspricht 16 % Einsparung). Bei einem energetisch besseren Referenzwert von 20 % unter den Werten des BWZK ergeben sich auch Potenziale in den Gebäudegruppen Kindergärten (geringfügig) und Mittelschulen und Förderzentren. Insgesamt ergibt sich dann ein Effizienzpotenzial Wärme II 6.090 MWh (entspricht 26 % Einsparung).

Beim Stromverbrauch liegen die Gebäudegruppen Verwaltung, kulturelle Einrichtungen, Grundschulen und weiterführende Schulen über den Vergleichswerten des BWZK. Das Effizienzpotenzial Strom I beträgt 1.080 MWh (entspricht 22 % Einsparung). Bei einem energetisch besseren Referenzwert von 15 % unter den Werten des BWZK ergeben sich auch Potenziale in der Gebäudegruppe Mittelschulen und Förderzentren. Insgesamt ergibt sich dann ein Effizienzpotenzial Strom II von 1.560 MWh (entspricht 32 % Einsparung).

Das größte Effizienzpotenzial bei Wärme und Strom liegt in der Gebäudegruppe der weiterführenden Schulen. Die größten Überschreitungen des spezifischen Referenzwertes für Wärme ergeben sich in der Gebäudegruppe kulturelle Einrichtungen und beim Stromverbrauch der Grundschulen und weiterführenden Schulen. Erst an dritter Stelle folgen die kulturellen Einrichtungen.

Die Effizienzpotenziale geben die Größenordnung der Einsparmöglichkeiten bei den kommunalen Einrichtungen wieder. Wirtschaftliche Abwägungen sind darin nicht enthalten, ebenso wenig wie Aussagen über die Amortisationsdauer möglicher Sanierungen. Es können keinesfalls Rückschlüsse auf die Sanierung einzelner Gebäude der Gebäudegruppe gezogen werden. Hierfür ist immer eine detaillierte Einzelfallbetrachtung notwendig. In manchen Gebäudegruppen sind die Verbrauchswerte sehr von der speziellen Nutzungsstruktur des Gebäudes abhängig (z. B. bei den kulturellen Einrichtungen). Dies muss bei der Interpretation der Zahlenwerte berücksichtigt werden. Die Ergebnisse in solchen Gebäudegruppen sind weit weniger belastbar als bei Gebäudegruppen mit eindeutigerem Nutzungsprofil (wie z. B. Verwaltungsgebäuden, etc.).

4.1.3 Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie

Die Umsetzung von Effizienzpotenzialen im Sektor GHDI ist viel mehr von wirtschaftlichen Aspekten und kurzen Amortisationszeiten bestimmt als in anderen Sektoren. In kleineren und auch mittelständischen Betrieben, bei denen Energie keinen essentiellen Kostenfaktor darstellt, wird dem Effizienzpotenzial beim Energieverbrauch oft aufgrund fehlender fachlicher Kompetenzen und zeitlicher Ressourcen ein geringer Stellenwert eingeräumt. In größeren Unternehmen und bei hohem Energieverbrauch sind häufig die wirtschaftlichsten Maßnahmen bereits umgesetzt. Dennoch gibt es auch hier oft noch wirtschaftliches Effizienzpotenzial.

Die Effizienzpotenziale unterscheiden sich bei der Industrie sehr deutlich von den Potenzialen beim Gewerbe, Handel und Dienstleistung. Während bei der Industrie 75 % des Potenzials bei branchenspezifischen Anwendungen (Prozesstechnologien) liegt und 25 % in den Querschnittstechnologien (z. B. Wärme-/Kälteversorgung, Beleuchtung, Druckluft, Lüftung etc.) ist es bei GHD mit knapp 20 % branchenspezifischen Effizienzpotenzialen und über 80 % bei den Querschnittstechnologien umgekehrt.

Tabelle 5: Energieverbrauch nach Anwendungsgebieten, Effizienzpotenziale

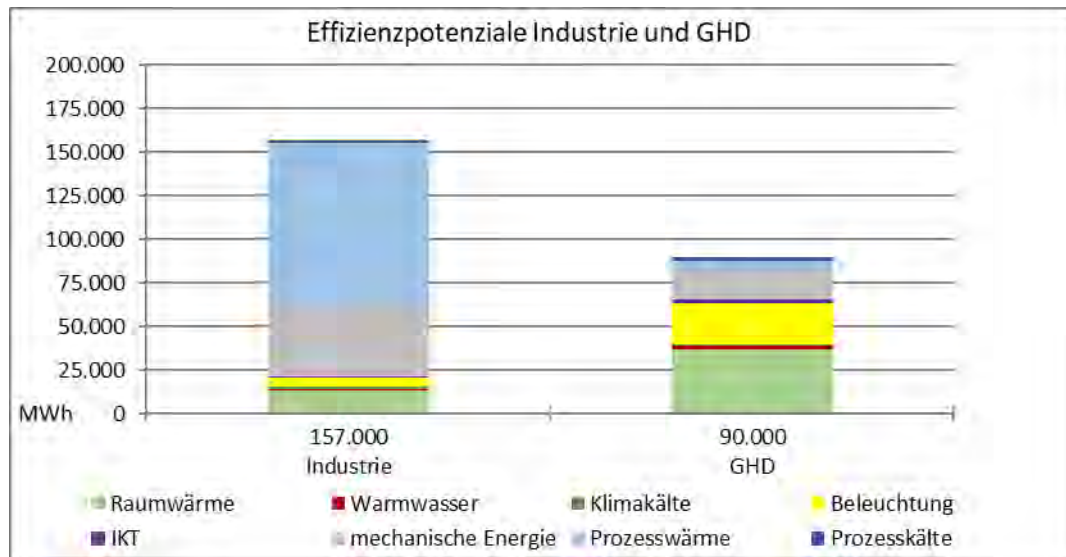
Anwendungsgebiet	Industrie	GHD	Effizienzpotenzial
Raumwärme	9 %	47 %	26 %
Warmwasser	1 %	6 %	13 %
Klimakälte	1 %	1 %	26 %
Beleuchtung	2 %	15 %	60 %
Info. und Komm. Technik (IKT)	1 %	5 %	13 %
Prozesswärme	63 %	7 %	26 %
Prozesskälte	1 %	3 %	26 %
mechanische Energie	22 %	16 %	34 %

Quelle: dena; ean

Die Effizienzpotenziale und ihre Umsetzung differieren von Betrieb und Branche sehr stark. Sie können nur durch eine betriebliche Einzelbetrachtung ermittelt werden.

In großen Betrieben werden oft im Rahmen von Zertifizierungen Effizienzmaßnahmen umgesetzt, die jedoch strengen wirtschaftlichen Kriterien entsprechen müssen. Inwieweit in den kleineren Betrieben Effizienzmaßnahmen durchgeführt werden, lässt sich nur schwer abschätzen. Es kann jedoch von einem niedrigerem Umsetzungsgrad ausgegangen werden als beispielsweise im Sektor der privaten Haushalte. Im Sektor private Haushalte werden durch Regelungen der Energieeinsparverordnung (EnEV) und des Erneuerbaren Energien Wärmegesetzes (EEWärmeG) rechtliche Rahmenbedingungen gesetzt. Auch bei den kommunalen Einrichtungen, bei denen sich die Kommune ihrer Vorbildfunktion und Verantwortung bewusst ist, werden im Rahmen der wirtschaftlichen Möglichkeiten tendenziell häufiger Effizienzpotenziale umgesetzt, als in Betrieben des „Kleingewerbes“ innerhalb des GHD-Sektors.

Die Höhe des Energieverbrauchs im Sektor GHD ist zu großen Teilen auch von der wirtschaftlichen Gesamtlage und Auftragslage des einzelnen Unternehmens abhängig. Ebenso spielt der Übergang von einer produktionsorientierten Wirtschaft zu einer dienstleistungsdominierten Wirtschaft lang- und mittelfristig eine nicht zu vernachlässigende Rolle. So hat der Anteil der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten im produzierenden Gewerbe von 2008 bis 2017 von 32 % auf 27 % abgenommen, der Anteil der Beschäftigten bei GHD entsprechend von 68 % auf 73 % zugenommen. Einzelereignisse wie Betriebsverlagerungen energieintensiver Unternehmen können die allgemeine Entwicklung deutlich überlagern.

Abbildung 42: Effizienzpotenzial Industrie und GHD

Stromanwendungen der privaten Haushalte

Der Energieverbrauch der privaten Haushalte ergibt sich zum größten Teil aus den Wärmeanwendungen „Wohnraumbeheizung“ (Anteil 73 %) und „Warmwasserverbrauch“ (Anteil 9 %). Der Verbrauch von Strom für andere Anwendungen macht nur einen Anteil von 18 % aus. Aufgrund der immer weiter zunehmenden Anzahl von Stromanwendungen (v.a. der Informations- und Kommunikationstechnik) in diesem Bereich und der gleichzeitig immer effizienter werdenden Wohnraumbeheizung und Warmwasserbereitstellung (Wärmebereich) steigt der prozentuale Anteil des Stromverbrauchs am Gesamtenergieverbrauch jedoch.

Neben der Energieeffizienz der Elektrogeräte ist der Verbrauch auch in starkem Maße von der Anzahl der verwendenden Geräte und vor allem auch von der Nutzungsintensität abhängig. Im „Stromspiegel für Deutschland 2017“⁵ ist eine sehr große Bandbreite an Verbrauchswerte erkennbar. Sie unterscheiden sich zudem deutlich nach der Größe des Haushaltes und der Wohnsituation, in der der Verbraucher lebt. So ist in größeren Haushalten der Verbrauch pro Person deutlich niedriger als in kleineren Haushalten und auch in Mehrfamilienhäusern deutlich geringer als in Ein- und Zweifamilienhäusern.

⁵ Stromspiegel für Deutschland 2017, Stand Februar 2017, 1. Auflage; co2online gemeinnützige GmbH, 10829 Berlin

Abbildung 43: Stromverbrauchswerte entsprechend Haushaltsgröße und Wohnsituation

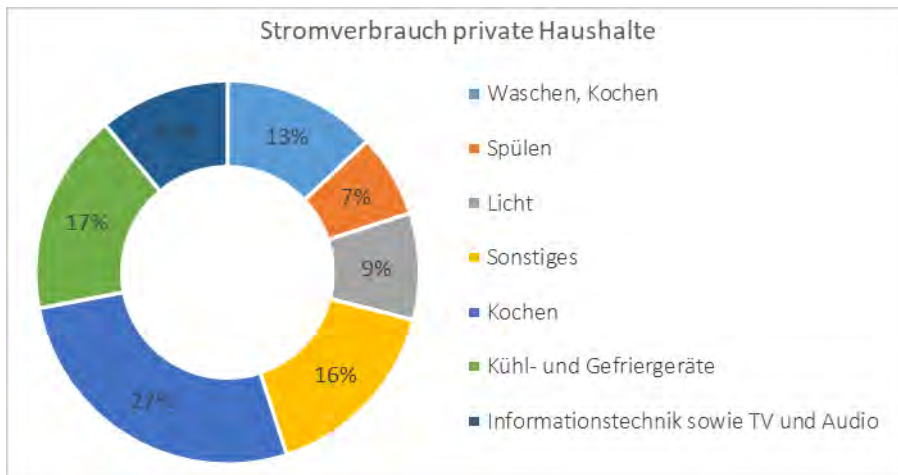
Gebäudetyp	Warmwasser	Personen im Haushalt	Verbrauch in Kilowattstunden (kWh) pro Jahr						
			Gering				Sehr hoch		
			A	B	C	D	E	F	G
Ein- oder Zweifamilienhaus	ohne Strom	1 Person	bis 1.300	bis 1.700	bis 2.000	bis 2.500	bis 3.000	bis 4.000	über 4.000
		2 Personen	bis 2.100	bis 2.500	bis 3.000	bis 3.200	bis 3.600	bis 4.400	über 4.400
		3 Personen	bis 2.600	bis 3.000	bis 3.500	bis 3.900	bis 4.300	bis 5.200	über 5.200
		4 Personen	bis 2.900	bis 3.500	bis 3.800	bis 4.200	bis 4.900	bis 5.900	über 5.900
	mit Strom	1 Person	bis 1.500	bis 2.000	bis 2.500	bis 3.000	bis 3.600	bis 5.000	über 5.000
		2 Personen	bis 2.500	bis 3.000	bis 3.500	bis 4.000	bis 4.500	bis 5.800	über 5.800
		3 Personen	bis 3.000	bis 3.800	bis 4.200	bis 4.900	bis 5.700	bis 7.300	über 7.300
		4 Personen	bis 3.500	bis 4.000	bis 4.800	bis 5.500	bis 6.300	bis 8.000	über 8.000
Wohnung im Mehrfamilienhaus	ohne Strom	1 Person	bis 800	bis 1.000	bis 1.200	bis 1.500	bis 1.800	bis 2.200	über 2.200
		2 Personen	bis 1.300	bis 1.600	bis 2.000	bis 2.200	bis 2.600	bis 3.100	über 3.100
		3 Personen	bis 1.700	bis 2.000	bis 2.400	bis 2.800	bis 3.200	bis 3.900	über 3.900
		4 Personen	bis 1.900	bis 2.400	bis 2.800	bis 3.200	bis 3.700	bis 4.500	über 4.500
	mit Strom	1 Person	bis 1.200	bis 1.500	bis 1.800	bis 2.000	bis 2.400	bis 3.000	über 3.000
		2 Personen	bis 2.000	bis 2.500	bis 2.900	bis 3.100	bis 3.500	bis 4.200	über 4.200
		3 Personen	bis 2.600	bis 3.200	bis 3.700	bis 4.100	bis 4.700	bis 5.600	über 5.600
		4 Personen	bis 2.800	bis 3.500	bis 4.000	bis 4.600	bis 5.400	bis 6.500	über 6.500

Die Spannweite des Stromverbrauchs ist groß – je nach Geräteausstattung und Nutzung. Sie erfordert eine detaillierte Differenzierung der Verbrauchsdaten. Die Klassen A bis G bilden jeweils 14,3 Prozent der Haushalte ab. Grundlage für die Vergleichswerte sind 161.000 Verbrauchsdaten und aktuelle Studien der Projektpartner.

Quelle: Stromspeigel für Deutschland 2017

Das Anwendungsfeld mit dem höchsten Stromverbrauch ist mittlerweile die Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) mit TV-Geräten, Computern und Audio-Geräten mit 27 %, während die oft im Fokus stehende Beleuchtung mit 9 % einen relativ geringen Anteil hat.

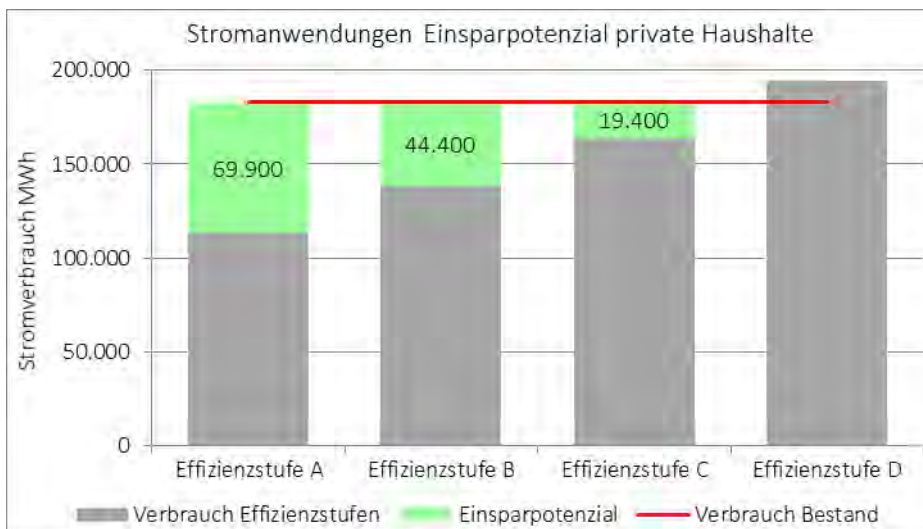
Abbildung 44: Anwendungsfelder privater Stromverbrauch



Quelle: Stromspiegel für Deutschland 2017, eigene Darstellung

Das Einsparpotenzial bei den Stromanwendungen der privaten Haushalte wurde auf Basis der Vergleichswerte aus dem Stromspiegel für Deutschland entsprechend der vorherrschenden Haushaltsgrößen und der Wohnsituation (Ein-, Zweifamilienhaus oder Mehrfamilienhaus) in der Stadt Fürth ermittelt.

Abbildung 45: Einsparpotenzial privater Stromverbrauch



Setzt man als Vergleichswert den Stromverbrauch der privaten Haushalte entsprechend der Effizienzstufe A des Stromspiegels an, ergibt sich ein theoretisches Einsparpotenzial von 69.900 MWh (38 %), bei Effizienzklasse B von 44.400 MWh (24 %) und bei Effizienzstufe C immer noch 19.400 MWh (11 %). Der aktuelle Verbrauch der privaten Haushalte liegt 6 % unterhalb der Effizienzstufe D im guten Mittelfeld.

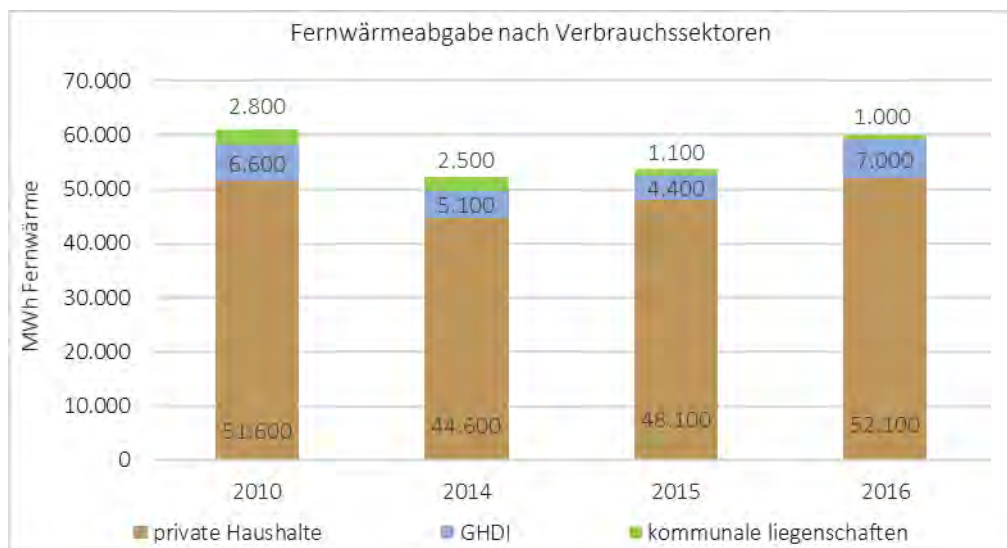
4.2 Potenzial von Kraft-Wärme-Kopplung und Fernwärme

Die infra fürth gmbh ist der lokale kommunale Energieversorger in der Stadt Fürth und betreibt mehrere Heizkraftwerke (HKW), Heizwerke (HW) und Fernwärmenetze. Als wichtige Erzeugungsanlagen sind folgende Heizkraftwerke und Heizwerke zu nennen:

- Heizkraftwerk Fronmüllerstraße
- Heizkraftwerk „Auf der Schwand“
- Heizwerk Dambach
- Heizwerk Vacher Straße
- Heizkraftwerk Cadolzburg; Marktgemeinde Cadolzburg (außerhalb des Stadtgebietes Fürth)

Die folgende Grafik stellt die gesamte Fernwärmeabgabe im Zeitraum 2010 bis 2016 für die einzelnen Verbrauchssektoren dar:

Abbildung 46: Fernwärmeabgabe nach Verbrauchssektoren

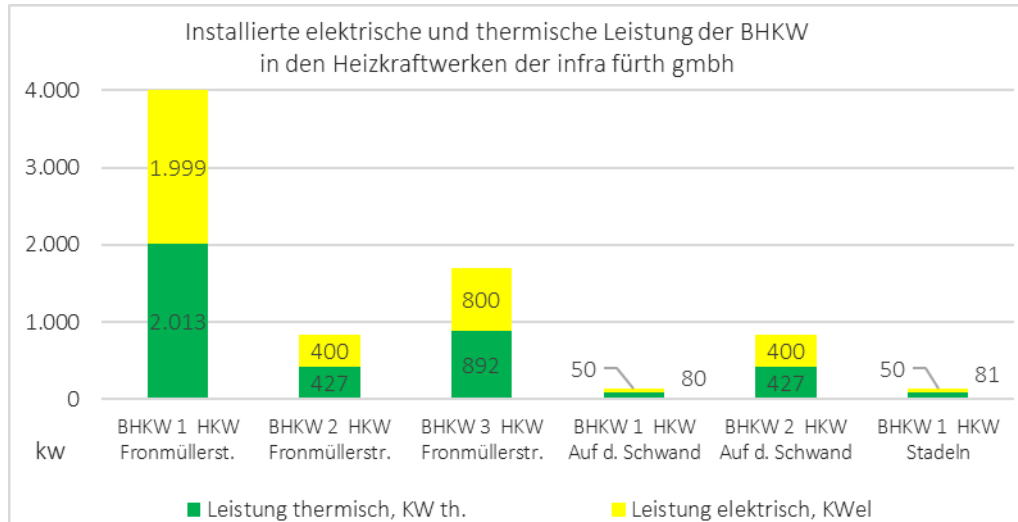


Im Jahr 2016 wurden insgesamt ca. 60.200 MWh Fernwärme an die drei wesentlichen Verbrauchssektoren abgegeben. Der Sektor der Privathaushalte (52.100 MWh) bildet mit ca. 86,5 % den größten Anteil an der Gesamtabgabe. Die weiteren Abnehmer sind die „Betriebe aus Industrie und GHD“ („GHD“ mit 7.000 MWh, Anteil ca. 11,5 %) und die kommunalen Liegenschaften (1.000 MWh, Anteil ca. 2,0 %). Der Anteil des Sektors „GHD“ ist vergleichsweise moderat, da die Fernwärme in den Betrieben zu Heizzwecken und nicht als Prozesswärme genutzt wird. Die zwischenzeitlichen Rückgänge in der Gesamtabgabe in den Jahren 2014 und 2015 basieren in der niedrigen Wärmenachfrage der Sektoren private Haushalte und GHD.

KWK-Anlagen in der Fernwärmeerzeugung

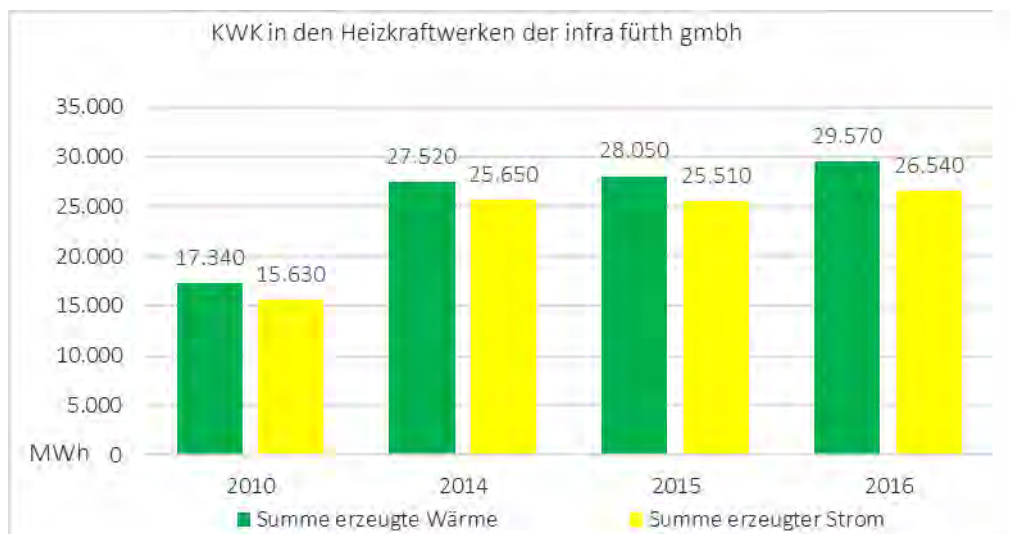
Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) spielt eine wesentliche Rolle in der Fernwärmeerzeugung der infra fürth gmbh. Die folgende Grafik stellt die elektrische und thermische Leistung der eingesetzten Blockheizkraftwerke (BHKW) dar:

Abbildung 47: Installierte elektrische und thermische Leistung der BHKW zur Fernwärmeerzeugung



Das Heizkraftwerk „Fronmüllerstraße“ verfügt über drei einzelne BHKW mit einer elektrischen Leistung von insgesamt 3,2 MW_{el} und einer thermischen Leistung von 3,332 MW_{th}. Das BHKW 1 ist ein KWK-Aggregat „Deutz V 20“ (2,013 MW_{th}; 1,999 MW_{el}) und damit das mit Abstand größte BHKW im KWK-Anlagenpark der infra fürth gmbh. Insgesamt beträgt im Jahr 2016 die installierte Leistung der sechs o. g. KWK-Anlagen 3,699 MW_{el} und 3,920 MW_{th}. Die folgende Grafik zeigt die gesamte Strom- und Wärmeerzeugung der sechs BHKW:

Abbildung 48: Strom- und Wärmeerzeugung in KWK-Anlagen der infra fürth gmbh



Im Bilanzjahr 2016 wurden 26.540 MWh Strom und 29.570 MWh Wärme durch die sechs BHKW erzeugt.

Neben den BHKW dienen zahlreichen Spitzenlastkessel in den Heizzentralen der Kraftwerke und dezentralen Heizzentralen der Wärmeerzeugung. Die gesamte Kesselleistung der infra fürth gmbh-Heizwerke und Heizzentralen im Stadtgebiet Fürth (einschließlich Biomassekessel Heizzentrale Vacher Straße) beträgt im Jahr 2016 ca. 77,6 MW.

Im folgenden Verlauf werden die einzelnen Heizkraftwerke und Heizwerke genauer beschrieben:

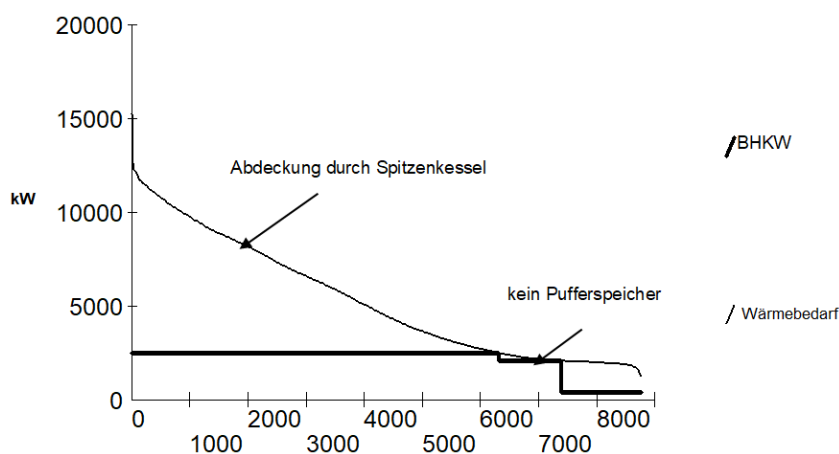
Heizkraftwerk Fronmüllerstraße

Das Heizkraftwerk Fronmüllerstraße dient der Versorgung mehrerer Gebiete mit Fernwärme: Der Bereich der ehemaligen William-O'Darby-Kaserne, der Kalbsiedlung und naheliegende Gewerbeflächen (Phönix Center-Areal, infra fürth gmbh-Betriebsgelände). Drei Bioerdgas-Blockheizkraftwerke ($3,2 \text{ MW}_{\text{el}}$, $3,3 \text{ MW}_{\text{th}}$) werden mit Bioerdgas aus dem infra fürth gmbh-eigenen Bio-Energie-Zentrum betrieben. Daneben liefern drei Erdgasspitzenlastkessel die erforderliche Spitzenleistung. Eine PV-Anlage mit 53 kW elektrischer Leistung ergänzt die regenerative Stromerzeugung. Insgesamt werden im Jahr 2016 ca. 23 Mio. kWh an erneuerbarem Strom für ca. 7.710 Haushalte (mit durchschnittlichem Jahresverbrauch von 3.000 kWh je Haushalt) erzeugt, wobei die CO_2 -Einsparung ca. 22.880 Tonnen jährlich beträgt.

Jahresdauerlinie mit Simulation der beiden KWK-Anlagen „BHKW Fro 1“ und „BHKW Fro 2“

Als Grundlage für den aktuellen Betriebsfall wurde die Jahresdauerlinie mit aktueller Wärmelast und Neubaugebiet herangezogen. Darauf aufbauend wurden die beiden in Betrieb befindlichen KWK-Anlagen „BHKW Fro 1“ (MWM V 20) und „BHKW Fro 2“ (MWM 2016 V8) in die Grundlast des Fernwärmenetzes gelegt. Zur Unterstützung sind erdgasbetriebene Spitzenkessel im Einsatz. In nachfolgender Grafik sind exemplarisch die beiden KWK-Anlagen „BHKW Fro 1“ ($1,999 \text{ MW}_{\text{el}}$; $2,013 \text{ MW}_{\text{th}}$) und „BHKW Fro 2“ ($0,403 \text{ MW}_{\text{el}}$; $0,427 \text{ MW}_{\text{th}}$), Spitzenkessel und Speicher bereits eingezeichnet. Das „BHKW Fro 3“ wird von der Simulationssoftware nicht dargestellt, da es aus simulationstechnischen Aspekten nicht zwingend notwendig ist.

Abbildung 49: Jahresdauerlinie für den Einsatz von "BHKW Fro 1" und "BHKW Fro 2"



Quelle: Simulation mit dem Programm „Gombis“ (KWK-Programm)

Im o.g. Simulationsfall stellen die beiden KWK-Aggregate zusammen 17.900 MWh elektrische Energie pro Jahr bereit bei einem jährlichen Brennstoffverbrauch in Höhe von 42.950 MWh. Beide KWK-Anlagen wurden in der Simulation übereinandergelegt und führen zu einer gesamten Nachfrage an Bioerdgas in Höhe von 46.600 MWh/a mit einer entsprechenden Jahresdauerlinie. Diese Jahresdauerlinie stellt die Grundlage für die Auslegung der existierenden KWK-Anlagen dar. Die Wärmegrundlast wird durch die beiden MWM-KWK Anlagen bereits sehr gut abgedeckt. Die KWK-Anlagen sind in der Simulation mit einem virtuellen Wärmespeicher gekoppelt, der maximal eine Volllaststunde der KWK-Wärmeproduktion aufnehmen kann. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass in der Jahresdauerlinie des Fernwärmenetzes bereits Speicherkapazitäten berücksichtigt sind. Die Spitzenlast wird über die bestehenden Gaskessel abgedeckt. Die absolute Lastspitze mit ca. 15 Megawatt an thermischer Leistung stellt sich vor allem im Aufheizfall des Wärmenetzes ein. Dies ist nur für wenige Stunden im Jahr relevant.

Es zeigt sich, dass beide KWK-Anlagen sehr gute Laufzeiten aufweisen. So ist bei der größeren 2 MW_{th} Anlage MWM V20 ein Volllastbetrieb in Höhe von 7.400 Stunden anzusetzen. Das kleinere Aggregat mit 400 kW weist einen Volllastbetrieb in Höhe von 7.700 Stunden pro Jahr auf. Diese Volllaststundenzahlen sind sehr gute Werte und führen dazu, dass sich die Investition in die Anlagen schnell amortisieren dürfte. Es ist daher von einer wirtschaftlichen Betriebsweise der Anlagen auszugehen. Dies gilt vor allem, da die Anlagen als virtuelle EEG-Anlagen mit Bioerdgas aus dem Bioenergiezentrum betrieben werden.

Heizkraftwerk „Auf der Schwand“

Das Heizkraftwerk „Auf der Schwand“ dient der Versorgung von ca. 680 Privathaushalten im Gebiet „Eigenes Heim“. Es verfügt über zwei Biogas-BHKW (450 kW_{el}, 500 kW_{th}) und zwei Spitzenlastkessel. Es liegt eine regenerative Stromerzeugung von 3,3 Mio. kWh_{el} pro Jahr für ca. 1.100 Privathaushalte vor. Insgesamt werden nach Angaben der infra fürth gmbh pro Jahr ca. 3.300 Tonnen CO₂-Emissionen eingespart.

Heizwerk Dambach

Das Heizwerk in Dambach versorgt die ehemalige amerikanische Offizierssiedlung mit Wärme. Ursprünglich war dort ein Heißluftmotor (Stirling-BHKW mit ca. 10 kW_{el} und 26 kW_{th}) installiert. Nach seiner Außerbetriebnahme erfolgt die Wärmeerzeugung durch drei Erdgaskessel.

Heizwerk Vacher Straße

Das Heizwerk „Vacher Straße“ verfügt nur über eine Wärmeerzeugung ohne Stromproduktion, da es sich bei der Anlagenkombination um eine Holzhackschnitzelkesselanlage mit Elektrofilter (thermische Leistung 1.200 kW), eine Deponiegasfackelanlage mit Wärmeauskopplung (thermische Leistung 210 kW) und zwei Spitzenlastkessel handelt. Die Fernwärme besteht somit zu sehr hohem Anteil (88 %) aus den Erneuerbaren Brennstoffen Holzhackschnitzel und Deponiegas. Der restliche Brennstoffanteil von 12 % wird über fossiles Erdgas bestritten.

HKW Cadolzburg in der Marktgemeinde Cadolzburg

Außerhalb des Stadtgebietes Fürth in der Marktgemeinde Cadolzburg liegt das Heizkraftwerk Cadolzburg. Das HKW wird mit Biomethan in einem BHKW (364 kW_{el}, 492 kW_{th}) und zusätzlich einem fossilen Erdgasspitzenlastkessel (600 kW) betrieben. Es werden kommunale Gebäude (Rathaus, Feuerwehrhaus), Gewerbe- und Industriebetriebe sowie einige Wohngebäude mit Wärme beliefert. Die Erzeugung liefert pro Jahr ca. 2,04 Mio. kWh Wärme und ca. 0,796 Mio. kWh Strom. Die Leitungslänge des Wärmenetzes beträgt ca. 1.800 m mit elf Hausanschlüssen (Kundenanlagen). Die CO₂-Einsparung beträgt durch den KWK-Betrieb und die erneuerbaren Brennstoffe ca. 884 Tonnen pro Jahr.

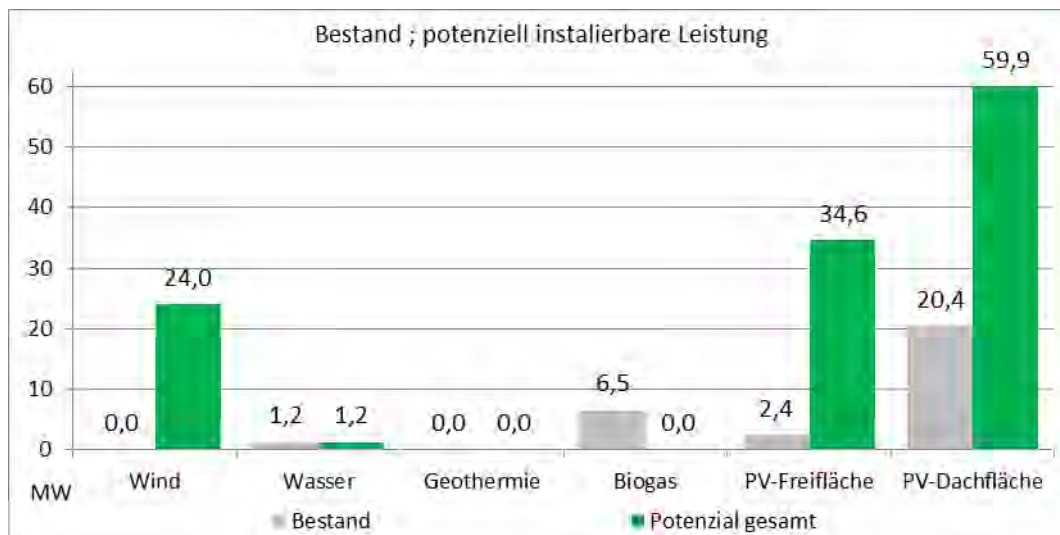
5 Erneuerbare Energien

Die Potenziale erneuerbarer Energien in Städten sind in der Regel auf wenige Energieträger und Techniken begrenzt. So ist das Potenzial von Biomasse meist aufgrund des beschränkten Flächenangebots von landwirtschaftlicher Fläche und Waldfläche limitiert, Windenergie durch das begrenzte Stadtgebiet nur in wenigen Fällen möglich und die Potenziale für Wasserkraft meist historisch schon genutzt und in ihrem Ausmaß begrenzt. So bleiben oft nur solare Energie und Umweltwärme in größerem Ausmaß.

5.1 Potenziale Erneuerbare Energien Strom

Erneuerbare Stromerzeugung im Stadtgebiet von Fürth geschieht aktuell vor allem durch Photovoltaik (PV), etwas Wasserkraft und KWK-Anwendungen auf Basis von Biomasse. Die möglichen Potenziale für PV, Windkraft, Biogas, Geothermie werden nachfolgend untersucht und dargestellt.

Abbildung 50: erneuerbare Energien Strom, Bestand und installierbare Leistung



25,5 % des berechneten Strompotentials sind bereits ausgebaut. Das größte Ausbaupotential liegt bei der Nutzung der Sonnenenergie und somit im Ausbau von PV-Dachflächenanlagen und der Errichtung von PV-Freiflächenanlagen an Autobahnen und Schienenstrecken.

Die Biogasnutzung liegt über dem Potential des gemeindlichen Bilanzrahmens. Für die Berechnung des Potentials wurden 20 % der landwirtschaftlichen Flächen und 30 % der anfallenden Gülle aus Tierhaltung herangezogen. Im Stadtgebiet der Stadt Fürth wird bereits deutlich mehr Strom aus Biogas produziert als Potenzial rechnerisch vorhanden ist, dafür wird auf das Potenzial des Landkreises zurückgegriffen. Die Ursachen werden im Abschnitt „Kraft-Wärme-Kopplung Biogas“ erläutert.

Das vorliegende technische Windpotential könnte nur nach der Überwindung der rechtlichen Hürden (unter anderen 10-H-Regel) realisiert werden. Den hohen Investitionen stehen mäßige Windbedingungen gegenüber, die die wirtschaftliche Attraktivität der Umsetzung reduzieren.

Tabelle 6: Strompotential und Bestandsanlagen

	Anlagenanzahl	Stromproduktion GWh/a		
	Anzahl	Bestand	Ausbaupotenzial	Gesamtpotenzial
Wind	-	-	37,2	37,2
Wasser	4	7,5	-	7,5
Biogas	15	42,0	-	14,8
PV Freifläche	4	2,9	34,7	37,6
PV Dachfläche	1.052	14,6	35,8	50,4
Tiefengeothermie	-	-	-	-
	1.075	67,0	107,7	147,5

5.1.1 Potenziale Photovoltaik

Dachflächenanlagen (PVD)

Für die Stadt Fürth lagen „bifa LoD2“-Daten der Gebäude vor. Diese Daten beinhalten Angaben zur Dachform und den von Dächern überlagerten Grundflächen. Jedes Dach besteht in diesem Datensatz aus mindestens einer Fläche (z.B. einfaches Flachdach) oder vielen Teildachflächen (z.B. Satteldach mit Dachgauben).

Für den Aufbau von Solaranlagen eignen sich die nachfolgend aufgelisteten Dachformen in unterschiedlichem Maße

- gut geeignet (75-50 %)
 - o Pultdach
 - o Versetztes Pultdach
 - o Satteldach
 - o Walmdach
 - o Krüppelwalmdach
 - o Mansardendach

- teilweise geeignet (33 %)
 - o Flachdach
 - o Zeltdach
 - o Sheddach

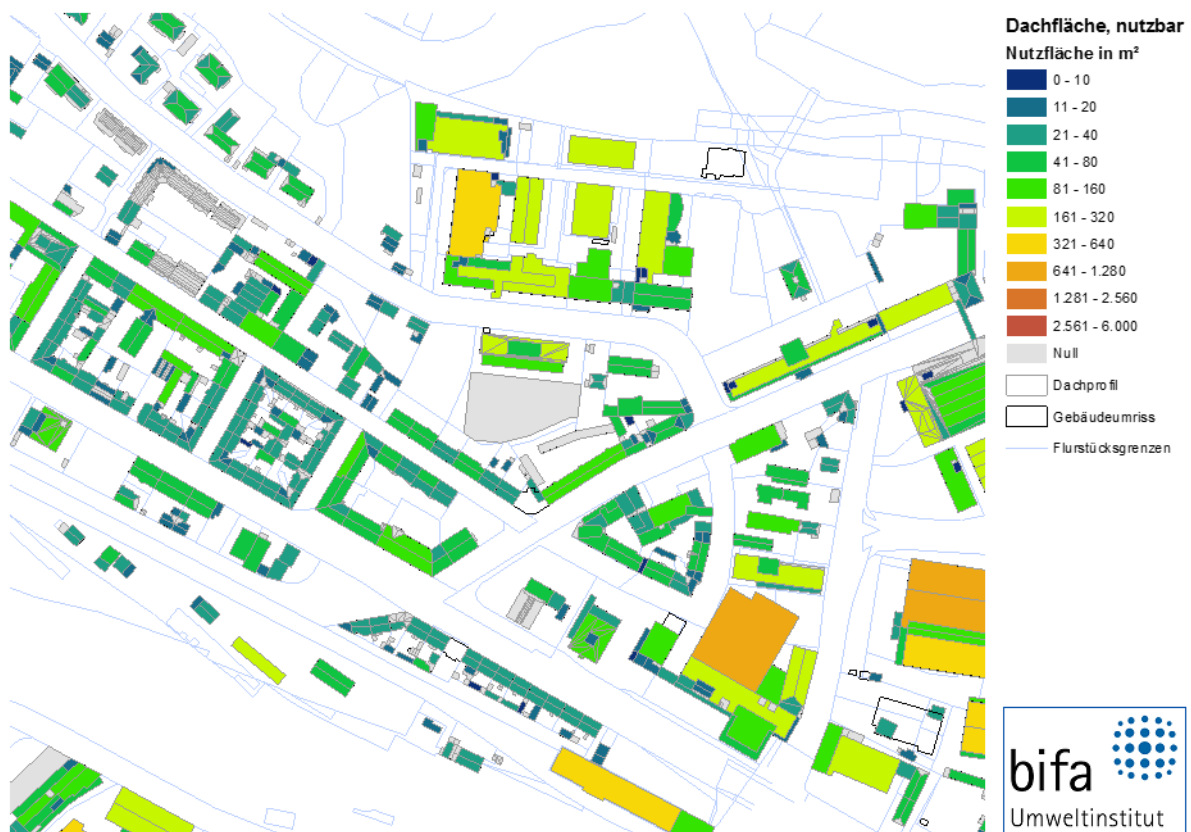
- nicht geeignet (0 %)
 - o Kegeldach
 - o Kuppeldach
 - o Bodendach
 - o Turmdach

Folgende Dachflächen sind für eine solare Nutzung ungeeignet

- Geometrie ist zu schmal oder zu spitz
- Teildachfläche ist kleiner als $< 25 \text{ m}^2$
- Teildachfläche ist sehr groß $> 350 \text{ m}^2$ (z.B. Kirchendächer, Flachdächer von Gewerbebauten: hier ist die Statik häufig ein Hemmnis)
- Gebäude ist eine Containergarage, ein Schuppen o.ä. (darauf wird über Grundfläche und Höhe geschlossen)

Abbildung 51: Ausschnitt Flächenpotentiale nach Größe

grau markiert sind ungeeignete Flächen



Eine Dachfläche gilt im Rahmen der angestellten Berechnungen als nicht weiter nutzbar, sobald eine PV-Anlage im Bestand auf der Dachfläche vorhanden ist. (Stand 2017: 1.054 Anlagen. Danach ist eine adressgenaue Zuordnung nicht mehr möglich. Potentiale werden dann nur noch über die Gesamtbilanz berechnet).

In Fürth wurden nach diesem Muster zunächst alle 96.700 Teildachflächen von 20.300 Adressen mittels Geoinformationssystem untersucht. 48.200 Teildachflächen (dies entspricht rund 50 % aller Teildachflächen) von 18.500 Adressen sind nach Dachform (siehe Auflistung oben), Geometrie und Größe grundsätzlich geeignet und bisher solar ungenutzt. Von den untersuchten Dachflächen kommen somit 1.490.000 m² Dachfläche für die solare Nutzung in Frage.

13 % der Fläche der Dächer in Fürth liegen auf Baudenkmalern (1.696 Denkmäler unter 2.112 Adressen) oder in Baudenkmalensembles (9 Gebiete).

Abbildung 52: Ausschnitt Dacheignung für Solaranlagen



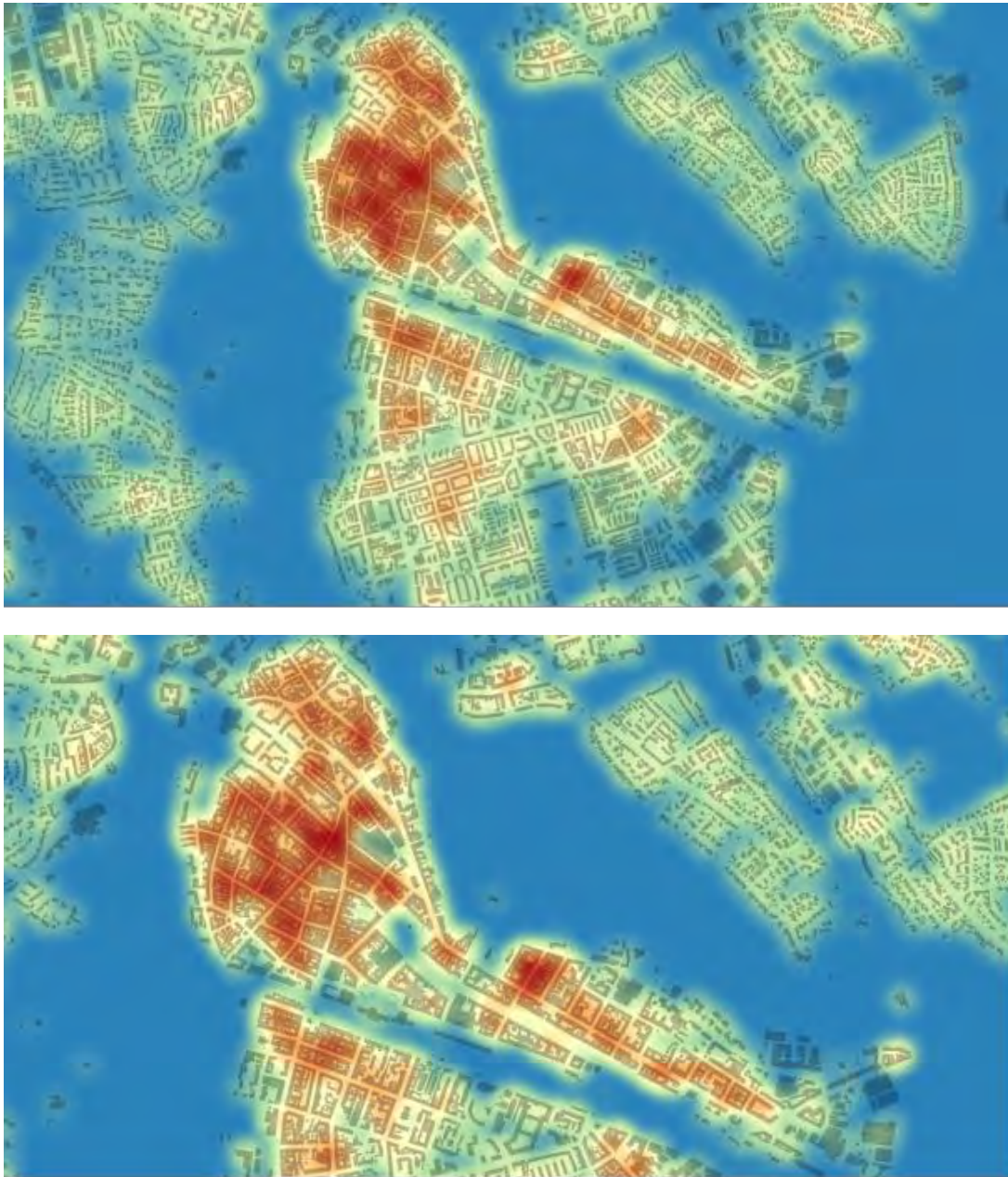
Ungünstige Dachausrichtungen und Dachaufbauten wie Kamine, Klimaanlage, Lüftungseinbauten, Lichtkuppeln, etc. reduzieren die tatsächlich nutzbare Dachfläche zum Teil erheblich. Eine Verschattung oder Teilverschattung durch Nachbargebäude und Bäume ist ebenfalls ein limitierender Faktor. Deshalb wird zur Abschätzung der tatsächlich nutzbaren Fläche für Solarenergie ein pauschaler Flächennutzungsgrad von 40 % angesetzt. Es werden somit nur 40 % der ermittelten Fläche, wegen der oben genannten Einschränkungen als umsetzbar betrachtet.

Das Gesamtpotential für PV-Dachanlagen der Stadt Fürth findet sich auf 19.300 Teildachflächen (=20 % aller Teildachflächen). Diese Flächen sind 7.400 Adressen zugeordnet. Die ermittelte Gesamtfläche liegt bei rund 600.000 m².

Grundlage ist die üblicherweise empfohlene Dachflächennutzung von 75 % für PV-Nutzung und 25 % für Solarthermie (zur Trinkwarmwasserbereitung – näheres siehe Abschnitt Solarthermie).

Potential PV-Dachflächenanlagen: 50,4 GWh/a (Strom)

- nutzbare Fläche 450.000 m²
- Leistungsdichte (pro Dachfläche) 133 W/m²
- Installierbare Leistung 59,9 MW
- Volllaststunden (Ansatz) 840 h/a

Abbildung 53: Flächenkonzentration des PV-Dachflächenpotentials

Die ermittelten Potentiale für die Nutzung von Dachflächen mit Photovoltaik und Solarthermie konzentrieren sich, gemäß der oben dargestellten „Heatmap“ besonders im dichtbebauten Zentrum von Fürth. Dabei wird hohes Potenzial rot, mittleres gelb, niedriges grün dargestellt. Bei den blau gefärbten Flächen ist kein Dachflächenpotenzial vorhanden.

In weiten Teilen der Stadt sind hohe bis mittlere Konzentrationen von Dachflächen anzutreffen. Das Potential ist unabhängig von der Konzentration der Flächen im gesamten Stadtgebiet erheblich.

Freiflächenanlagen (PVF)

Nach aktuellen EEG-Förderbedingungen (EEG 2017) können neu errichtete Anlagen auf Revisionsflächen (wirtschaftlicher, verkehrlicher, wohnungsbaulicher oder militärischer Nutzung) und längs von

Autobahnen oder Schienenwegen (wenn die Freiflächenanlage in einer Entfernung bis zu 110 Meter, gemessen vom äußeren Rand der befestigten Fahrbahn, errichtet werden soll) eine EEG-Förderung erfahren.

bifa hat für die Ermittlung der PV-Freiflächenpotentiale die Errichtung von Anlagen auf bisher landwirtschaftlich genutzten Flächen entlang von Schienenstrecken und Autobahnen untersucht. Die gefundenen Flächen wurden nach den Flurstückgrenzen zugeschnitten und Kleinstflächen sowie Wege und andere erkennbare bauliche Störungen ausgenommen.

Das folgende Gesamtpotential wurde auf 54 Teilflächen (Flurstücke und Flurstücksteilflächen) ermittelt:

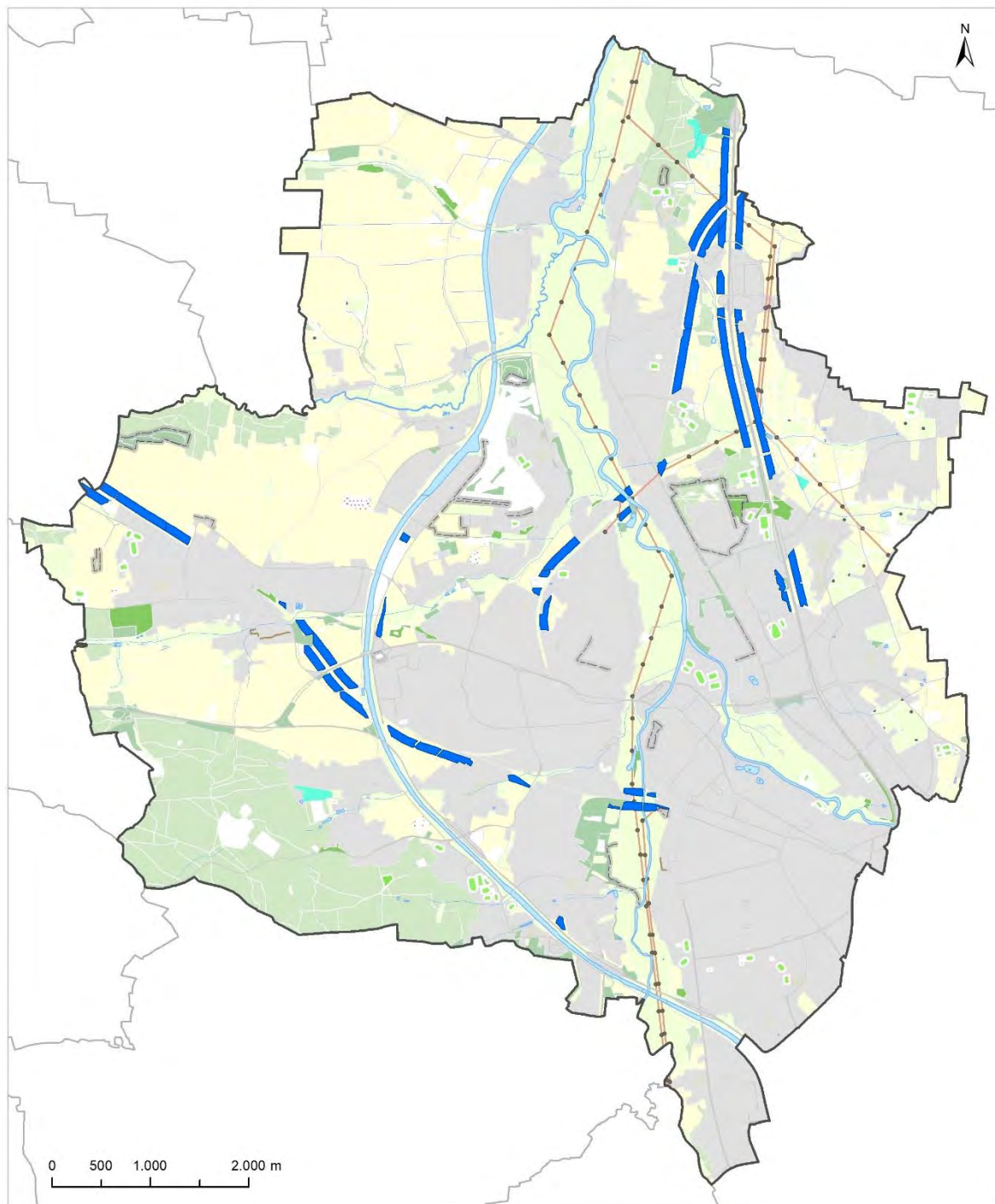
Potential PV-Freiflächen:	37,6 GWh/a (Strom)
▪ Gesamtfläche	103,9 ha
▪ Leistungsdichte (pro Bodenfläche)	33,3 W/m ²
▪ Installierbare elektrische Leistung	34,6 MW
▪ Vollaststundenzahl	1.086 h/a (Mittelwert von Stadt u. LK Fürth)

Fasst man die Einzelflächen zu 10 PV-Energieparks zusammen und vernachlässigt die „Klein- und Randflächen“ verringert sich das Gesamtpotential um 2,4 GWh/a

Tabelle 7: PV-Anlagenparks

Verkehrsweg	Flächen-ID	Fläche in ha	Leistung in MW _{peak}	Strom in GWh/a
Schiene	1	10,5	3,5	3,8
Schiene	2	6,4	2,1	2,3
Schiene	3	6,2	2,1	2,2
Schiene	4	6,7	2,2	2,4
Schiene	5	4,6	1,5	1,7
Schiene	6	6,6	2,2	2,4
Autobahn	7	5,7	1,9	2,1
Autobahn	8	22,4	7,5	8,1
Schiene	9	9,5	3,2	3,4
Autobahn + Schiene	10	18,7	6,2	6,8
<i>Klein-/Randflächen</i>	<i>99</i>	<i>6,6</i>	<i>2,2</i>	<i>2,4</i>
Gesamt		103,9	34,6	37,6

Abbildung 54: PV Freiflächen Anlagenpotential



Gemeindegrenzen	Verkehr	Schienestrecken	pot. PV-Freiflächen
Umland	Strassen	Bahn	Inhalt und Darstellung © bifa Umweltinstitut GmbH 2019 Geobasisinformationen © Bayerische Vermessungsverwaltung 2019
Fürth	Verkehrsflächen	Bahn, S-Bahn	
Siedlungsflächen	Freileitungsmast	U-Bahn	
Ortslagen	Freileitung	(Andere)	

Gesamtpotential, PV-Anlagen (Dach- und Freiflächen):

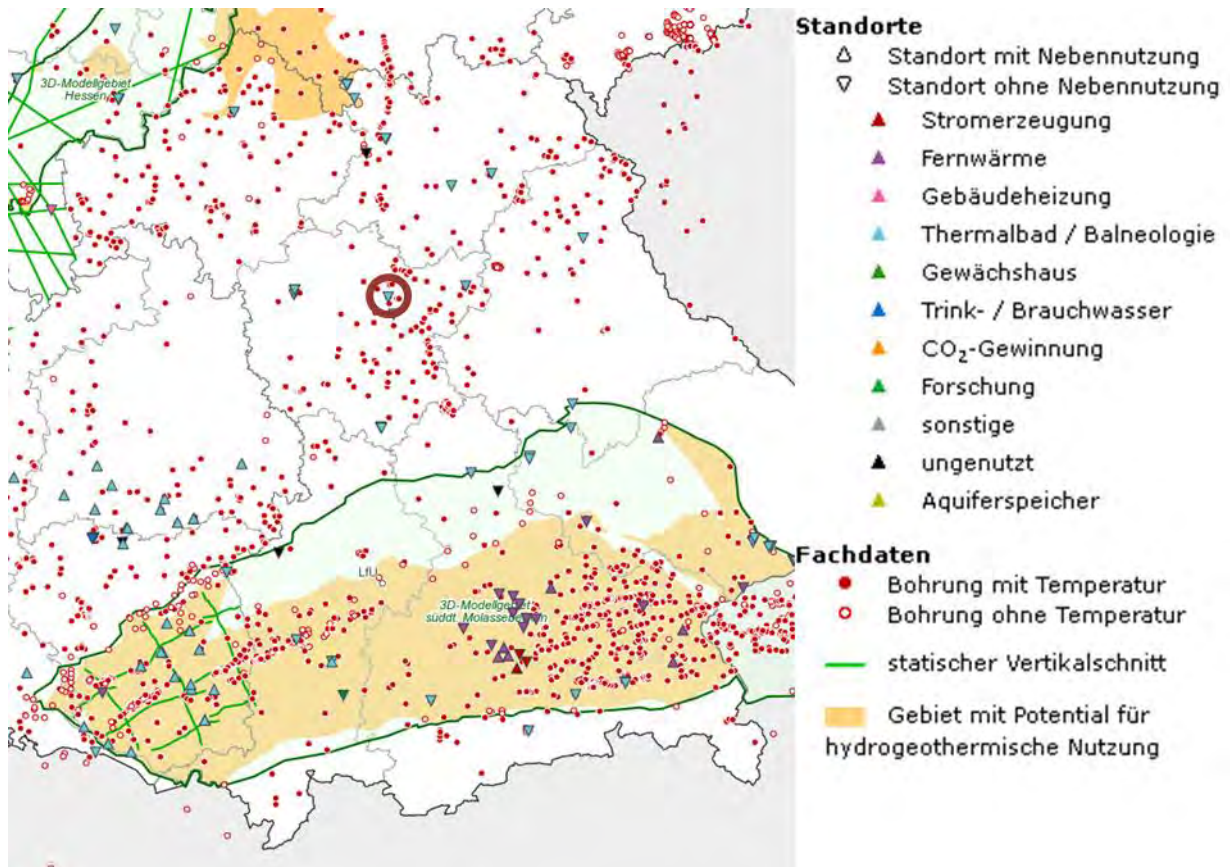
88,0 GWh/a

5.1.2 Potenziale Tiefengeothermie

Der Betrachtungsraum liegt außerhalb von Aquifer. Bisher (Stand 2018) wird eine tiefe Bohrung (Endteufe: 461 m) zur balneologischen Nutzung (Bäderheizung, hier 24,4°C) in der Stadt Fürth genutzt.

Nach dem geothermischen Informationssystem des „Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik“ (GeoTIS) wird für das Gebiet ein petrothermisches Potenzial⁶ vorausgesagt. Etablierte Verfahren zur Stromerzeugung aus Tiefengeothermie scheiden für den Standort Fürth nach derzeitigem Stand der Forschung aus.

Abbildung 55: Potentialgebiete für Tiefengeothermie in Süddeutschland



(orange Flächen = Gebiete für die hydrogeothermische Nutzung; grün umrandet = Oberjura-Aquifer, süddeutsche Molassebecken). Standortmarkierung (roter Kreis). Vorhandene Tiefengeothermiebohrungen (rote Kreise und Punkte), Vorhandene Tiefengeothermiekraftwerke (Dreiecke). (Quelle: GeoTIS)

⁶ Bei petrothermalen Systemen erfolgt die Gewinnung der geothermischen Energie aus dem tieferen Untergrund, unabhängig von Wasser führenden Horizonten. Im Wesentlichen wird, die im heißen, gering durchlässigen Gestein (hot dry rock) gespeicherte Energie genutzt, indem man durch Stimulation einen Wärmetauscher in der Tiefe schafft oder erweitert. Neben dem klassischen Begriff Hot Dry Rock werden auch die Begriffe Deep Heat Mining, Hot Wet Rock, Hot Fractured Rock oder Stimulated Geothermal System verwendet. Der umfassende Begriff ist Enhanced Geothermal Systems (EGS), der aber auch stimulierte hydrothermale Systeme beinhaltet. Das klassische HDR/EGS-Verfahren hat Hochtemperatur-Nutzungen mit Temperaturen von mehr als 150–200 °C sowie Tiefen von mehr als 3.000 m zum Ziel. Zielhorizont ist meistens das kristalline Grundgebirge. Inwieweit dichte Sedimentgesteine mit der EGS-Technik genutzt werden können, ist Gegenstand der Forschung und von Pilotprojekten. (Quelle: GeoTIS)

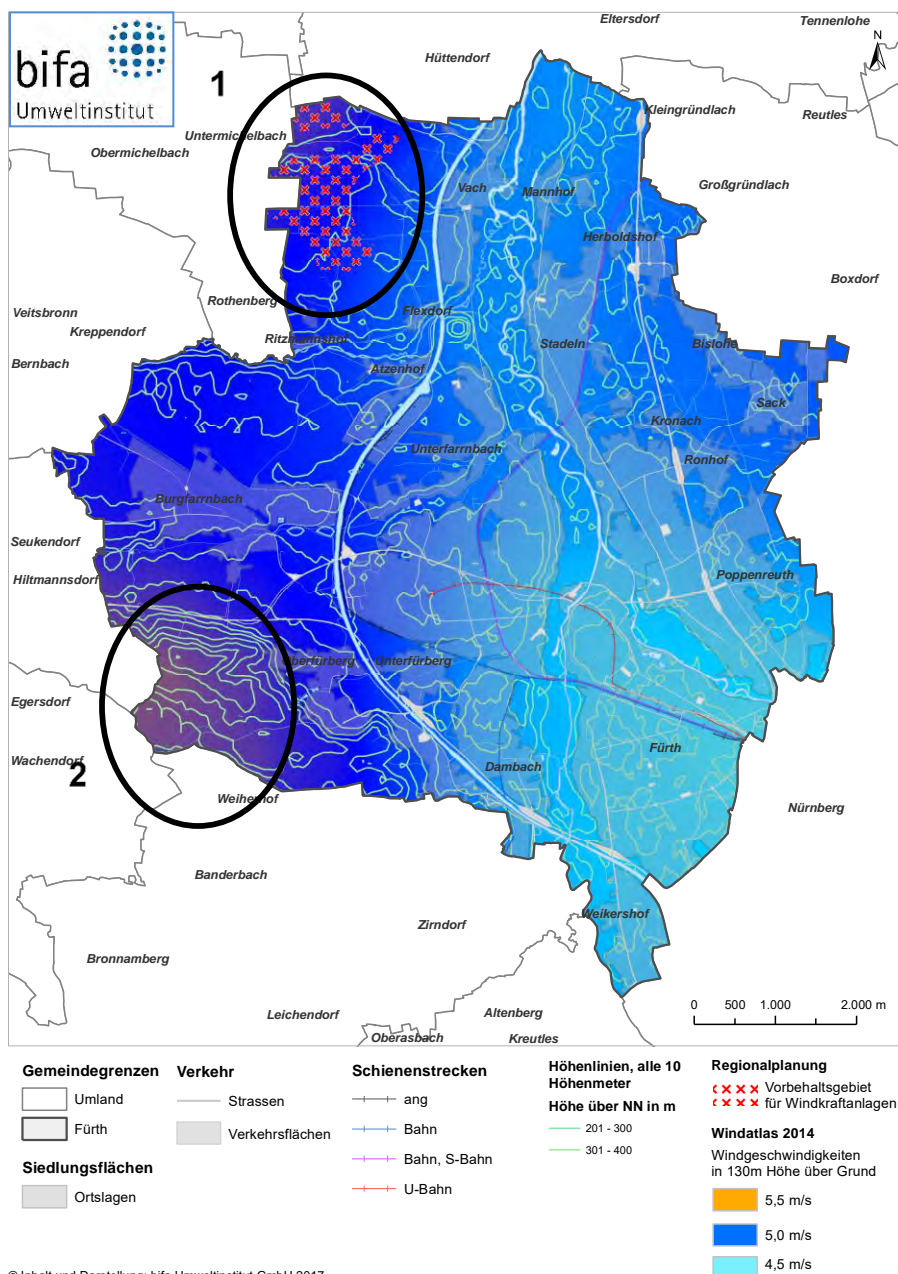
5.1.3 Potenzielle Wasserkraft

Gemäß Angaben des Landesamts für Umwelt (LfU) im Rahmen der Veröffentlichungen und Darstellungen im Energie-Atlas Bayern (Stand: August 2018) gibt es weder für die Modernisierung oder Nachrüstung von Wasserkraft-Bestandsanlagen noch für den Neubau an bestehenden Querbauwerken in der Stadt Fürth ein erschließbares Potenzial.

5.1.4 Potenzielle Windenergie

Die höchsten Windgeschwindigkeiten innerhalb der Grenzen der Stadt liegen im äußersten Südwesten (Potentialgebiet 2) vor. Die besten Voraussetzungen für die Umsetzung hat das Gebiet im äußersten Nordwesten (Potentialgebiet 1).

Abbildung 56: Potentialgebiete für Windkraftanlagen



Nachfolgende Aspekte beeinflussen die Umsetzung der Windkraftpotenziale:

Potentialgebiet 1

Aspekte für eine Umsetzung

- Vorbehaltsgebiet der Regionalplanung
- Windgeschwindigkeit max. 5,1 m/s im Nordwesten (westl. von Vach)
- Volllaststunden 1450-1650 h/a
- 24,0 MW installierbare Leistung
- = 10 Windenergieanlagen (WEA) mit einer Nabenhöhe von 140m
- Stromproduktion von ca. 37,2 GWh/a

Hemmnisse

- „10H-Regelung“ gilt
- Richtfunktrassen im Gebiet
- Anlagenschutzbereich ziviler Luftverkehr
Navigations- und Ortungsanlagen (Nürnberg, Erlangen)

Fazit: Nutzung der Windkraft wäre möglich aber planungsrechtlich aufwendig

Potentialgebiet 2. lokal höchste Windgeschwindigkeiten

Aspekte für eine Umsetzung

- mittlere Windgeschwindigkeiten in 140 m Höhe von 5,2 m/s

Hemmnisse

- Im Zirndorfer Forst (bewaldet: reduzierte Erträge)
- Fauna-Flora-Habitat-Gebiet (FFH-Gebiet)
- nahe beim landschaftsprägenden Baudenkmal „Ehemalige Lungenheilstätte bei Oberfürberg“
- Anlagenschutzbereich ziviler Luftverkehr
Navigations- und Ortungsanlagen (Nürnberg, Erlangen)

Fazit: Einschränkungen verhindern die Errichtung von Windkraftanlagen

WEA-Platzierung im Potentialgebiet 1

- TA-Lärm Empfehlung (nach dem Winderlass von 2011) eingehalten
- Verschattungsprognose miteinbezogen (3 Anlagen entfernt)
- Potential: 10 Anlagen nach Vorabanalyse westlich von Vach möglich

Abbildung 57: Windräder Potenzialgebiet 1

10 Windräder mit 140 m Nabenhöhe in den Grenzen der Gebietskulisse Wind (LfU), westlich von Vach (Visualisierung durch bifa, mittels der 3D-Analyse des energieatlas-bayern.de)

Insgesamt gilt für das gesamte Potential Gebiet 1 (NW) die sogenannte 10H-Regel:

Aufhebung der Privilegierung der Windkraftnutzung gemäß §35 Abs. 1 BauGB, durch die Öffnungsklausel § 249 Abs. 3 BauGB und den Art. 82 Abs. 1, 2 BayBO

Wege zur Errichtung von Windkraftanlagen

Bei der Änderung der Bauleitplanung ist die Öffentlichkeit zu beteiligen

- Option1: Gebiet zur Windkraftnutzung festsetzen nach §11 Abs. 2 BauNVO
- Option2: einen vorhabenbezogenen Bebauungsplan aufstellen
- ggf. ist (bei beiden Optionen) der Flächennutzungsplan zu ändern (aufgrund des Entwicklungsgebots §8 Abs.2 Satz1 BauGB)
- Es gilt das kommunale Abstimmungsgebot im Fall der Antragsstellung zur Errichtung von Windrädern nach BImSchG. Es wären auch die Nachbargemeinde Obermichelbach (Ort: Untermichelbach) im Landkreis Fürth und die kreisfreie Stadt Erlangen (Ort: Hüttendorf) von dieser Baumaßnahme „betroffen“. Die Einbindung der Nachbargemeinden ist als Abwägungsmaterial zu dokumentieren. Eine Zustimmungserfordernis besteht jedoch nicht.

Potential Windkraft 37,2 GWh/a (Strom)

5.1.5 Potenziale Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) Biogas

Potenzial Energiepflanzen und landwirtschaftliche Reststoffe

Die Potenziale zur Energieerzeugung aus Biogas setzen sich zusammen aus dem Potenzial durch den Anbau von Energiesubstraten (z. B. Maisanbau) und dem Potenzial aus landwirtschaftlichen Reststoffen (bspw. Gülle, Mist, etc.). Für die Ermittlung der Potenziale wurden Daten zur verfügbaren landwirtschaftlichen Fläche und den Viehbeständen der Stadt Fürth herangezogen. Es handelt sich dabei vornehmlich um Daten aus der Kommunalstatistik des Bayerischen Landesamtes für Statistik und Datenverarbeitung. Zur Ermittlung der Biogaspotenziale aus den oben beschriebenen Datensätzen wurde auf Kennwerte der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR, 2013) zurückgegriffen.

Prinzipiell sind sämtliche landwirtschaftliche Flächen für den Anbau von Substraten zur Biogaserzeugung geeignet. Dies gilt unter der Annahme, dass 20 % der landwirtschaftlichen Fläche für den Anbau von Substraten, zur Verwendung als Mais- oder Grassilage genutzt werden. In der Regionalstatistik von 2017 wird zur Bodennutzung (2010) eine landwirtschaftliche Fläche (LF) von 2.106 ha angegeben. Damit stehen für eine nachhaltige Nutzung rund 420 ha (LF) zur Verfügung.

Vor einer Ausweitung des Anbaus von Energiepflanzen sollten zuallererst Reststoffe aus der Landwirtschaft wie bspw. Gülle und Mist energetisch genutzt werden. Für die Potenzialbetrachtung wird angenommen, dass rd. 30 % der anfallenden tierischen Exkremente in Biogasanlagen genutzt werden können.

Tabelle 8: Viehbestand Stadtgebiet Fürth

Rinder (ges.)	Milchkühe	Schweine	Schafe	Pferde	Hühner
884	400	1.546	1.379	30	376

Quelle: Statistik kommunal 2017

Für die energetische Verwertung von Biogas werden BHKW-typische elektrische Wirkungsgrade von 38 % und thermische Wirkungsgrade von 32 % angenommen.

Das landwirtschaftliche Potenzial kann bei Nutzung von 20 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche für den Substratanbau und Nutzung von 30 % der anfallenden tierischen Exkremente auf insgesamt 6,8 GWh/a Strom und 5,7 GWh/a Wärme pro Jahr beziffert werden.

Potenzial Biomüll und Gartenabfälle

Der Biomüll von Haushalten und die Gartenabfälle aus Gewerbe, Haushalten und kommunalen Flächen werden aktuell gesammelt und kompostiert. Darüber hinaus besteht jedoch auch die Möglichkeit diese Stoffe energetisch zu nutzen, indem das durch Vergärung entstehende Biogas in einer KWK-Anlage genutzt wird.

Jährlich fallen ca. 8.400 t Biomüll aus Haushalten und 8.600 t Gartenabfälle an. Aus diesen Abfällen lassen sich (nach Abzug der holzartigen Bestandteile der Gartenabfälle) ca. 1,7 Millionen m³ Biogas gewinnen mit einem Energiegehalt knapp 8.000 MWh. Bei der Nutzung in einer KWK-Anlage mit einem

elektrischen Wirkungsgrad von 38 % und einem thermischen Wirkungsgrad von 32 % ergibt sich ein Potenzial von 3,0 GWh/a Strom und 2,6 GWh Wärme.

Der Neubau von emissionsarmen effizienten Vergärungsanlagen für Bioabfälle wird ab 2019 im Rahmen der Kommunalrichtlinie mit 20-50 % gefördert.

Potenzial Klärschlamm

Aus dem in der Kläranlage Fürth anfallenden Klärschlamm wird Klärgas gewonnen, das in einem BHKW und Heizkesseln als Energieträger genutzt wird. Dabei entstehen ca. 5.000 MWh Strom und ca. 4.000 MWh Wärme. Beides wird komplett in der Kläranlage genutzt. Der verbleibende entwässerte Klärschlamm (2.650 t TM/a) wird in mehreren Anlagen außerhalb von Fürth thermisch und stofflich verwertet.

Gesamtpotential Biogas

Potenzial, Biogas Strom

6,8 GWh/a Nawaro und Gülle
3,0 GWh/a Bio- und Gartenabfälle
5,0 GWh/a Klärschlammverwertung
14,8 GWh/a gesamt

Potenzial, Biogas Wärme

5,7 GWh/a Nawaro und Gülle
2,6 GWh/a Bio- und Gartenabfälle
4,0 GWh/a Klärschlammverwertung
12,3 GWh/a gesamt

Nach dem Energieatlas-Bayern (Datenabfrage 2018) werden derzeit in 13 Anlagen 39,5 GWh/a Strom aus Biogas produziert. Lokal wird somit bereits heute (Rohstoffimport/ intensive Nutzung) deutlich mehr Strom produziert als für den Bilanzraum als nachhaltiges Potenzial ermittelt wurde. Die im Stadtgebiet angebauten Energiepflanzen und die anfallende Gülle aus der lokalen Viehzucht reichen nicht aus, um diese Energiemengen zu erzeugen. Bei einer hundertprozentigen Nutzung der Energieträger NAWARO und Gülle in Biogasanlagen könnten theoretisch 33,3 GWh/a Strom und 28,1 GWh/a Wärme erzeugt werden.

Hintergrund der erhöhten Stromproduktion in der Stadt Fürth ist das Bio-Energie-Zentrum (BEZ) der „infra fürth gmbh“ in Cadolzburg (Landkreis Fürth). Die 7 MW-Anlage ging im Dezember 2011 in Betrieb und wird mit „Nachwachsenden Rohstoffen“ (NAWARO, z.B. Mais-, Ganzpflanzensilage, Gras) beschickt. Das (außerhalb des Bilanzkreises) erzeugte Biogas wird auf Erdgasqualität aufbereitet und anschließend in das Erdgasnetz eingespeist. Das so geförderte Bioerdgas wird in der Stadt Fürth in KWK-Anlagen zur Erzeugung von Strom (ca. 23,5 GWh/a) und Wärme (ca. 26 GWh/a) genutzt.

5.2 Potenziale Erneuerbare Energien Wärme

Das größte Ausbaupotential liegt auch im Wärmebereich in der Nutzung der Sonnenenergie (Solarthermie). Daneben steht im Allgemeinen Umweltwärme und in weiten Teilen des Gebiets oberflächennahe Geothermie als nahezu unerschöpfliche Quelle zur Erzeugung von Wärme (Heizung, Warmwasser) mittels Wärmepumpen (beachte: Strombedarf) zur Verfügung.

Die Nutzung von Biogas liegt bereits über dem Potential des gemeindlichen Bilanzrahmens und wird umfassend zur Energieerzeugung eingesetzt. Der Ausbau der Tiefengeothermie zur reinen Wärmeversorgung birgt Investitionsrisiken und lässt sich nur schwer umsetzen.

Tabelle 9: Wärmepotenzial und Bestandsanlagen

Wärme in GWh/a	Bestand	Berechnetes Gesamtpotential
Biogas	34,2	12,3
Feste Biomasse ⁷ (KUP, Waldholz)	(Keine Angaben)	2,8
Solarthermie ⁸	> 3,6	60,0
Wärmepumpen ⁹	6,8	∞
Tiefengeothermie ¹⁰	1,1	∞
gesamt	45,7	75,1

5.2.1 Potenziale Solarthermie

Zur detaillierten Ermittlung der Gesamtpotentiale (nutzbarer Dachflächen) siehe Kapitel 5.1.1 Photovoltaik. Pro Person werden zur Deckung des Warmwasserbedarfs etwa 1,5 m² Solarthermie-Kollektorfläche benötigt.¹¹ Somit könnte man bei dem gewählten Nutzungsszenario (75 % für PV und 25 % für Solarthermie) mit den 150.000 m² zugewiesenen Dachflächen (siehe unten) ca. 100.000 Fürther Bürger mit Brauchwarmwasser (ohne Heizungsunterstützung) versorgen. Gleichzeitig wäre bei diesem Szenario eine vollständige Stromversorgung der privaten Haushalte möglich (Achtung: Jahresbilanz. Umsetzung erfordert Speicherkonzepte!). Für eine vollständige Deckung des Brauchwasserbedarfs würden etwa 31,6 % der verfügbaren Dachflächen benötigt. Auf 19.300 Teildachflächen (=20 % aller Teildachflächen) bzw. unter 7.400 Adressen liegen rund 600.000 m² nutzbare Dachfläche. Bei Nutzung von 75 % der Fläche zur Stromerzeugung mittels PV-Anlagen und von 25 % für Solarthermiekollektoren ergibt sich die folgende Bilanz:

Potential Solarthermie	60 GWh/a
▪ Kollektorfläche Solarthermie	150.000 m ²
▪ Solarer Ertrag	400 kWh/m ²

⁷ Die aktuelle energetische Waldholznutzung (Ist-Stand) ist statistisch nicht ausreichend genau erfassbar, deshalb wird kein Wert ausgewiesen.

⁸ Solarthermieanlagen im Bestand nach Datenabfrage bei der BAFA (2013). Wärmemengen wurden aus den geförderten qm errechnet. Nicht geförderte Anlagen, sind in der Tabelle nicht berücksichtigt.

⁹ Wärmepumpen im Bestand nach Datenabfrage bei der BAFA (2013). Nicht geförderte Anlagen, sind nicht berücksichtigt.

¹⁰ Quelle: GeoTIS (Stand: Februar 2018)

¹¹ Quelle: <http://www.solarthermie.net/solkollektor>

5.2.2 Potenziale Geothermie

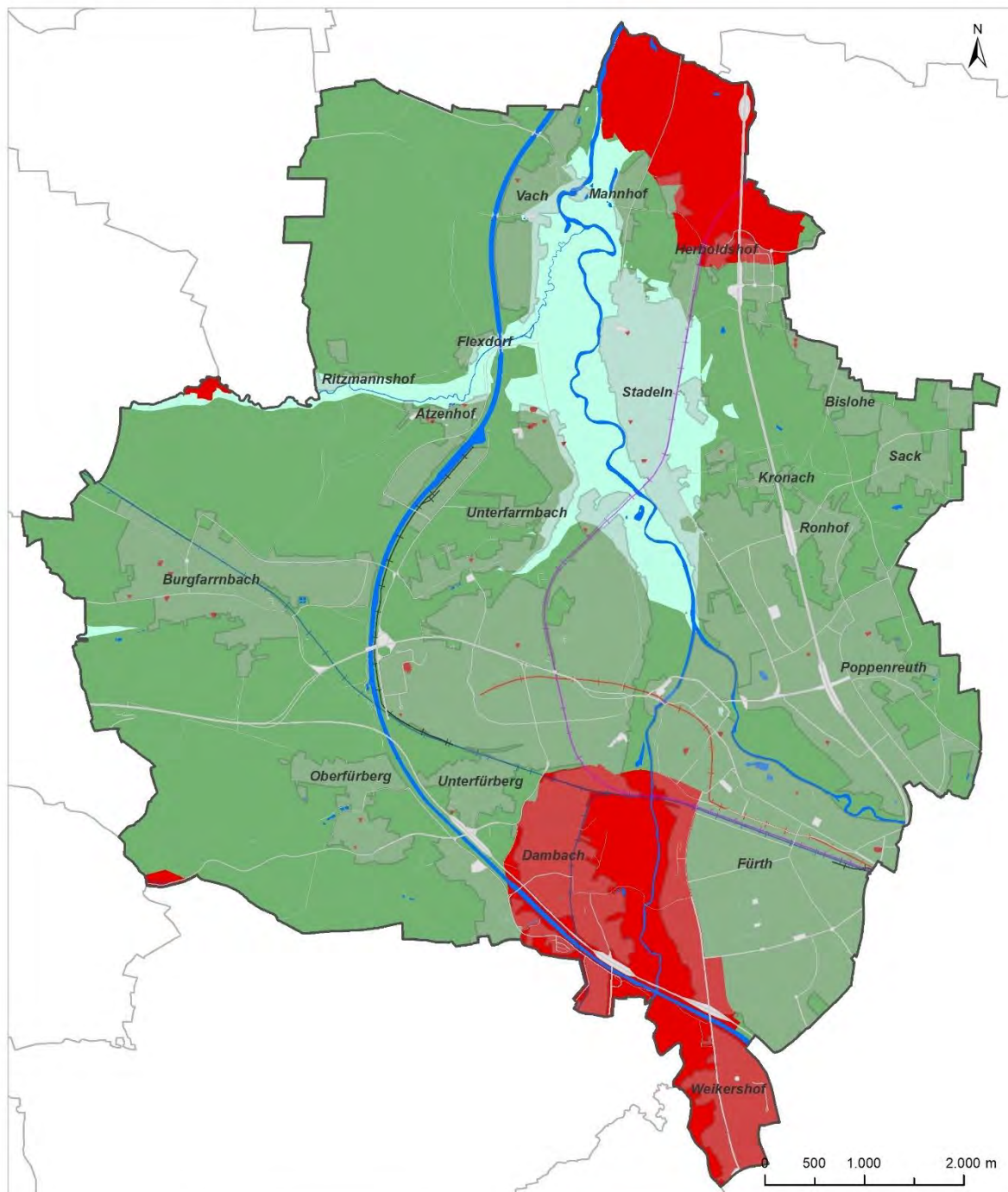
Die Nutzung der sogenannten oberflächennahen Geothermie ist in weiten Gebieten des Betrachtungsraums möglich. Nur im Norden und Süden des Stadtgebietes gibt es Räume, für die diese Form der Wärmeerzeugung vom LfU ausgeschlossen wird. Gründe hierfür sind ausgewiesene Wasserschutzgebiete. Der am stärksten betroffene Ort ist „Dambach“. Seine Siedlungsflächen liegen vollständig in einem Ausschlussgebiet. Der westliche Stadtrand von Fürth, südlich der Bahnlinie und der gewerblich geprägte Teil Weikershof sind ebenso von Einschränkungen betroffen (siehe nächste Karte).

Im Umgriff der Flüsse „Rednitz“ und „Zenn“ sind folgende Formen der Geothermienutzung empfohlen:

- Grundwasserwärmepumpen
- Erdwärmekollektoren

In den übrigen Gebieten können Erdwärmesonden zum Einsatz kommen.

Abbildung 58: Empfehlungen zur Nutzung von Erdwärme nach Angaben des LfU



Gemeindegrenzen	Verkehr	Schienenstrecken	▼ bestehende Erdwärmesonden
Umland	Strassen	Bahn	Erdwärmesonden, Grundwasserwärmepumpen, Erdwärmekollektoren
Fürth	Verkehrsflächen	Bahn, S-Bahn	Grundwasserwärmepumpen, Erdwärmekollektoren
Siedlungsflächen		U-Bahn	Gewässer
Ortslagen		(Andere)	nicht möglich (Wasserschutzgebiet)

© Inhalt und Darstellung: bifa Umweltinstitut GmbH 2019
 © Geobasisinformationen: Bayerische Vermessungsverwaltung 2019

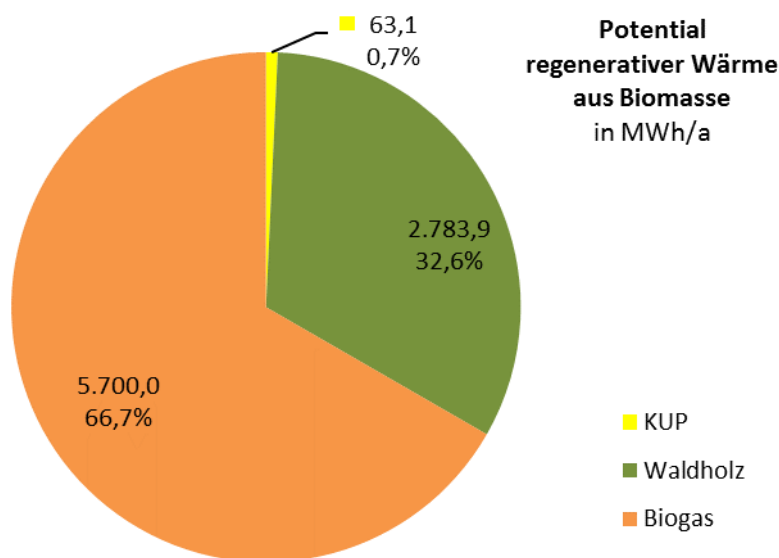
5.2.3 Potenzielle Biomasse

Das Gesamtwärmpotential aus Biomasse besteht in den Berechnungen aus folgenden Einzelpotentialen:

- Biomasse in Kurzumtriebsplantagen (KUP)
- Energetische Nutzung von Waldholz
- Nutzung von Biogas in Kraft-Wärme-Kopplung (Strom und Wärme)

Die Verteilung des Gesamtpotentials von Biomasse (8,5 GWh/a) an der regenerativ erzeugten Wärme ergibt sich, wie in der nachfolgenden Grafik dargestellt:

Abbildung 59: Wärmemengen und Anteile am Potential regenerativer Wärme aus Biomasse



In den nachfolgenden Abschnitten wird beschrieben, wie die Einzelpotentiale ermittelt wurden. Für alle Potentialberechnungen wurde eine nachhaltige Bewirtschaftung vorausgesetzt und die Grenze des Betrachtungsgebiets als Bilanzrahmen angesetzt.

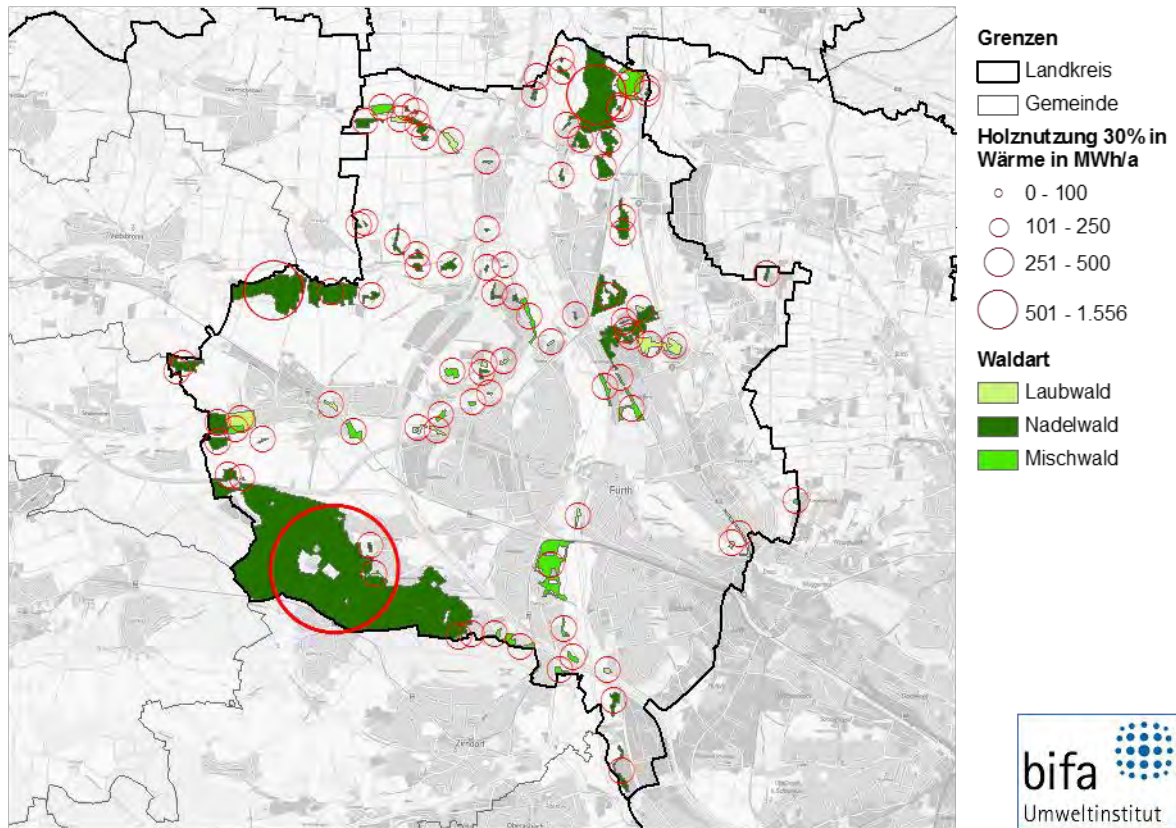
Potenzial Kurzumtriebsplantagen (KUP)

Es erfolgte eine Auswertung der veröffentlichten Daten aus dem „KUP-Scout Bayern“ von der Bayerischen Landanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF). Nach den veröffentlichten Zahlen sind 0,25 % der Ackerflächen stark geneigt und damit für intensive Landwirtschaft weniger gut geeignet. Für diese Flächen wurde über den mittleren Ertrag für Ackerflächen von Pappel-KUP das Gesamtpotential für den jährlichen Ertrag von Energieholz auf den Flächen berechnet. Der Heizwert von Pappel mit einem Wassergehalt von 50% wurde mit 1.525 kWh/Fm angenommen.

Potential KUP: 63,1 MWh/a (Wärme)

Potenzial Waldholz

Abbildung 60: Waldholzpotentiale nach Waldart



Aus der Auswertung der Waldflächen wurden die jährlich nutzbaren Mengen an Holz ermittelt. Dies erfolgte über Kennwerte zur Waldnutzung in der Wuchszone 5 und wurde nach folgenden Holzarten unterschieden. Der Heizwert wurde dabei für 50 % Wassergehalt folgendermaßen angesetzt:

- Nadelwald 2.410 kWh/m³
- Laubwald 1.710 kWh/m³
- Mischwald 1.940 kWh/m³ (33,3 % Laubhölzer + 66,7 % Nadelhölzer)

In die Berechnung des Potentials gehen 30 % des geschlagenen Holzes pro Jahr in die thermische Verwertung, der Rest wird stofflich verwertet.

Potential Waldholz: 2,78 GWh/a (Wärme)

Potenzial Biogas

Zur detaillierten Ermittlung der Gesamtpotentiale (Biogas) siehe Kapitel „Kraft-Wärme-Kopplung Biogas“. Die nachfolgende Wärmemenge wurde über einen thermischen Wirkungsgrad von 30% und abzüglich des Eigenverbrauchs von Wärme für die Fermenterheizung berechnet.

Potential Biogas: 12,3 GWh/a (Wärme)

6 Zukunftsvarianten bis 2030

Aus den Effizienzpotenzialen und Entwicklungen der einzelnen Sektoren werden die drei Szenarien, Referenzszenario, EffizienzszENARIO und Klimaschutzszenario entwickelt.

Bei den privaten Haushalten setzt sich die Entwicklung aus den Szenarien für den Bereich der Heizwärme und Warmwasserbereitstellung mit verschiedenen Sanierungsraten, Sanierungsqualitäten und unterschiedlichem Einsatz erneuerbarer Energien bzw. Fernwärme zusammen. Für die sonstigen Stromanwendungen wird der zugrunde gelegten zukünftigen Bevölkerungsentwicklung ein steigender Anteil von Einwohnern mit niedrigen Stromverbräuchen, entsprechend der Stromverbrauchsklassen wie im Kapitel Effizienzpotenziale Stromanwendungen beschrieben, zugeordnet.

Die Entwicklung im Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie orientiert sich an der Umsetzungsrate der vorhandenen und beschriebenen Effizienzpotenziale. Wobei in diesem Sektor äußere Einwirkungen, wie Neuansiedlung bzw. Wegzug von energieintensiven Gewerbebetrieben oder die wirtschaftliche Gesamtsituation die Auswirkungen von Effizienzbemühungen deutlich überlagern können. Darüber hinaus wird in den Szenarien ein moderater Wechsel der Energieträger von Wärmeeinwendungen zu Stromanwendungen berücksichtigt.

Die Entwicklung bei den kommunalen Einrichtungen orientiert sich an den kommunalen Liegenschaften, die von der Gebäudewirtschaft betreut werden. Die Verbrauchswerte der einzelnen Gebäudegruppen wurden zu den Werten des Bauwerkzuordnungskatalogs (BWZK) in Relation gesetzt. Den Gebäudegruppen, die den Vergleichswert überschreiten, wurden in den einzelnen Szenarien steigende Anteile mit Verbrauchswerten 10 % unter den Werten des BWZK zugeordnet.

Beim Wärmeverbrauch überschreiten die Gebäudegruppen kulturelle Einrichtungen, Grundschulen und weiterführenden Schulen den Vergleichswert. Die Gebäudegruppen Verwaltung, Jugendhäuser/ Horte, Kindergärten, Mittelschulen/ Förderzentren liegen oft deutlich darunter.

Beim Stromverbrauch überschreiten die Gebäudegruppen Verwaltung, kulturelle Einrichtungen, Grundschulen und weiterführenden Schulen den Vergleichswert. Die Gebäudegruppen Jugendhäuser/ Horte, Kindergärten, Mittelschulen/ Förderzentren liegen oft deutlich darunter.

Diese Reduktionsszenarien bei den kommunalen Liegenschaften wurden auf alle kommunalen Verbraucher übertragen.

Die Einstufung von Gebäudegruppen und die Zuordnung von Effizienzpotenzialen lässt keine Rückschlüsse auf einzelne Gebäude innerhalb der Gebäudegruppen zu, sondern dient lediglich zur Abschätzung von realistischen Reduktionsszenarien.

6.1 Referenzszenario

Die folgenden Entwicklungen bilden das Referenzszenario

Private Haushalte:

Bereich Heizwärme und Warmwasserbereitstellung: Referenzszenario

sonstige Stromanwendungen: Stromverbrauch/EW: 90 % Bestand¹²
10 % Stromeffizienzklasse C

Dies entspricht einem Rückgang des Wärmebedarfs um 9 % und des Strombedarfs um 0,5 %.

Gewerbe, Handel, Dienstleistung Industrie:

Energieträger Wärme Umsetzung Effizienzpotenzial: 40 %

Strom Umsetzung Effizienzpotenzial: 40 %

Dies entspricht einem Rückgang des Wärmebedarfs um 7 % und des Strombedarfs um 6,5 %.

Kommunale Einrichtungen:

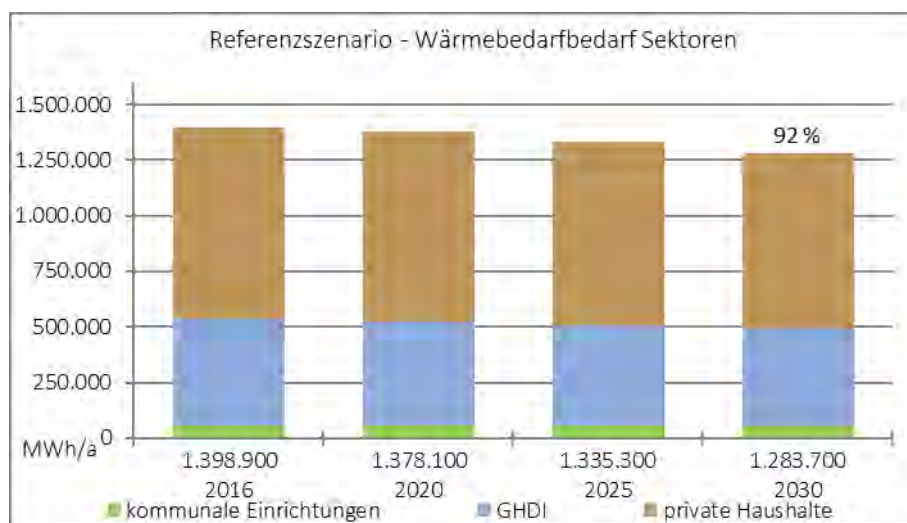
Wärme: Vergleichswert BWZK

Strom: Vergleichswert BWZK

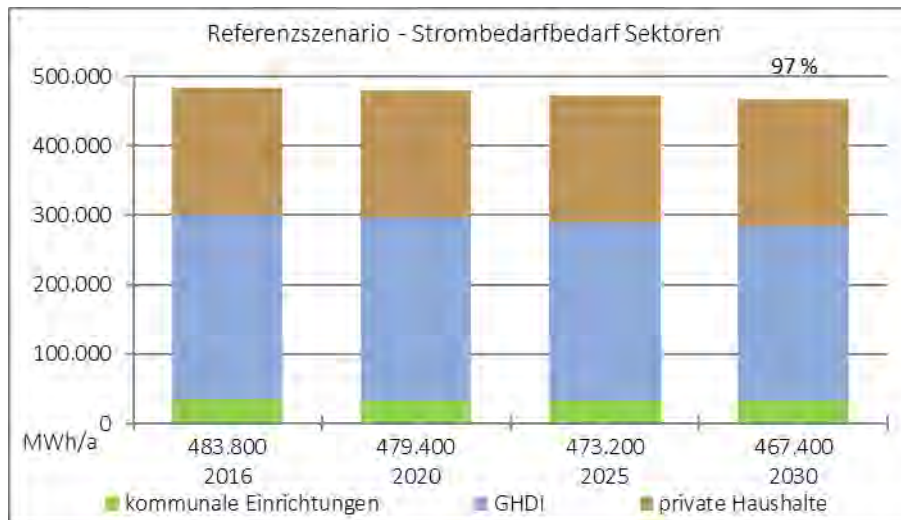
Dies entspricht einem Rückgang des Wärmebedarfs um 3 % und des Strombedarfs um 4%.

Insgesamt ergibt sich bei den drei Sektoren ein Rückgang von 4,5 % bis 2025 und 8 % bis 2030 beim Wärmebedarf und von 2,5 % bzw. 4 % beim Strombedarf.

Abbildung 61: Referenzszenario; Entwicklung Wärmebedarf (mit Heizstrom Haushalte)



¹² Stromverbrauch /EW Bestand liegt mit 1.4000 kWh/a zwischen Effizienzklasse C und D

Abbildung 62: Referenzszenario; Entwicklung Strombedarf (ohne Heizstrom Haushalte)

Die Reduktion des Endenergiebedarfs von 2016 bis 2030 im Referenzszenario beträgt 7 %.

6.2 Effizienzzenario

Die folgenden Entwicklungen bilden sich im Referenzszenario ab.

Private Haushalte:

Bereich Heizwärme und Warmwasserbereitstellung: Referenzszenario
 sonstige Stromanwendungen: Stromverbrauch/EW: 20 % Bestand;
 60% Effizienzklasse C
 20% Effizienzklasse B

Dies entspricht einem Rückgang des Wärmebedarfs um 15 % und des Strombedarfs um 9 %.

Gewerbe, Handel, Dienstleistung Industrie:

Energieträger Wärme Umsetzung Effizienzpotenzial: 70 %
 Strom Umsetzung Effizienzpotenzial: 70 %

Dies entspricht einem Rückgang des Wärmebedarfs um 13 % und des Strombedarfs um 10 %.

Kommunale Einrichtungen:

Wärme: Vergleichswert BWZK
 Strom: Vergleichswert BWZK

Dies entspricht einem Rückgang des Wärmebedarfs um 6 % und des Strombedarfs um 8 %.

Insgesamt ergibt sich bei den drei Sektoren ein Rückgang von 7,5 % bis 2025 und 14 % bis 2030 beim Wärmebedarf und von 6 % bzw. 9 % beim Strombedarf.

Abbildung 63: Effizienzscenario; Entwicklung Wärmebedarf (mit Heizstrom Haushalte)

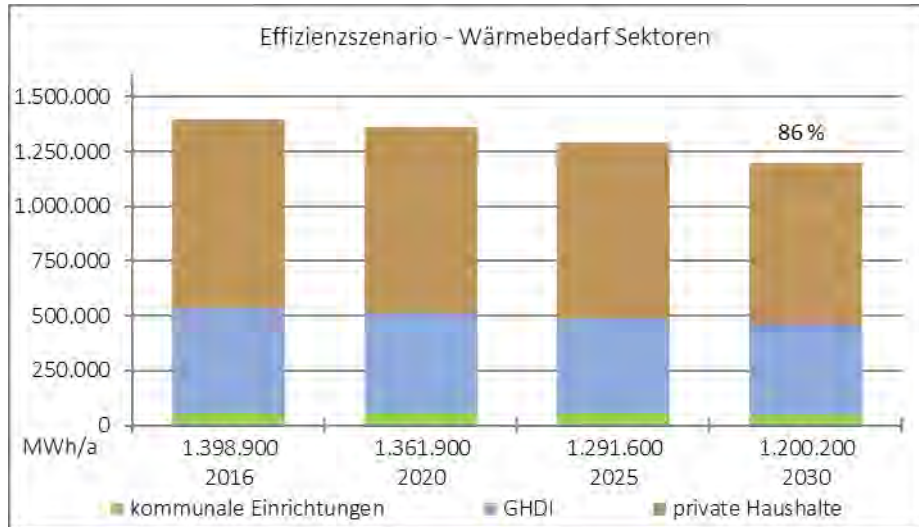
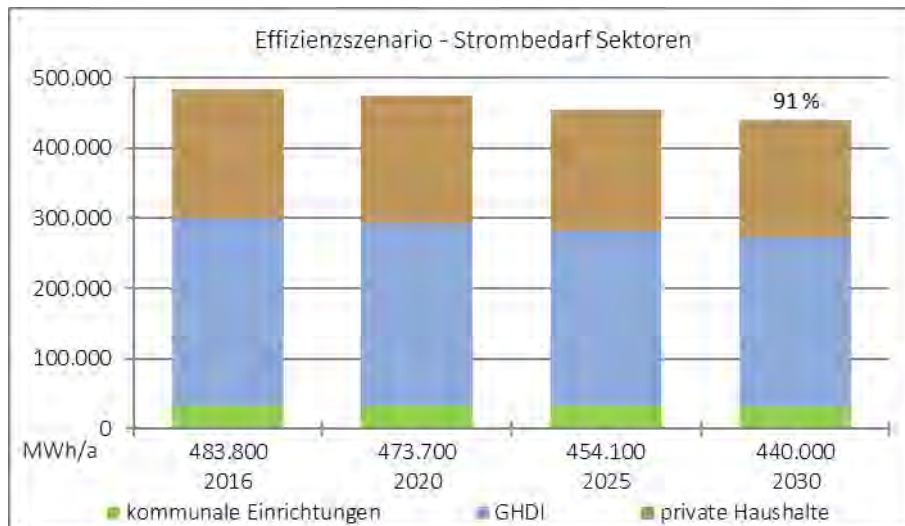


Abbildung 64: Effizienzscenario; Entwicklung Strombedarf (ohne Heizstrom Haushalte)



Die Reduktion des Endenergiebedarfs von 2016 bis 2030 im Effizienzscenario beträgt 13 %.

6.3 Klimaschutzscenario

Die folgenden Entwicklungen bilden das Referenzscenario

Private Haushalte:

- Bereich Heizwärme und Warmwasserbereitstellung: Referenzscenario
- sonstige Stromanwendungen: Stromverbrauch/EW: 15 % Bestand;
- 40 % Effizienzklasse C
- 30 % Effizienzklasse B
- 15 % Effizienzklasse A

Dies entspricht einem Rückgang des Wärmebedarfs um 23 % und des Strombedarfs um 15 %.

Gewerbe, Handel, Dienstleistung Industrie:

Energieträger Wärme Umsetzung Effizienzpotenzial: 100 %
 Strom Umsetzung Effizienzpotenzial: 100 %
 Dies entspricht einem Rückgang des Wärmebedarfs um 18 % und des Strombedarfs um 14 %.

Kommunale Einrichtungen:

Wärme: Vergleichswert BWZK
 Strom: Vergleichswert BWZK
 Dies entspricht einem Rückgang des Wärmebedarfs um 11 % und des Strombedarfs um 14 %.

Insgesamt ergibt sich bei den drei Sektoren ein Rückgang von 10 % bis 2025 und 21,5 % bis 2030 beim Wärmebedarf und von 9,5 % bzw. 14 % beim Strombedarf.

Abbildung 65: Klimaschutzscenario; Entwicklung Wärmebedarf (mit Heizstrom Haushalte)

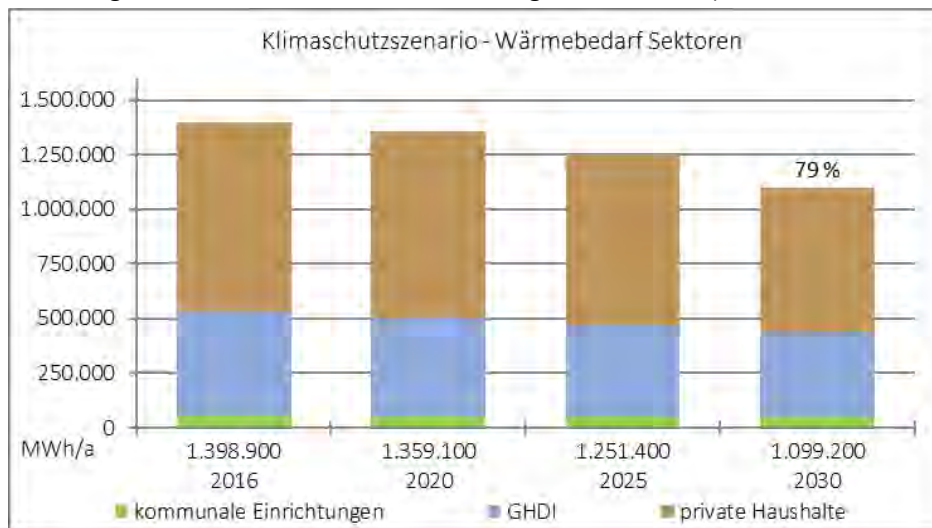
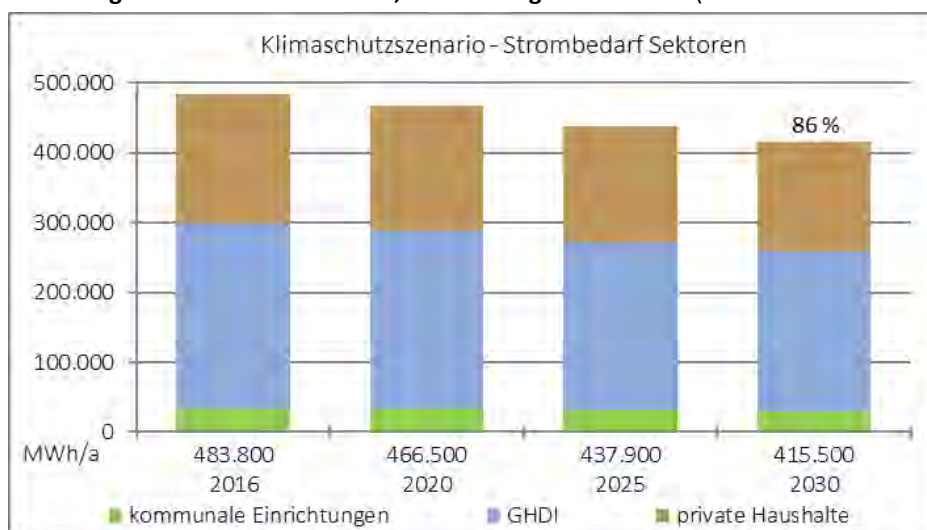


Abbildung 66: Klimaschutzscenario; Entwicklung Strombedarf (ohne Heizstrom Haushalte)



Die Reduktion des Endenergiebedarfs von 2016 bis 2030 im Klimaschutzscenario beträgt 20 %.

7 Entwicklung der CO₂- und THG-Emissionen

Der Rückgang der CO₂- bzw. THG Emissionen wird bestimmt von zwei unterschiedlichen Entwicklungen. Einerseits beeinflusst eine Veränderung des Energieverbrauchs die Treibhausgasemissionen, andererseits können die Emissionen auch durch einen verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien reduziert werden. Im Strombereich ergibt sich dies zwangsläufig, da die Stromerzeugung immer mehr durch regenerative Energien erfolgt, im Wärmebereich muss dies Vor-Ort durch Umstellung der Wärmeerzeugung geschehen. Bei Neubauten und bei öffentlichen Gebäuden ist auch bei umfassenden Renovierungen derzeit ein anteiliger Einsatz erneuerbarer Energien durch das EEWärmeGesetz und in Zukunft durch das Gebäudeenergiegesetz vorgeschrieben. Bei Bestandsgebäuden bietet es sich an, bei der Erneuerung der Heizungsanlage auch eine Umstellung auf erneuerbare Energien in Betracht zu ziehen. Der Einsatz erneuerbarer Energien ist in den verschiedenen Sektoren unterschiedlich ausgeprägt. Bei den privaten Haushalten beträgt der Anteil der Wärmeerzeugung durch erneuerbare Energien bzw. Fernwärme knapp 9 %, bei den kommunalen Einrichtungen sind es 6,5 % und im Sektor GHDI etwas über 2 %.

Bei einer angenommenen Nutzungsdauer einer Heizungsanlage von 25 Jahren, werden pro Jahr 4 % der Anlagen erneuert. Bei den privaten Haushalten wurden für die einzelnen Szenarien verschiedene Anteile an Heizungserneuerungen und Umstellungen auf erneuerbare Energieträger simuliert.

Tabelle 10: Sektor private Haushalte, erneuerbare Heizwärme, Warmwasser

	Heizungserneuerung pro Jahr	davon Umstellung auf erneuerbare Energien	Anteil 2030 erneuerb. Energien/ FW
Referenzszenario	4 %	15 %	18 %
Effizienzzenario	5 %	30%	28 %
Klimaschutzszenario	6 %	75 %	53 %

In den anderen Sektoren, vor allem im Sektor GHDI, wird von deutlich niedrigeren Anteilen der erneuerbaren Energien ausgegangen. Speziell in Anwendungsgebieten, die nicht der Heizwärme und Warmwassererzeugung dienen, ist der Einsatz von erneuerbaren Energien oft nicht so einfach und wirtschaftlich möglich. Damit dürfte der wichtigste Energieträger Erdgas im GHDI-Sektor vermutlich auch in der näheren Zukunft sehr bedeutend bleiben. Der größte Anteil an der Reduktion der Emissionen aufgrund des verstärkten Einsatzes von erneuerbaren Energien kommt aus dem Sektor private Haushalte.

Tabelle 11: Sektor Anteil erneuerbarer Energien am Energieverbrauch - Sektoren

	Bestand	Referenz	Effizienz	Klimaschutz
Kommunale Einrichtungen	6,5 %	8,2 %	13,7 %	27,5 %
GHDI	2,2 %	3,5 %	5,2 %	10,4 %
Haushalte	8,8 %	14,7 %	22,8 %	43,1 %
gesamt	5,9 %	9,6 %	14,7 %	27,8 %

Die Entwicklung der THG Emissionen in CO₂-Äquivalenten unterscheidet sich geringfügig von der Entwicklung der CO₂-Emissionen. So sind die Rückgänge minimal geringer, das Emissionsniveau jedoch um 16 % höher.

Im Referenzszenario ergibt sich ein Rückgang der Emissionen um 23,5 % (THG 23 %), im Effizienzzenario von 31,7 % (THG 31 %) und im Klimaschutzzenario von 44 % (THG 43 %). Der Anteil, den der Einsatz erneuerbarer Energien bzw. Fernwärme leisten, ist höher als der Anteil der Energieeinsparung. Speziell bei der Bereitstellung von Heizwärme ist beim denkmalgeschützten Gebäudebestand das Potenzial zur Energieeinsparung limitiert. Dem Einsatz erneuerbarer Energien oder der Fernwärme im Innenstadtbereich kommt deshalb aus Klimaschutzaspekten eine entscheidende Bedeutung zu. Eine breite Umsetzung benötigt jedoch eine, derzeit nicht vorhandene, Begleitung durch gesetzgeberische und fördertechnische Maßnahmen von Bund und Land.

Abbildung 67: Entwicklung CO₂-Emissionen – Szenarien, Sektoren

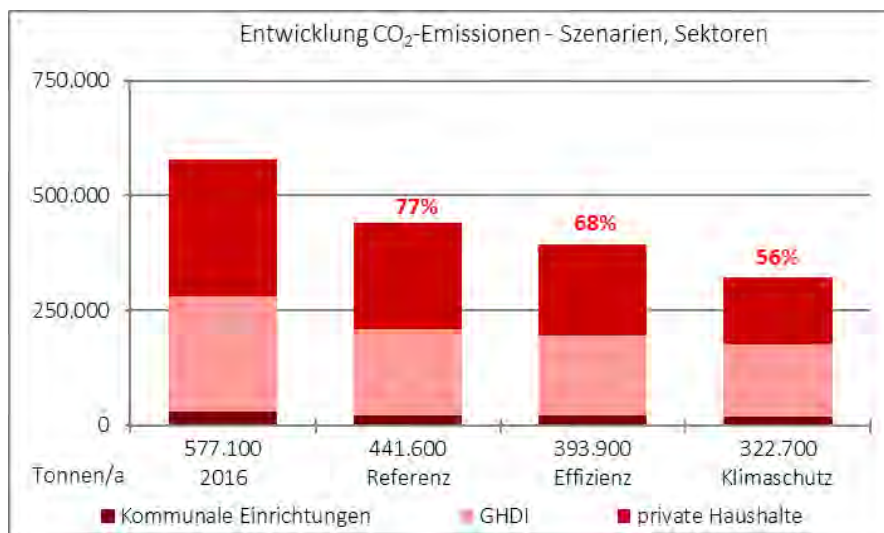
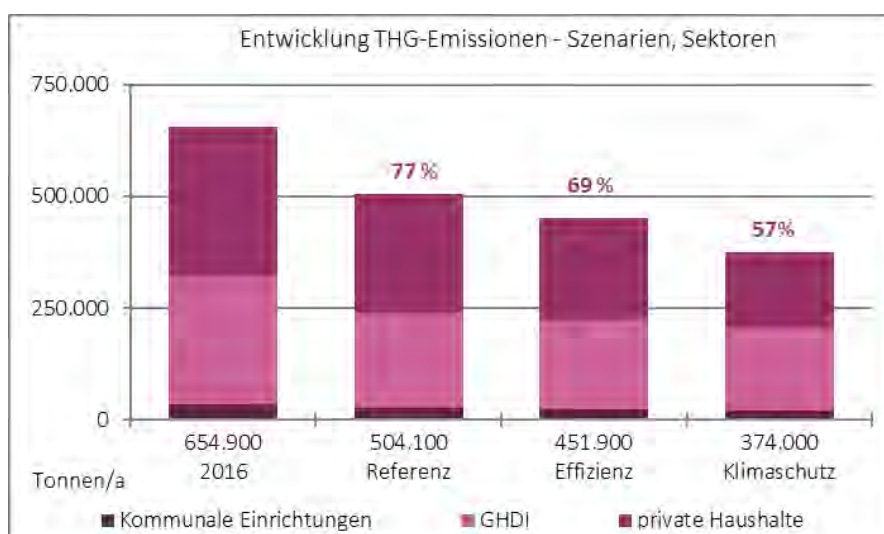


Abbildung 68: Entwicklung THG- Emissionen – Szenarien, Sektoren



8 Maßnahmen

Energieeinsparungen und die Reduktion von CO₂- bzw. THG-Emissionen ergeben sich aus der Umsetzung von konkreten Effizienzmaßnahmen bzw. durch ein energiebewusstes Nutzerverhalten. Während für ein energiebewusstes Nutzerverhalten jeder einzelne verantwortlich ist, liegt die Verantwortung für Sanierungs- und Effizienzmaßnahmen sowie der verstärkte Einsatz von erneuerbaren Energien bei öffentlichen und privatwirtschaftlichen Entscheidungsträgern und Gebäudebesitzern. Der Stadt Fürth kommt hier eine Vorbildfunktion zu, die weit über die konkreten Einsparungen bei den kommunalen Liegenschaften hinausgeht. Darüber gibt es die Möglichkeit durch Informationskampagnen, Öffentlichkeitsarbeit und Förderprogramme sowohl energiebewusstes Nutzerverhalten zu fördern, als auch die Umsetzung von Sanierungs- und Effizienzmaßnahmen zu initiieren.

Auf Grundlage der Untersuchungen werden theoretische mögliche Maßnahmen für die verschiedenen Handlungsfelder vorgeschlagen. Diese werden entweder als Maßnahmenblätter mit einer Kurzbeschreibung im Maßnahmenkatalog oder ausführlicher in den Detailbetrachtungen dargestellt. Die konkret vorhandenen Potenziale müssen jeweils in einer detaillierten Untersuchung, nach technischen, rechtlichen und wirtschaftlichen Aspekten, überprüft werden. Spezielle Gegebenheiten vor Ort können gegebenenfalls eine Umsetzung erschweren oder verhindern.

8.1 Maßnahmenkatalog

Die folgende Tabelle stellt die Maßnahmen und ihre Zuordnung zu den einzelnen Handlungsfeldern dar.

Tabelle 12: Sektor Anteil erneuerbarer Energien am Energieverbrauch - Sektoren

Gewerbe	<ul style="list-style-type: none"> • Abwärmenutzung mittlerer/großer Bäckereien • Kraft-Wärme-Kopplung und Wärmeverbünde bei Hotels/Gasthöfen • Wärmerückgewinnung aus dem Abwasser von Wäschereien • Nutzung der Abgaswärme • Abwärmenutzung von Kälteanlagen • Frischdampfkopplung bei GuD-Anlagen • Wärmerückgewinnung aus dem Kühlkreislauf • Vor-Ort-Energieberatungen in Unternehmen • Prüfung der Wirtschaftlichkeit von KWK/ KWKK in Unternehmen
Wärmeversorgung	<ul style="list-style-type: none"> • Fernwärmeinitiative • Infokampagne Heizungsumstellung und Anlagentechnik
Kommunal	<ul style="list-style-type: none"> • Energieeinsparcontracting kommunaler Liegenschaften • Konzeptausschreibung zur energetischen Qualität bei Bauvorhaben
Gebäudesanierung	<ul style="list-style-type: none"> • Energieeffiziente Stadtsanierung • Sanierungsmanagement in Stadtquartieren • Fachveranstaltung „Energetische Gebäudesanierung“ • Infokampagne “Energieeffiziente Gebäudehülle in Wohngebäuden“ • Beratungskonzept denkmalgeschützte Gebäude • Energieberatung und Fördermöglichkeiten für Privathaushalte
Umweltbildung	<ul style="list-style-type: none"> • Umweltbildung an Schulen

8.1.1 Abwärmenutzung mittlerer und großer Bäckereien

Inhalt und Beschreibung

Die heißen Abgase von Backöfen und die entstehenden Schwaden lassen sich über Wärmetauscher in Wärmerückgewinnungsanlagen zu rund 40 % der eingesetzten Energie erfassen. Die Wärme liegt dann auf einem Temperaturniveau von bis zu 90°C vor und lässt sich somit gut in klassische Nah- und Fernwärmenetze einspeisen. Mit der so gewonnenen Wärme kann die umgebende Wohnbebauung versorgt werden und fossile Brennstoffe oder alternative Wärmeerzeuger substituiert werden.

Kostenrahmen / CO₂-Minderungspotenzial / Energiekosten

Kostenrahmen	mittel für die Abwärmeerfassung (Wärmequelle), mittel für die Wärmeverteilung niedrig für die Hausübergabestationen (Wärmekunde)
CO ₂ -Minderungspotenzial	hoch (Substitution von Heizanlagen)
Reduktion Energiekosten	keine Einsparung bei der Primärenergie der Bäckerei, Einnahmen aus dem Wärmeverkauf

Zeithorizont / Priorität / Beteiligte

Zeithorizont	1 Jahr für die Einbindung externer Wärmeabnehmer
Priorität	bei vorhandenem Potenzial mittel
Beteiligte	Bäckerei, Eigentümer umliegender Häuser, öffentliche Liegenschaften

8.1.2 Kraft-Wärme-Kopplung und Wärmeverbünde bei Hotels/Gasthöfen

Inhalt und Beschreibung

Hotels haben hohe energetische Aufwendungen für Wärme (Beheizung, Warmwasserbereitstellung) und Strom (Klimatisierung/Belüftung, allg. Verbrauch, Beleuchtung) zu tragen.

Der Bedarf von Strom und Wärme macht den Einsatz von Erdgas-BHKW besonders effizient und somit finanziell attraktiv. Werden die KWK-Erzeugungsanlagen nach dem Strombedarf ausgelegt und mit abgestimmten Pufferspeichern für die Wärme ausgestattet, ermöglichen es entsprechend große Anlagen, die Wärmeversorgung auf die Umgebung auszuweiten und gleichzeitig den Strom- und Klimatisierungsbedarf in größerem Maße selbst zu decken. Die vorhandenen Bestandanlagen der Wärmeversorgung (z.B. Gaskessel der Hotels) können im Rahmen dieser Wärmekonzepte als Redundanz für ein entstehendes Nahwärmenetz dienen und die Wärmeversorgung der angeschlossenen Wärmekunden sicherstellen.

Kostenrahmen / CO₂-Minderungspotenzial / Energiekosten

Kostenrahmen	mittel für die BHKW-Anschaffung (Wärmequelle), mittel für die Wärmeverteilung niedrig für die Wärmeübergabestation (Wärmekunde)
CO ₂ -Minderungspotenzial	hoch, durch effiziente Wärme- und Stromerzeugung und Substitution von Heizanlagen
Reduktion Energiekosten	mittel, zzgl. Einnahmen aus dem Wärmeverkauf

Zeithorizont / Priorität / Beteiligte

Zeithorizont	1 Jahr für die Einbindung externer Wärmeabnehmer
Priorität	bei vorhandenem Potenzial hoch
Beteiligte	Hotelbetreiber, private Haushalte, öffentliche Liegenschaften

8.1.3 Wärmerückgewinnung aus dem Abwasser von Wäschereien

Inhalt und Beschreibung

Abwärme aus Abwasser sollte auch bei Wäschereien so früh wie möglich erfasst werden. Die über Wärmetauscher entnommene Wärme kann in Kaltwassernetzen zur Versorgung von Wohngebäuden genutzt werden. Eine Heizunterstützung durch Wärmepumpen ist notwendig, um den notwendigen Temperaturhub für die Warmwasserbereitung oder allgemein für die Versorgung von Bestandsgebäuden (mit Heizkörpern zur Wärmeverteilung) zu ermöglichen.

Kostenrahmen / CO₂-Minderungspotenzial / Energiekosten

Kostenrahmen	niedrig für die Abwärmeerfassung (Wärmequelle), mittel für die Wärmeverteilung, mittel (durch Wärmepumpe) für die Hausübergabestationen (Wärmekunde)
CO ₂ -Minderungspotenzial	mittel (Substitution von Heizanlagen)
Reduktion Energiekosten	keine Einsparung bei der Primärenergie der Wäscherei, Einnahmen aus dem Wärmeverkauf

Zeithorizont / Priorität / Beteiligte

Zeithorizont	1 Jahr für die Einbindung externer Wärmeabnehmer
Priorität	niedrig
Beteiligte	Wäscherei (Direkteinleiter mit erhöhter Abwassertemperatur), private Haushalte, öffentliche Liegenschaften

8.1.4 Nutzung der Abgaswärme

Nutzung der Abgaswärme von thermischen Nachverbrennungsanlagen (TNV)

Inhalt und Beschreibung

Unternehmen mit lösemittelhaltigen Abluftströmen (beispielsweise aus eigenen Lackierereien) müssen diese thermisch behandeln. In thermischen Nachverbrennungsanlagen entstehen große Abwärmemengen auf einem hohen Temperaturniveau. Sowohl die Erzeugung von Wärmeströmen mit bis zu 160°C für die betriebsinterne Prozesswärmebereitstellung oder für die Einspeisung in Versorgungsnetze sind möglich.

Kostenrahmen / CO₂-Minderungspotenzial / Energiekosten

Kostenrahmen	mittel/hoch für die Abwärmeerfassung (Wärmequelle), mittel für die Wärmeverteilung, niedrig für Hausübergabestationen (Wärmekunde)
CO ₂ -Minderungspotenzial	hoch (Substitution von Heizanlagen)
Reduktion Energiekosten	mittel/hoch

Zeithorizont / Priorität / Beteiligte

Zeithorizont	1,5 Jahre für die Einbindung externer Wärmeabnehmer
Priorität	bei vorhandenem Potenzial mittel
Beteiligte	Unternehmen der Kfz-/ Metallbranche mit lösemittelhaltigen Abluftströmen, private Haushalte, öffentliche Liegenschaften

8.1.5 Abwärmenutzung von Kälteanlagen

Inhalt und Beschreibung

Die Abwärme von Kälteanlagen (30-40°C) kann erfasst werden und als Niedertemperaturwärme zur Versorgung von Gebäuden mit Heizenergie genutzt werden. Dazu wird im Kältekreislauf vor dem Verflüssiger ein Wärmetauscher eingebunden. Der notwendige Temperaturhub für die Warmwasserbereitung oder allgemein für die Versorgung von Bestandsgebäuden (mit Heizkörpern zur Wärmeverteilung) wird durch Wärmepumpen erreicht.

Kostenrahmen / CO₂-Minderungspotenzial / Energiekosten

Kostenrahmen	niedrig/mittel für die Abwärmeerfassung (Wärmequelle), mittel für die Wärmeverteilung, mittel (durch Wärmepumpe) für die Hausübergabestationen (Wärme- kunde)
CO ₂ -Minderungspotenzial	mittel (Substitution von Heizanlagen)
Reduktion Energiekosten	keine Einsparung bei der Primärenergie des Handels, Einnahmen aus dem Wärmeverkauf

Zeithorizont / Priorität / Beteiligte

Zeithorizont	1 Jahr für die Einbindung externer Wärmeabnehmer
Priorität	niedrig
Beteiligte	Handel mit Kühlungsbedarf, private Haushalte, öffentliche Liegenschaften

8.1.6 Frischdampfauskopplung bei GuD-Anlagen

Frischdampfauskopplung bei GuD-Anlagen zur Speisung von Wärmenetzen

Inhalt und Beschreibung

Bei Eigenstromerzeugung mit Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK) können in Industrieunternehmen erhebliche Mengen an Abwärme entstehen. Bei Gas- und Dampfturbinenanlagen (GuD) mit vorhandenen Überschusskapazitäten lässt sich Frischdampf für die Versorgung eines Nah- oder Fernwärmenetzes (mit Vorlauftemperatur >85°C) nutzen.

Kostenrahmen / CO₂-Minderungspotenzial / Energiekosten

Kostenrahmen	hoch für die Abwärmeerfassung (Wärmequelle), mittel für die Wärmeverteilung, niedrig für die Hausübergabestationen (Wärmekunde)
CO ₂ -Minderungspotenzial	mittel (Substitution von Heizanlagen)
Reduktion Energiekosten	keine Einsparung bei der Primärenergie der Unternehmen, Einnahmen aus dem Wärmeverkauf

Zeithorizont / Priorität / Beteiligte

Zeithorizont	1-2 Jahre für die Einbindung externer Wärmeabnehmer
Priorität	niedrig
Beteiligte	Industrieunternehmen mit zusätzlichen Kraftwerkskapazitäten, private Haushalte, öffentliche Liegenschaften

8.1.7 Wärmerückgewinnung aus dem Kühlkreislauf

Inhalt und Beschreibung

Abwärme aus Abwasser sollte in Industriebetrieben so früh wie möglich erfasst werden. Die über Wärmetauscher entnommene Wärme kann in Kaltwassernetzen zur Versorgung von Wohngebäuden genutzt werden. Eine Heizunterstützung durch Wärmepumpen ist notwendig, um den notwendigen Temperaturhub für die Warmwasserbereitung oder allgemein für die Versorgung von Bestandsgebäuden (mit Heizkörpern zur Wärmeverteilung) zu ermöglichen.

Kostenrahmen / CO₂-Minderungspotenzial / Energiekosten

Kostenrahmen	niedrig für die Abwärmeerfassung (Wärmequelle), mittel für die Wärmeverteilung, mittel (durch Wärmepumpe) für die Hausübergabestationen (Wärme-kunde)
CO ₂ -Minderungspotenzial	hoch (Substitution von Heizanlagen)
Reduktion Energiekosten	keine Einsparung bei der Primärenergie des Industriebetriebs, Einnahmen aus dem Wärmeverkauf

Zeithorizont / Priorität / Beteiligte

Zeithorizont	1,5 Jahre für die Einbindung externer Wärmeabnehmer
Priorität	bei vorhandenem Potenzial mittel (viele Unternehmen, große Abwärmeströme)
Beteiligte	produzierende Unternehmen (Direkteinleiter mit erhöhter Abwassertemperatur), private Haushalte, öffentliche Liegenschaften

8.1.8 Fernwärmeinitiative

Initiative zur Ausweitung der Versorgung mit umweltfreundlicher Fernwärme

Inhalt und Beschreibung

Im Stadtgebiet Fürth betreibt die „infra fürth gmbh“ mehrere dezentrale Fernwärmenetze. Die Gründung einer gemeinsamen Fernwärmeanschlussinitiative von Stadt Fürth und infra fürth gmbh kann den Anschluss weiterer geeigneter Liegenschaften an die Fernwärmenetze unterstützen. Personen, deren Teilnahme an dieser Initiative nicht direkt organisierbar ist (z.B. Kleinvermieter, Eigenheimbesitzer), können über eine „Fernwärme-Kampagne“ informiert werden. Ein wesentliches Element bildet die Darstellung der Wirtschaftlichkeit der Fernwärme bei hocheffizienten Gebäudesanierungen. Aufgrund der regenerativen Herkunft hat die Fernwärme einen Primärenergiefaktor von Null und erleichtert so die Inanspruchnahme von Fördergeldern der KfW für hocheffiziente Sanierungen. Die Maßnahme ist für den Ausbau und die Anschlussquote der Fernwärme sehr wichtig, da der bisherige Energieverbrauch für Raumwärme in Zukunft aufgrund von Sanierungsmaßnahmen zurückgehen wird. Umso wichtiger ist eine koordinierte Erschließung neuer Abnehmer.

Bei denkmalgeschützten Gebäuden, an denen Maßnahmen zur Verringerung des Energieverbrauchs schwer durchzuführen sind, ermöglicht ein Fernwärmeanschluss eine deutliche Verringerung der Emissionen.

Technische Gegebenheiten (Etagenheizung) können die Umstellung auf Fernwärme erschweren. Geänderte rechtliche und förderrechtliche Rahmenbedingungen könnten die Umstellung erleichtern.

Kostenrahmen / CO₂-Minderungspotenzial / Energiekosten

Kostenrahmen	gering (geringe Zusatzkosten, Zeitaufwand der beteiligten Akteure)
CO ₂ -Minderungspotenzial	hoch, bei Umstellung des Heizungssystems von fossilen Brennstoffen
Reduktion Energiekosten	von den Kosten der bisherigen Wärmeversorgung abhängig
Regionale Wertschöpfung	relativ hoch, wenn lokale Brennstoffe (Bioenergie) genutzt werden und technische Maßnahmen (Fernwärmeanschluss) unter Einbindung lokaler Handwerksbetriebe und Produkthersteller erfolgen

Zeithorizont / Priorität / Beteiligte

Zeithorizont	kurzfristig
Priorität	hoch
Beteiligte	Stadt Fürth Stadtverwaltung/Kommunalpolitik, infra fürth gmbh, weitere kommunale Unternehmen, privatwirtschaftliche Unternehmen (GHD), Wohnungsbaugesellschaften, Haus & Grund Fürth, IHK, HWK

8.1.9 Energieeffiziente Stadtsanierung

Quartierskonzepte in Stadtquartieren mit sanierungsbedürftigem Mehrfamilienhausbestand

Inhalt und Beschreibung

Die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) bietet im Rahmen der energetischen Stadtsanierung Fördergelder zur Erstellung detaillierter Quartierskonzepte auf der Betrachtungsebene eng umgrenzter „Stadtquartiere“. (KfW-Förderprogramm 432: bis zu 65 % Zuschüsse für „Erstellung eines integrierten Quartierskonzepts“ (Teil A) bzw. einen „Sanierungsmanagement/-manager“ (Teil B)).

Es bieten sich Quartiere mit einem Mehrfamilienhausbestand aus den Jahren 1950 bis 1970 an, für die ein entsprechendes energetisches Sanierungskonzept unter Berücksichtigung der individuellen Rahmenbedingungen (Energieversorgung, demografischem Wandel, Gewerbe) erstellt wird. Folgende Handlungsschritte sind zu empfehlen:

- Ermittlung geeigneter Stadtquartiere anhand des Gebäudebestands; Auswahl eines Quartiers
- Bestimmung eines charakteristischen Gebäudetyps anhand eines konkreten Gebäudes (z. B. sanierungsbedürftiges Mehrfamilienhaus)
- Antragstellung bei der KfW im KfW-Förderprogramm 432

Kostenrahmen / CO₂-Minderungspotenzial / Energiekosten

Kostenrahmen	mittel für die Konzepterstellung (Eigenanteil der Kommune je nach Größe des Quartiers und Gebäudetyp ca. 15.000 bis 25.000 €)
CO ₂ -Minderungspotenzial	indirekt, mittlere bis hohe CO ₂ -Minderung bei Modernisierungen, abhängig von der Anzahl der sanierten MFH und Sanierungsmaßnahmen
Reduktion Energiekosten	indirekt, mittel bis hoch (durch initiierte Sanierungen)
Regionale Wertschöpfung	hoch durch Sanierungs-/Baumaßnahmen lokaler Betriebe

Zeithorizont / Priorität / Beteiligte

Zeithorizont	mittelfristig
Priorität	hoch
Beteiligte	Stadt Fürth Stadtverwaltung, infra fürth gmbh, Wohnungsgesellschaften, Hausverwaltungen, Privateigentümer von Gebäuden

Weitere Informationen zum Thema (stand Mai 2018):

- Merkblatt der KfW zu Quartierskonzepten und Sanierungsmanagement: [https://www.kfw.de/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-\(Inlandsf%C3%B6rderung\)/PDF-Dokumente/6000002110-M-Energetische-Stadtsanierung-432.pdf](https://www.kfw.de/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/6000002110-M-Energetische-Stadtsanierung-432.pdf), Programm Energetische Stadtsanierung“ des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR): <https://www.energetische-stadtsanierung.info/>

8.1.10 Sanierungsmanagement in Stadtquartieren

Einrichtung eines Sanierungsmanagements in Stadtquartieren mit Mehrfamilienhausbestand

Inhalt und Beschreibung

Die Maßnahme „Erstellung eines Quartierskonzeptes“ kann die Einrichtung eines „Sanierungsmanagements“ in dem untersuchten Quartier einleiten. Das Sanierungsmanagement soll direkt im Quartier vor Ort die konkrete Umsetzung von energetischen Sanierungsmaßnahmen aus dem Quartierskonzept unterstützen. Es dient der Betreuung der Akteursgruppen und Arbeitskreise im Quartier. Es kann an bestehende Strukturen eines bereits vorhandenen Quartiersmanagements angegliedert werden.

Die Einrichtung eines Sanierungsmanagements kann in Quartieren erfolgen, die einen hohen Eigentumsanteil an Wohnungen eines (kommunalen) Wohnungsunternehmens wie z. B. der WBG Fürth aufweisen. Damit wird die Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen begünstigt, wenn das (kommunale) Wohnungsunternehmen aktiv einbezogen wird. Folgende Handlungsschritte sind zu empfehlen:

- „Runden Tisch“ mit Akteuren aus dem Quartier (v.a. Gebäudeeigentümer/ Wohnungseigentümergeinschaften, Energieversorger, Hausverwaltungen) organisieren und durchführen
- Neue Sanierungsprojekte bei Privatpersonen und Unternehmen anstoßen
- Öffentlichkeitsarbeit: positive Erfahrungen veröffentlichen und medial verbreiten

Kostenrahmen / CO₂-Minderungspotenzial / Energiekosten

Kostenrahmen	mittel
CO ₂ -Minderungspotenzial	nur indirekt: mittlere bis hohe CO ₂ -Minderung bei umfangreichen Modernisierungen im Quartier, abhängig von Sanierungsmaßnahmen
Reduktion Energiekosten	indirekt durch angestoßene energetische Gebäudemodernisierungen
Regionale Wertschöpfung	indirekt, hoch durch Sanierungs-/Baumaßnahmen lokaler Betriebe

Zeithorizont / Priorität / Beteiligte

Zeithorizont	mittelfristig (bis zu drei Jahre im Anschluss an die Konzepterstellung)
Priorität	mittel
Beteiligte	Stadt Fürth Stadtverwaltung, Privateigentümer, Wohnungsgesellschaften, Hausverwaltungen, infra fürth gmbh, Sanierungsmanagement, KfW-Förderbank (Antragstellung bzgl. Förderung)

Weitere Informationen zum Thema (stand Mai 2018):

- Merkblatt der KfW zu Quartierskonzepten und Sanierungsmanagement:

[https://www.kfw.de/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-\(Inlandsf%C3%B6rderung\)/PDF-Dokumente/6000002110-M-Energetische-Stadtsanierung-432.pdf](https://www.kfw.de/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/6000002110-M-Energetische-Stadtsanierung-432.pdf)

8.1.11 Fachveranstaltung „Energetische Gebäudesanierung“

Inhalt und Beschreibung

Die Vorteile einer wirtschaftlichen Gebäudesanierung und die praktikablen Maßnahmen können einem Fachpublikum aus Privatpersonen und der lokalen Immobilienwirtschaft vorgestellt werden. Thematisch kann der Schwerpunkt auf wirtschaftlichen Sanierungsmaßnahmen bei Mehrfamilienhäusern liegen. Zusätzlich dürfte das Thema für zahlreiche Dienststellen der Stadtverwaltung interessant sein. Folgende Handlungsschritte sind zu empfehlen:

- Erarbeiten des fachlichen Vortragskonzeptes
- Erstellen von Informations- und Dokumentationsmaterial
- Bekanntmachung der Veranstaltung
- Durchführung der Veranstaltung und Nachbereitung

Kostenrahmen / CO₂-Minderungspotenzial / Energiekosten

Kostenrahmen	niedrig
CO ₂ -Minderungspotenzial	nur indirekt
Reduktion Energiekosten	indirekt durch angestoßene energetische Gebäudemodernisierungen
Regionale Wertschöpfung	indirekt, tendenziell hoch durch Beauftragung lokaler Betriebe

Zeithorizont / Priorität / Beteiligte

Zeithorizont	kurzfristig
Priorität	hoch
Beteiligte	Stadt Fürth Stadtverwaltung, lokale & regionale Immobilienwirtschaft (WBG Fürth u.a.), Haus & Grund Fürth und Umgebung e.V., Sparkasse Fürth, infra fürth gmbh, Bürgervereine, Hausverwaltungen

8.1.12 Infokampagne "Energieeffiziente Gebäudehülle in Wohngebäuden"

Inhalt und Beschreibung

Viele Gebäudesanierungen in Deutschland werden ohne vorgeschaltete Energieberatung durchgeführt. Eine Informationskampagne zur energetischen Gebäudesanierung kann helfen, um bei den Sanierungsvorhaben auf einen ausreichenden Effizienzstandard hinzuweisen, sinnvolle Sanierungsmaßnahmen anzuregen und Fördermöglichkeiten aufzuzeigen. Ein vorhandenes Sanierungsmanagement fungiert dabei als Impulsgeber und Koordinator. Einzelmaßnahmen und Maßnahmenpakete mit einer guten Kosten-/Nutzenrelation (insbes. Dämmung oberster Geschossdecke, Dachdämmung, Kellerdeckendämmung; Austausch von alten Heizungspumpen, hydraulischer Abgleich) könnten in konkreten „Maßnahmenblättern“ für interessierte Privatleute dargestellt werden. Folgende Handlungsschritte sind zu empfehlen:

- Bildung einer Projektgruppe mit Energieberatern, Handwerksinnungen und Kreditinstituten, Wohnungsbaugesellschaften/-genossenschaften
- Definition von Maßnahmenpaketen (evtl. Unterstützung von externen Beratern)
- Erstellung von Projektunterlagen (Flyer)
- Bekanntmachung in örtlichen Medien, Energieplattform, Kreditinstitute, zentraler Informationsplattform

Kostenrahmen / CO₂-Minderungspotenzial / Energiekosten

Kostenrahmen	mittel (Bildung Projektgruppe, Koordination) / mittel (Werbungskosten bei Projektbeteiligten)
CO ₂ -Minderungspotenzial	nur indirekt
Reduktion Energiekosten	indirekt durch angestoßene energetische Gebäudemodernisierungen

Zeithorizont / Priorität / Beteiligte

Zeithorizont	kurzfristig
Priorität	hoch
Beteiligte	Stadt Fürth Stadtverwaltung (als Koordinator, ggf. Einbeziehung externer Berater), Handwerksbetriebe, Kreditinstitute, Privathaushalte / privater Wohnungssektor
Regionale Wertschöpfung	indirekt, tendenziell hoch durch Beauftragung lokaler Betriebe

8.1.13 Beratungskonzept denkmalgeschützte Gebäude

Koordinierung der Beratungsmöglichkeiten zur energetischen Modernisierung denkmalgeschützter Gebäude und Durchführung einer Informationsveranstaltung für Privateigentümer

Inhalt und Beschreibung

In der Stadt Fürth befinden sich zahlreiche denkmalgeschützte Gebäude. Für Privateigentümer stellt die Modernisierung eines denkmalgeschützten Gebäudes eine diffizile Angelegenheit dar. Im Vorfeld von Modernisierungen und energetischen Sanierungen ist eine umfassende Beratung angeraten. Derzeit bestehen viele Ansprechpartner nebeneinander zu unterschiedlichen Aspekten des Denkmalschutzes. Ein einheitlicher Ansprechpartner für den ersten Kontakt kann zu mehr Übersichtlichkeit der Beratungs- und Förderangebote beitragen und in einer Initialberatung erste Fragen der Privateigentümer klären. Wichtige Aspekte sind:

- Rechtliche Informationen zum Denkmalschutz
- Fördermöglichkeiten
- Technische Maßnahmen bei der Modernisierung
- Kontakt zu weiterführenden Beratungsangeboten

Die Stadt Fürth hat über das Baureferat einen „Sanierungsleitfaden für die Innenstadt Fürth – Kurzinformation für Haus- und Wohnungseigentümer“ (Stand: 03/2011) mit wichtigen Informationen und weiterführenden Beratungsangeboten herausgeben. Eine Informationsveranstaltung in Kooperation mit Haus & Grund Fürth könnte einen direkten Kontakt zu den Privateigentümern herstellen. Die Stiftung Stadtökologie hat im Jahr 2013 für die Stadt Nürnberg einen Leitfaden zu schützenswerten Gebäuden veröffentlicht.

Link: https://www.energieregion.de/fileadmin/media/Infothek/Fachbroschueren_und_Leitfaeden/Leitfaden_Energieeffizienz_bei_schuetzenswerten_Wohngebaeuden_in_Nuernberg.pdf

Kostenrahmen / CO₂-Minderungspotenzial / Energiekosten

Kostenrahmen	mittel (Koordination der Beratungsakteure, Aktualisierung des Sanierungsleitfadens (Flyer), Initiativberatungen, Informationsveranstaltung)
CO ₂ -Minderungspotenzial	nur indirekt, bei Sanierung denkmalgeschützter Gebäude
Reduktion Energiekosten	indirekt, mittel bis hoch je nach initiiertes Sanierung

Zeithorizont / Priorität / Beteiligte

Zeithorizont	mittelfristig
Priorität	mittel
Beteiligte	Stadt Fürth (ggf. Einbeziehung externer Berater)
Regionale Wertschöpfung	indirekt, tendenziell hoch durch Beauftragung lokaler Betriebe

8.1.14 Infokampagne Heizungsumstellung und Anlagentechnik

Informationskampagne: Energieeffizienz bei Heizungsumstellung und Anlagentechnik in Wohngebäuden

Inhalt und Beschreibung

In Verbindung mit der „Informationskampagne Wohnungsbau: Energieeffizienz Gebäudehülle“ kann eine ergänzende Informationskampagne im Wohnungsbau mit dem Thema „Energieeffizienz bei Heizungsumstellung und Anlagentechnik“ durchgeführt werden. Das Ziel besteht in der Heizungsumstellung von Heizöl-, Kohle- und Stromheizungen bzw. alter Erdgasheizungsanlagen auf umweltfreundlichere Heizungssysteme (z.B. Fernwärme, erneuerbare Energien).

In Zusammenarbeit mit Energieberatern, Handwerksinnungen und dem lokalen Energieversorger infra fürth gmbh werden sinnvolle Maßnahmen definiert und bzgl. der Wirtschaftlichkeit beschrieben. Der Einsatz von dezentraler KWK und Erneuerbaren Energien (PV, Solarthermie) kann ggf. behandelt werden.

Kostenrahmen / CO₂-Minderungspotenzial / Energiekosten

Kostenrahmen	mittel (Koordination) / mittel (Werbungskosten bei Projektbeteiligten)
CO ₂ -Minderungspotenzial	nur indirekt
Reduktion Energiekosten	indirekt durch angestoßene energetische Gebäudemodernisierungen
Regionale Wertschöpfung	indirekt, tendenziell hoch durch Sanierungs-/Baumaßnahmen lokaler Handwerksbetriebe

Zeithorizont / Priorität / Beteiligte

Zeithorizont	kurzfristig
Priorität	hoch
Beteiligte	Stadt Fürth: Sanierungsmanagement (als Koordinatorin, ggf. Einbeziehung externer Berater), Handwerksinnungen/SHK-Innung (Sanitär – Heizung -Klima), infra fürth gmbh

8.1.15 Energieeinsparcontracting kommunaler Liegenschaften

Erstellung einer Prioritätsliste für kommunale Gebäude

Inhalt und Beschreibung

Energieeinspar-Contracting kann in bestimmten Liegenschaften die Energieeffizienz verbessern und langfristig Energiekosten einsparen. Ein Contractor übernimmt die Versorgung eines Gebäudes mit Energie und erstellt ein Konzept für die Energieversorgung und die Energieeffizienz. Vertraglich können Regelungen hinsichtlich des CO₂-Ausstoßes bzw. des Energieverbrauchs festgelegt werden.

In der Praxis hat sich gezeigt, dass sich durchschnittlich ca. 20 % eines kommunalen Gebäudebestandes grundsätzlich für ein Energieeinsparcontracting eignen können. Der Aufbau einer Prioritätsliste kann helfen, geeignete Gebäude für ein Contracting zu benennen. Liegenschaften mit hohen Energiekosten eignen sich i.d.R. besonders gut für die Anwendung eines Energieeinspar-Contractings. Eine organisatorische Zusammenfassung mehrerer kleinerer Gebäude („Poolbildung“) wäre möglich.

Die Gegenüberstellung und Auswertung der relevanten Daten zu Geschossflächen, Baualter, Sanierungsstand, Energieverbrauch etc. ergeben bereits eine Eingrenzung auf bestimmte Gebäude, die sich für das Contracting eignen können. In einem nächsten Schritt werden die Gebäude individuell betrachtet, um die Eignung zu präzisieren. Die Wirksamkeit ist abhängig von der Anzahl der später durchgeführten Contracting-Projekte. Für die einzelne Liegenschaft mit Contracting-Lösung ist die Wirksamkeit hoch einzuschätzen.

Kostenrahmen / CO₂-Minderungspotenzial / Energiekosten

Kostenrahmen	tendenziell gering Die Kosten und der zeitliche/personelle Aufwand sind abhängig von der Anzahl der geeigneten städtischen Gebäude für das Contracting.
CO ₂ -Minderungspotenzial	Einzelfall; entsprechend umgesetzter Maßnahmen
Reduktion Energiekosten	Einzelfall; entsprechend umgesetzter Maßnahmen
Regionale Wertschöpfung	Einzelfall; tendenziell hoch durch Beauftragung lokaler Betriebe

Zeithorizont / Priorität / Beteiligte

Zeithorizont	kurzfristig
Priorität	mittel
Beteiligte	Stadt Fürth Gebäudewirtschaft, Contracting-Unternehmen, infra fürth gmbh
Weitere Hinweise:	Contracting-Portal der Energieagentur NRW: https://www.energieagentur.nrw/finanzierung/contracting/

8.1.16 Vor-Ort-Energieberatungen in Unternehmen

Inhalt und Beschreibung

Industrie- und Gewerbebetriebe bieten oft genug Potenzial für Energieeinsparungen bei den wichtigsten Querschnittstechnologien wie Beleuchtung, Druckluft, Wärme- und Kälteerzeugung oder elektrischen Antrieben. Durch gemeinsame Betriebsbegehungen mit erfahrenen Energieberatern können vor Ort relativ schnell Energiesparpotenziale aufgedeckt werden. Erste Effizienzmaßnahmen mit geringen Investitionen und ein optimiertes Nutzerverhalten können bereits vor Ort dem Unternehmer genannt werden. Betriebe aus der gleichen Branche besitzen häufig vergleichbare energetische Schwachstellen, sodass Maßnahmenempfehlungen aus sog. „Branchenenergiekonzepten“ (Leitfäden/Fachliteratur) auf viele Betriebe der jeweiligen Branche zutreffen können. Es zeigen sich im gewerblichen Umfeld häufig Maßnahmen mit einem positiven Kosten-Nutzen Effekt, die mit relativ geringen bzw. moderaten Investitionen zeitnah realisiert werden können.

Kostenrahmen / CO₂-Minderungspotenzial / Energiekosten

Kostenrahmen	mittel Kosten für eine Betriebsbegehung je nach Größe des Unternehmens (1 bis 2 Tage) mit Kurzbericht ca. 900 bis 1.800 Euro.
CO ₂ -Minderungspotenzial	nur indirekt über umgesetzte Effizienzmaßnahmen und optimiertes Nutzerverhalten im Energieeinsatz
Reduktion Energiekosten	indirekt, i.d.R. mittel bis hoch durch verbessertes Nutzerverhalten und investive Effizienzmaßnahmen
Regionale Wertschöpfung	indirekt, tendenziell aber relativ hoch, wenn die energetischen Maßnahmen unter Einbindung lokaler Handwerksbetriebe, Dienstleister bzw. Produkthersteller erfolgen

Zeithorizont / Priorität / Beteiligte

Zeithorizont	kurzfristig
Priorität	hoch
Beteiligte	Industrie- und Gewerbebetriebe in der Stadt Fürth mit einem nennenswerten Energieverbrauch, Energieberater für die Vor-Ort-Beratung und Begehung, infra fürth gmbh, Stadt Fürth (Wirtschaftsförderung)

8.1.17 Prüfung der Wirtschaftlichkeit von KWK/ KWKK in Unternehmen

Einsatz des „TriMa-Onlinetools“ zur Ermittlung wirtschaftlicher Anwendungsfelder von KWK und KWKK

Inhalt und Beschreibung

Die Stadt Fürth und die infra fürth gmbh waren als Projektpartner am Forschungsprojekt „Trigeneration Market“ (TriMa) aktiv beteiligt. Gemeinsam mit der Technische Hochschule Nürnberg und der Energieagentur Nordbayern GmbH sowie weiteren Kommunen wurde die Marktdurchdringung von Anlagen der Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK) untersucht. Im Rahmen des Projektes wurde ein „TriMa-Onlinetool“ entwickelt, das eine schnelle Abschätzung der Wirtschaftlichkeit von verschiedenen Energieversorgungsvarianten ermöglicht. Dabei wird auf Grundlage weniger Eingabedaten (Energieverbrauch, Energiepreise, ggf. zusätzlich Lastgänge) ein Vergleich zwischen KWK- bzw. KWKK-Anlagen mit einer herkömmlichen ungekoppelten Energiewandlung (Heizkessel, elektrische Kompressionskältemaschine) vorgenommen.

Im Rahmen dieser Maßnahme „Einsatz des TriMa-Onlinetools“ können Industrie- und Gewerbebetriebe und größere öffentliche Liegenschaften (Verwaltungs- und Veranstaltungsgebäude, Gesundheitseinrichtungen) mit dem TriMa-Onlinetool analysiert werden. Diese Beratungsoffensive kann relativ schnell geeignete Unternehmen und Liegenschaften ermitteln, die anschließend in Vor-Ort-Begehungen genauer untersucht werden (Maßnahme „Begehung von Industrie- und Gewerbebetrieben“). In Kooperation mit der infra fürth gmbh könnte auf Lastgangdaten (Strom, Erdgas) für den TriMa-Expertencheck zurückgegriffen werden.

Kostenrahmen / CO₂-Minderungspotenzial / Energiekosten

Kostenrahmen	gering bis mittel
CO ₂ -Minderungspotenzial	hoch, bei Umstellung einer ungekoppelten Energieversorgung auf eine KWK- bzw. KWKK-Anlage
Reduktion Energiekosten	mittel bis hoch, wenn das Energieverhaltensverhalten für einen KWK- oder KWKK-Einsatz geeignet ist
Regionale Wertschöpfung	relativ hoch, wenn die energetischen Maßnahmen unter Einbindung lokaler Handwerksbetriebe, Dienstleister bzw. Produkthersteller erfolgen

Zeithorizont / Priorität / Beteiligte

Zeithorizont	kurzfristig
Priorität	hoch
Beteiligte	infra fürth gmbh, Energieagentur Nordbayern GmbH, Technische Hochschule Nürnberg, Unternehmen, öffentliche Einrichtungen

8.1.18 Energieberatung und Fördermöglichkeiten für Privathaushalte

Inhalt und Beschreibung

Die Energiekosten für elektrischen Strom und Raumheizung nehmen bei Privathaushalten oftmals einen wesentlichen Anteil des Haushaltseinkommens in Anspruch und können v.a. einkommensschwache Haushalte übermäßig belasten. Die infra fürth gmbh unterstützt bereits mit unterschiedlichen Beratungsangeboten oder Fördermaßnahmen die Privathaushalte:

- „Sparen für Geringverdiener“ als kostenfreier Stromspar-Check für einkommensschwache Personen und Haushalte in Zusammenarbeit mit der „Kirchlichen Beschäftigungsinitiative e.V.“ (mit Einbau von Energiesparartikeln im Wert von bis zu 70 Euro)
- „Energiesparservice für alle Mieter“ (als kostenfreies Angebot für alle Mieter)
- Informationsbereich auf der infra fürth gmbh-Internetseite „Virtuelles Beratungszentrum/Virt. Haus“

Daneben gibt es finanzielle Zuschüsse für die Errichtung von PV-Anlagen (Förderprogramm „fürthsolar plus“) und Solarthermieanlagen. U.U könnte im Förderprogramm eine (temporäre) Ergänzung erfolgen:

- Förderung des Austauschs alter Heizungspumpen gegen Effizienzpumpen (für Gas- und Fernwärmekunden der infra fürth gmbh)

Bei der Energieberatung könnte eine Zusammenarbeit mit einem Mieterverein bzw. Mieterbund erfolgen, um auch technische und rechtliche Aspekte bei der Energiekostenabrechnung zu klären.

Kostenrahmen / CO₂-Minderungspotenzial / Energiekosten

Kostenrahmen	mittel
CO ₂ -Minderungspotenzial	mittel bis hoch durch umgesetzte Effizienzmaßnahmen und optimiertes Nutzerverhalten im Energieeinsatz
Reduktion Energiekosten	mittel bis hoch durch umgesetzte Effizienzmaßnahmen und optimiertes Nutzerverhalten im Energieeinsatz
Regionale Wertschöpfung	relativ hoch, wenn die Maßnahmen unter Einbindung lokaler Handwerksbetriebe, Dienstleister bzw. Produkthersteller erfolgen

Zeithorizont / Priorität / Beteiligte

Zeithorizont	kurzfristig
Priorität	hoch
Beteiligte	infra fürth gmbh, Energieberater, Kirchliche Beschäftigungsinitiative e.V., Mieterbund/Mieterverein, Amt für Soziales der Stadt Fürth

8.1.19 Konzeptausschreibung zur energetischen Qualität bei Bauvorhaben

Inhalt und Beschreibung

Größere Bauvorhaben werden in Kommunen manchmal über das Kriterium des Preises an Projektentwickler vergeben. Dies schränkt Möglichkeiten der ökologischen Optimierung im Bauvorhaben ein. Sinnvoller ist die Vergabe im Rahmen einer sog. „Konzeptausschreibung“, die mehrere Bewertungskriterien zulässt. Sie erhöht damit den Gestaltungsspielraum der Kommune, wobei auch die Kreativität der Dienstleister in ökonomischer und ökologischer Hinsicht einfordert wird.

Zuerst ist i.d.R. ein entsprechender Stadtratsbeschluss über die Änderung der Ausschreibungsmodalitäten erforderlich. Diese müssten in Zukunft von den Dienststellen umgesetzt werden. Wenn bei einer Konzeptumsetzung positive Effekte für die Umwelt stärker berücksichtigt werden können, hat dies volkswirtschaftlich gesehen einen positiven Kosten-Nutzen Effekt.

Kostenrahmen / CO₂-Minderungspotenzial / Energiekosten

Kostenrahmen	mittel relativ gering, da es sich nur um eine Veränderung der Ausschreibungsmodalitäten handelt
CO ₂ -Minderungspotenzial	nur indirekt
Reduktion Energiekosten	indirekt durch verbesserte energetische Bauqualität gegenüber dem Standardfall
Regionale Wertschöpfung	indirekt, tendenziell hoch durch erhöhten energetischen Standard für Baumaßnahmen und Einbindung lokaler Handwerksbetriebe

Zeithorizont / Priorität / Beteiligte

Zeithorizont	mittelfristig
Priorität	hoch
Beteiligte	Stadt Fürth (Stadtrat, Rechtsamt, Vergabeamt), Projektentwickler

8.1.20 Umweltbildung an Schulen

Energie- und Wasserspar-Projekte zum umweltbewussten Verhalten

Inhalt und Beschreibung

Ein Projekt zur Umweltbildung an Schulen, wie es beispielsweise die Stadt Nürnberg als Projekt „Keep Energy in Mind“ (KEiM) durchführt, soll die Einsparung von Energie und Wasser zum Ziel haben. Das Projekt wurde mit dem „Energiepreis 2018“ des Bayerischen Wirtschaftsministeriums ausgezeichnet.

Als Ergänzung der bereits bestehenden Angebote der Stadt Fürth zum Themenbereich „Energiesparen an Schulen“ soll das Projekt einerseits eine Bewusstseinsbildung hinsichtlich energierelevanter Verhaltensweisen bei den Schülerinnen und Schülern, Hausmeistern und Lehrern an Schulen bewirken. Damit soll in der Folge ein energiebewusstes Verhalten auch im außerschulischen Bereich gefördert werden. Andererseits können die Schulen durch ein Bonussystem zu tatsächlichen Energieeinsparungen angehalten werden und somit die Energie- und Wasserkosten auch für die Stadt Fürth als Sachaufwands-träger reduzieren.

Kostenrahmen / CO₂-Minderungspotenzial / Energiekosten

Kostenrahmen	gering (Personalaufwand)
CO ₂ -Minderungspotenzial	hoch, durch bewusstes Nutzerverhalten
Reduktion Energiekosten	hoch, durch bewusstes Nutzerverhalten
Regionale Wertschöpfung	hoch, wenn auch investive Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz erfolgen und durch lokale Unternehmen umgesetzt werden

Zeithorizont / Priorität / Beteiligte

Zeithorizont	kurzfristig
Priorität	hoch
Beteiligte	Stadt Fürth (Umweltamt), Schulen, eventuell externe Energieberater

Weitere Informationen Beispiel: KEiM Stadt Nürnberg (Stand Nov. 2018):
<http://www.nuernberg.de/internet/keim/>

8.2 Ausbau der dezentralen Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Die Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung auf Basis des umweltfreundlichen Energieträgers Erdgas hat im vorliegenden Energienutzungsplan hohe Priorität. Dabei ist neben dem Ausbau einer gebäudebezogenen Kraft-Wärme-Kopplung auch der Ausbau der bestehenden Fernwärmeversorgungen mit KWK im Fokus gewesen. Die EAN hat in mehreren Terminen gemeinsam mit der infra fürth gmbh überlegt, das große Fernwärmenetz im Südpark zu großen städtischen Verbrauchern auszubauen. Aktuell wird mit der Stadt Fürth über den Anschluss des nahe gelegenen Hardenberg Gymnasiums verhandelt. Des Weiteren wurde die etwas weiter entfernte Kiderlinschule untersucht. Besonders interessant ist das Schulareal rund um das Helene-Lange-Gymnasium. Allerdings sind dazu neben der Bahnlinie auch die U-Bahn der Linie 1 zu queren, was die Anschlusskosten deutlich erhöht. Aber auch der Anschluss unmittelbar angrenzender Wohnbebauung wurde untersucht. Im aktuellen Fernwärmenetz des Südparks sind zwei große KWK-Anlagen in Betrieb, die virtuell mit Bioerdgas betrieben werden und umweltfreundlich Wärme und Strom erzeugen. Durch einen Anschluss an die Fernwärme könnte ein deutlicher ökologischer Effekt erzielt werden.

Die Besonderheit in Fürth ist die virtuelle Nutzung von Bioerdgas aus dem Bio-Energie-Zentrum in Cadolzburg im Landkreis Fürth. Mit vielen Landwirten aus der Region wird umweltfreundlich Bioerdgas bereitgestellt, das über die Gasleitung (virtuell) in die großen Wärmesenken der Stadt Fürth transportiert und dort in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen in Strom und Wärme umgewandelt wird.

Neben diesen Themen sind aber auch einzelne gebäudebezogene KWK-Lösungen im Rahmen des Energienutzungsplans untersucht worden, wobei kommunale und denkmalgeschützte Gebäude berücksichtigt wurden. Dabei standen vor allem die kommunalen Gebäude im Fokus, die im Folgenden genauer untersucht werden.

8.2.1 KWK in kommunalen Gebäuden

Folgende Gebäude wurden für eine individuelle KWK-Lösung untersucht:

- Helene-Lange-Gymnasium
- Mittelschule Kiderlin Straße
- Historische Gebäude der städtischen WBG Fürth (Helmstraße; Theaterstraße)

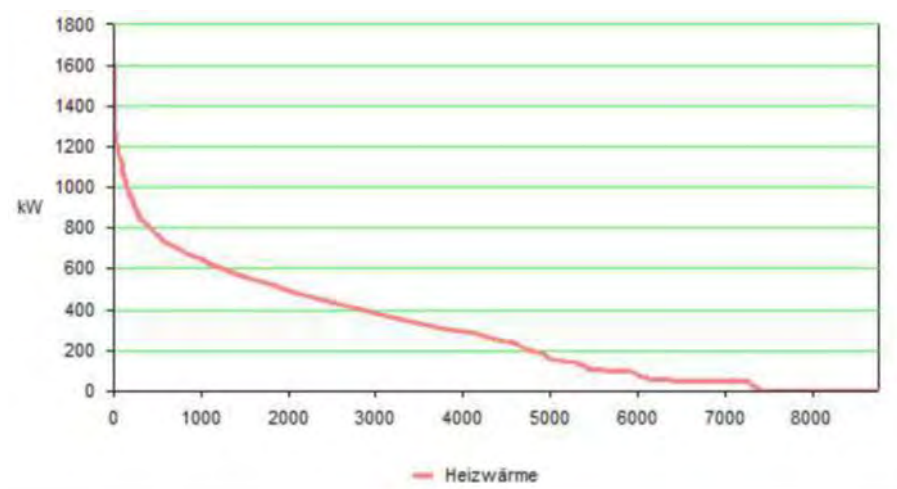
Für alle diese Beispiele wurde eine Simulation des Wärmebedarfs durchgeführt, darauf aufbauend eine sinnvolle KWK-Anlage dimensioniert und für den Versorgungsfall eine Wirtschaftlichkeitsanalyse durchgeführt.

Helene-Lange-Gymnasium

Rund um das Helene-Lange-Gymnasium (HLG) liegen mehrere Schulen (Leopold-Ullstein Realschule, Grundschule Maistraße), die sich für eine individuelle KWK-Lösung anbieten. Allerdings sollte vorab nochmals geprüft werden, ob der Anschluss an das Fernwärmenetz des Heizkraftwerkes in der Fronmüllerstraße möglich ist. Diese Variante ist energiepolitisch sinnvoller als eine individuelle KWK-Lösung. Auch wenn die Wärmenetzkosten zur Unterquerung der U-Bahn und der Bahnlinie schwer zu kalkulieren sind.

Für die Wärmeversorgung des Schulareals wurde der Gas- und Stromverbrauch von 36.000 Viertelstundenwerten der Schulen herangezogen und daraus eine geordnete Jahresdauerlinie für Strom und Wärme simuliert. Zuerst wird diese Jahresdauerlinie für Wärme dargestellt:

Abbildung 69: Jahresdauerlinie des Wärmeverbrauchs des Schulareals



Die maximale Wärmeleistung liegt bei 1.600 kW und wird in den kältesten Monaten Dezember oder Januar erreicht. Danach ist ein sehr starker Abfall der Jahresdauerlinie zu erkennen. Ab ca. 7.200 h ist keine Wärmelastanfrage zu erkennen, was nicht untypisch für Schulgebäude ist, obwohl ganzjährig eine Turnhalle mit Duschräumen genutzt wird.

Abbildung 70: Monatsverbräuche Strom des Schulareals



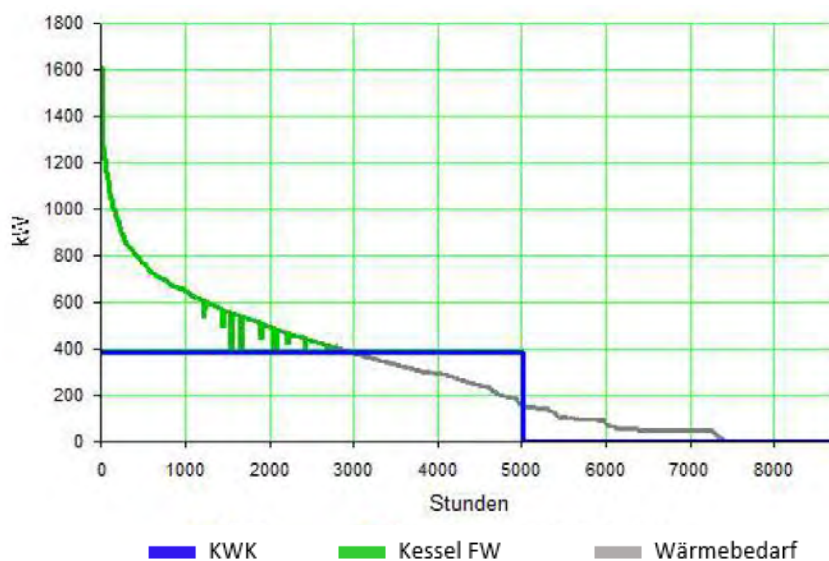
Neben der Analyse und Simulation des Wärmebedarfs ist für den Betrieb einer KWK-Anlage auch der Strombedarf im Schulareal entscheidend, da die KWK-Anlage nur dann wirtschaftlich rentabel betrieben werden kann, wenn sie einen großen Anteil Strombezug aus dem Versorgungsnetz verdrängen kann. Da die Auslegung der KWK-Anlage anhand der Wärmelast erfolgt, muss die Stromnachfrage nicht in einer geordneten Jahresdauerlinie dargestellt werden. Hier sind Monatswerte ausreichend. Nachfolgend wird die Monatsbilanz des Stromverbrauchs im Schulverbund dargestellt:

Auch bei der Stromnachfrage ist ein Absinken in den Sommermonaten erkennbar, allerdings nicht in dem im Wärmebereich vorliegenden Ausmaß. Gerade der August mit langen Tagen und der Ferienzeit liegt nachvollziehbarerweise unter allen anderen Monaten.

Auf Grundlage dieser Verbrauchscharakteristika im Wärme- und Strombereich werden in einem zweiten Simulationsschritt geeignete KWK-Anlagen simuliert. Die KWK-Anlage(n) müssen so ausgelegt werden, dass eine möglichst hohe Abdeckung der Wärme erfolgt, ohne zu große Leistungswerte der KWK-Anlage anzusetzen. Diese sogenannte Grundlastauslegung ergibt sich aufgrund der hohen Anschaffungsinvestition der KWK-Anlage. Für die Spitzenlast wird der bestehende Erdgaskessel weiterhin genutzt.

Aus dieser Herangehensweise ergibt sich für den Schulverbund folgende grafische Darstellung für die Einbindung einer geeigneten KWK-Anlage:

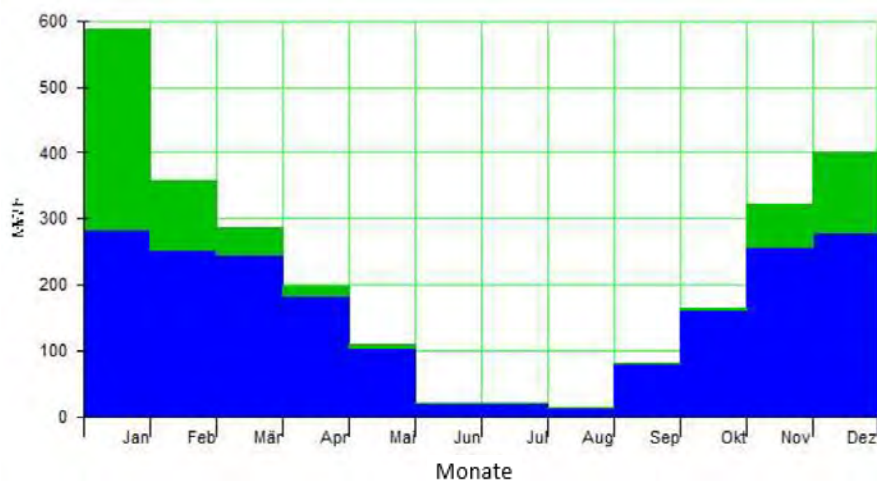
Abbildung 71: Jahresdauerlinie inkl. KWK



In der Jahresdauerlinie ist zu erkennen, dass die Leistung der KWK-Anlage auf 400 kW nur ca. 25 % der Spitzenlast ausmacht. Trotz dieser geringen Leistung kann über das gesamte Jahr über 75 % der Wärmebereitstellung durch die KWK-Anlage geliefert werden. Der Betrieb der KWK-Anlage kann wesentlich verbessert werden, indem ein geeigneter Speicher ins System integriert wird. Für die Speicher existieren Förderprogramme, um die Anfangsinvestition zu unterstützen.

In nachfolgender Grafik sind die einzelnen Monate des Jahres dargestellt und zwischen der Wärmebereitstellung aus KWK (blau) und Spitzenkessel (grün) unterschieden:

Abbildung 72: Monatsbilanz Wärme inkl. KWK



Im vorliegenden Lastfall ist vor allem der Januar ein Spitzenlastmonat, der untypischerweise deutlich über dem Wärmeverbrauch von Dezember und Februar liegt. Gut zu erkennen ist die minimale Auslastung der KWK-Anlage im Sommer. Dieser Schwachlastbetrieb ist nur mit einem ausreichend groß dimensionierten Speicher umzusetzen, um unnötige Taktung und Verschleiß des Motors zu verhindern.

Entscheidend für die nachfolgende Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist, wieviel elektrische Energie der KWK-Anlage in das Netz eingespeist wird und welcher Anteil im Schulverband selbst genutzt werden kann. Die Simulation zeigt, dass von den 663 MWh elektrischer Energie, die in der Schule pro Jahr benötigt werden, 500 MWh/a von der simulierten KWK-Anlage geliefert werden könnten. Dies entspricht ca. 65 %, was sich sehr positiv auf die nachfolgende Wirtschaftlichkeitsberechnung auswirkt.

Tabelle 13: Investitionen und Kosten KWK HLG, Ullsteinrealschule, Schule Maistraße

Investitionen abzgl. zu erwartender Förderzuschüsse für KWK HLG...	Investition	Nutzungszeit	Annuität Zins 2 %	Kosten pro Jahr
Gasspitzenkessel vorhanden	0	25	0,0512	0 €/a
KWK Erdgas 360 kWel	252.000	15	0,0778	19.612 €/a
Trafostation	75.000	25	0,0512	3.842 €/a
Reinvestition nach 30.000h für KWK-G Verlängerung, abgez.	119.900	15	0,0778	9.331 €/a
Einbindung in vorhandenes System	88.000	15	0,0778	6.849 €/a
Speicher für KWK	25.000	40	0,0366	914 €/a
Förderung für Speicher nach KWK-G	-2.500	100	0,0232	-58 €/a
Planung/Baunebenkosten 7% der Investition	39.200	30	0,0446	1.750 €/a
Gesamte Investitionen und Kosten	596.600			42.240 €/a

Die Analyse zeigt, dass aufgrund der Gutschriften für die eigenerzeugte und im Schulareal genutzte elektrische Energie (90.900 €) und der Förderung nach KWK-Gesetz (108.000 €) ein Wärmepreis resultiert, der mit 33,10 €/MWh (3,31 Cent/kWh) unter den Kosten des Energieträgers Erdgas für den

Spitzenkessel liegt. Eine vergleichende Wirtschaftlichkeitsrechnung der aktuell im Schulverbund genutzten Gasversorgung (Nutzung des Spitzenkessels) ist daher nicht notwendig, da sie im Vergleich zu dieser Lösung unrentabler sein muss. Somit ist eine dezentrale KWK-Lösung interessant und sollte eventuell genauer untersucht werden. Allerdings kommt dieses positive Ergebnis vor allem durch den hohen Wert bei der eigenerzeugten Strommenge. Dies sollte in einer Detailuntersuchung nochmals verifiziert werden.

Tabelle 14: Gesamte Jahreskosten KWK HLG, Ullsteinrealschule, Schule Maistraße

Kapitalkosten	42.240 €/a
Vollwartungsvertrag 14€/MWhel, bei 1.807 MWh/a	25.300 €/a
Kosten für Energieträger Erdgas KWK 4.251 MWh/a, 40€/MWh	170.040 €/a
Kosten für Energieträger Erdgas Spitzenkessel 729 MWh/a, 45,5€/MWh	33.170 €/a
Verdrängung eigenerzeugter Strom, 505 MWh/a	-90.900 €/a
EEG-Umlage für KWK-Strombereitstellung, 505 MWh/a, 26€/MWh	13.130 €/a
Förderung KWK-Gesetz für eingespeiste el. Energie, 60.000h	-108.014 €/a
Jahresgesamtkosten	84.966 €/a
Spezifische Wärmekosten bei 2.567 MWh/a	33,10 €/MWh

Mittelschule Kiderlin Straße

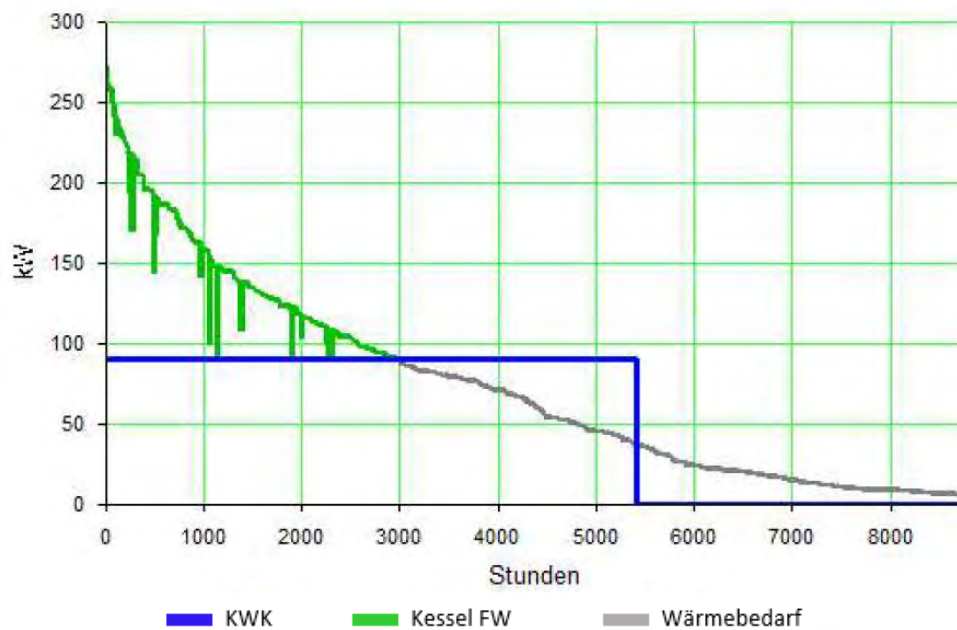
In der Kiderlinschule wird ebenfalls eine Versorgung mittels einer eigenen KWK-Anlage untersucht. Auch hier sollte vor Realisierung dieser Variante der Anschluss an das zentrale Fernwärmenetz im Südpark untersucht werden. Im Unterschied zum Areal rund um das Helene-Lange-Gymnasium sind dabei weder die Bahn noch die U-Bahn zu kreuzen.

Für die Kiderlinschule wurden die Verbrauchsprofile für Strom und Wärme anhand vorliegender Muster und den Jahresverbrauchswerten simuliert. Dabei wurden vorhandene Tageslastkurven herangezogen, die im thermischen Bereich durch folgende typische Tageslastgänge dargestellt werden:

- Sommer wochentags
- Sommer Wochenende
- Übergangszeit Wochentags
- Übergangszeit Wochenende
- Winter Wochentags
- Winter Wochenende

Werden diese typischen Verbrauchsprofile an den Jahreswärmeverbrauch angepasst, ergibt sich folgende Jahresdauerlinie der Wärme, wobei bereits eine sinnvoll dimensionierte KWK-Anlage einbezogen wurde:

Abbildung 73: Jahresdauerlinie Kiderlinschule inkl. KWK-Anlage



Es zeigt sich, dass der maximale Wärmebedarf in der Kiderlinschule mit ca. 270 kW deutlich niedriger als im Schulareal rund um das HLG liegt. Daher hat die KWK-Anlage eine thermische Leistung in Höhe von 90 kW_{th}. Die Anlage deckt mit 30 % der benötigten Spitzenleistung knapp 72 % des jährlichen Wärmebedarfs. Auch in der Kiderlinschule können durch die KWK-Anlage ca. 145 MWh/a der benötigten 181 MWh/a elektrischen Energie bereitgestellt werden, was sich auch in diesem Versorgungsfall positiv auf die Wirtschaftlichkeit auswirkt. Folgende Zahlen ergeben sich aufgrund der überschlägigen Wirtschaftlichkeitsrechnung:

Tabelle 15: Investitionen und Kosten KWK, Kiderlinschule

Investitionen abzgl. zu erwartender Förderzuschüsse für KWK HLG...	Investition	Nutzungszeit	Annuität Zins 2 %	Kosten pro Jahr
Gasspitzenkessel vorhanden	0	25	0,0512	0 €/a
KWK Erdgas 75 kW _{el}	112.500	15	0,0778	8.755 €/a
Reinvestition nach 30.000h für KWK-G Verlängerung, abgez.	54.300	15	0,0778	4.226 €/a
Einbindung in vorhandenes System	55.000	15	0,0778	4.280 €/a
Speicher für KWK	12.500	40	0,0366	457 €/a
Förderung für Speicher nach KWK-G	-1.250	100	0,0232	-29 €/a
Planung/Baunebenkosten 7% der Investition	16.400	30	0,0446	732 €/a
Gesamte Investitionen und Kosten	249.450			18.422 €/a

Tabelle 16: Gesamte Jahreskosten KWK Kiderlinschule

Kapitalkosten	18.420 €/a
Vollwartungsvertrag 14€/MWhel, bei 1.807 MWh/a	9.520 €/a
Kosten für Energieträger Erdgas KWK 4.251 MWh/a, 40 €/MWh	36.540 €/a
Kosten für Energieträger Erdgas Spitzenkessel 729 MWh/a, 45,5 €/MWh	5.360 €/a
Verdrängung eigenerzeugter Strom, 505 MWh/a	-25.128 €/a
EEG-Umlage für KWK-Strombereitstellung, 505 MWh/a, 26 €/MWh	3.630 €/a
Förderung KWK-Gesetz für eingespeiste el. Energie, 60.000 h	-21.450 €/a
Jahresgesamtkosten	26.892 €/a
Spezifische Wärmekosten bei 563 MWh/a	47,79 €/MWh

Die Analyse zeigt, dass aufgrund der Gutschriften für die eigenerzeugte und in der Schule genutzte elektrische Energie (25.128 €) und der Förderung nach KWK-Gesetz (21.450 €) ein Wärmepreis in Höhe von 47,8 € pro MWh resultiert. Zu beachten ist dabei, dass die Förderung nach KWK-G für 60.000 Betriebsstunden gezahlt wird. Daher musste in der Investitionsrechnung eine „Reinvestition nach 30.000 h für KWK-G Verlängerung berücksichtigt werden. Des Weiteren ist zu beachten, dass es sich bei den Preisen für Strom und Gas nicht um aktuelle Werte handelt, sondern um Schätzwerte für den Investitionszeitraum von 15-20 Jahren.

Eine vergleichende Wirtschaftlichkeitsrechnung der aktuell im Schulgebäude genutzten Gasversorgung (Nutzung des Spitzenkessels) kommt nach überschlägiger Berechnung auf 54,20 € pro Megawattstunde netto und liegt daher über dem Wärmepreis der KWK-Anlage. Vor einer Umsetzung dieser Maßnahme muss nochmals eine detaillierte Berechnung erfolgen, da auch in der Kiderlinschule sehr viel KWK-Strom in der Schule genutzt werden kann. Des Weiteren sollte der energiewirtschaftlich sinnvollere Anschluss an das große Wärmenetz der infra fürth gmbh nochmals untersucht werden.

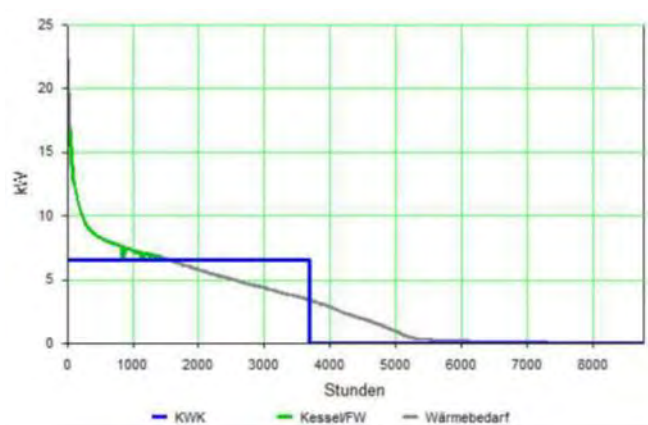
8.2.2 Klein-KWK im Denkmalschutz

In Fürth existiert eine Vielzahl historischer Gebäude. Daher wird im ENP untersucht, inwieweit bei diesen Gebäuden eine dezentrale Versorgung mit KWK sinnvoll umsetzbar ist. Dafür werden Gebäude im innerstädtischen Bereich exemplarisch herausgegriffen, die in Fürth häufig vertreten sind. Um auch die unterschiedlichen Nutzungs- und Verbrauchsstrukturen von Gewerbe und Wohngebäuden zu unterscheiden, werden jeweils ein Gebäude mit Wohn- und eines mit Gewerbenutzung untersucht. Auch bei diesen beiden Gebäuden ist keine Lastkurve des Strom- und Gasverbrauchs vorhanden, sodass diese simuliert werden müssen. Zuerst wird die Gewerbeimmobilie der WBG Fürth in der Theaterstraße betrachtet.

Historisches Gebäude (Denkmalschutz) Gewerbe Theaterstraße

Die Simulation des Wärmebedarfs des Gebäudes ergibt folgenden Verlauf, der in einer geordneten Jahresdauerlinie dargestellt wird. In der Abbildung ist bereits eine sinnvoll dimensionierte KWK-Anlage einbezogen:

Abbildung 74: Gewerbe Theaterstr., Jahresdauerlinie inkl. KWK-Anlage



Im Verlauf der Jahresdauerlinie ist der typische Rückgang des Wärmebedarfs (graue Linie) zu erkennen. Nach etwas mehr als 5.000 h ist nahezu kein Wärmebedarf mehr erkennbar, was für eine Gewerbenutzung nicht ungewöhnlich ist.

Im Vergleich zu den vorher untersuchten kommunalen Schulgebäuden ist der Wärme- und Stromverbrauch deutlich geringer, sodass auch die KWK-Anlagen sehr viel kleiner auszulegen sind. So wurde für die Theaterstraße eine Anlage mit 6,5 kW thermischer Leistung zugrunde gelegt. Dies führt zu spezifisch höheren Investitionen und investitionsabhängigen Kosten. Genaueres ist nachfolgend dargestellt:

Tabelle 17: Gewerbe Theaterstr., Investitionen und Kosten KWK

Investitionen abzgl. zu erwartender Förderzuschüsse für Gewerbe Theaterstr.	Investition	Nutzungszeit	Annuität Zins 4 %	Kosten pro Jahr
Platzbedarf KWK und Gasspitzenkessel	2.500	50	0,0466	116 €/a
Gasspitzenkessel	3.500	25	0,0640	244 €/a
Micro KWK Erdgas 2,6 kWel	14.000	15	0,0899	1.259 €/a
Förderung Mini KWK-Gesetz	-2.200	15	0,0899	-198 €/a
Einbindung in vorhandenes System	6.500	15	0,0899	585 €/a
Speicher für KWK ca. 500 Liter	1.000	40	0,0505	51 €/a
Förderung für Speicher nach KWK-G	-250	100	0,0408	-10 €/a
Planung/Baunebenkosten 7% der Investition	1.800	30	0,0578	104 €/a
Gesamte Investitionen und Kosten	26.850			2.131 €/a

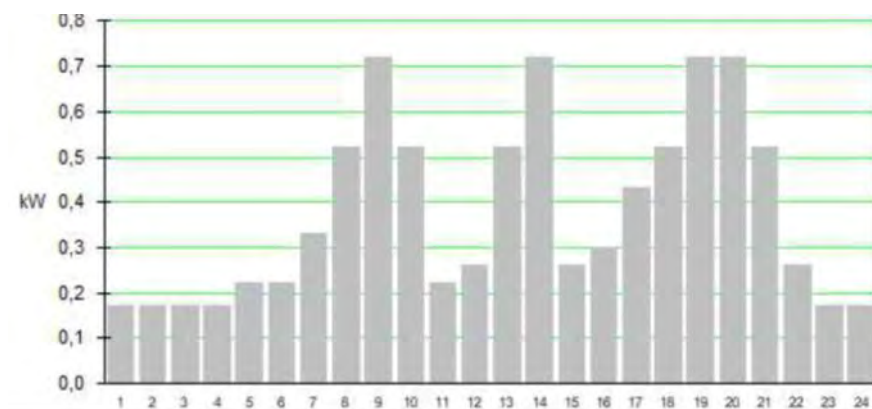
Die spezifischen Wärmekosten liegen mit 107,33 € pro Megawattstunde deutlich über den Werten bei den beiden kommunalen Schulgebäuden. Ein Vergleich mit der dezentralen Gasversorgung zeigt, dass diese zu Wärmekosten von 75,5 €/MWh führt und damit günstiger ist als die KWK-Lösung. Eine KWK-Lösung empfiehlt sich somit im Gewerbeobjekt der Theaterstraße nicht.

Tabelle 18: Gewerbe Theaterstr., gesamte Jahreskosten KWK

Kapitalkosten	2.130 €/a
Vollwartungsvertrag 4,5 Cent/kWhel, bei 9.600 kWh/a	430 €/a
Kosten für Energieträger Erdgas KWK 40.600 kWh/a, 4 Cent/kWh	1.620 €/a
Kosten für Energieträger Erdgas Spitzenkessel 3.300 kWh/a, 4,55 Cent/kWh	150 €/a
Verdrängung eigenerzeugter Strom, 1,1 MWh/a, 25 Cent/kWh	-273 €/a
EEG-Umlage für KWK-Strombereitstellung, Befreiung unter 10.000 kWh/a	0 €/a
Förderung KWK-Gesetz für bereitgestellte el. Energie	-820 €/a
Förderung KWK-Gesetz für eingespeiste el. Energie	-340 €/a
Jahresgesamtkosten	2.898 €/a
Spezifische Wärmekosten bei 27 MWh/a	107,33 €/MWh

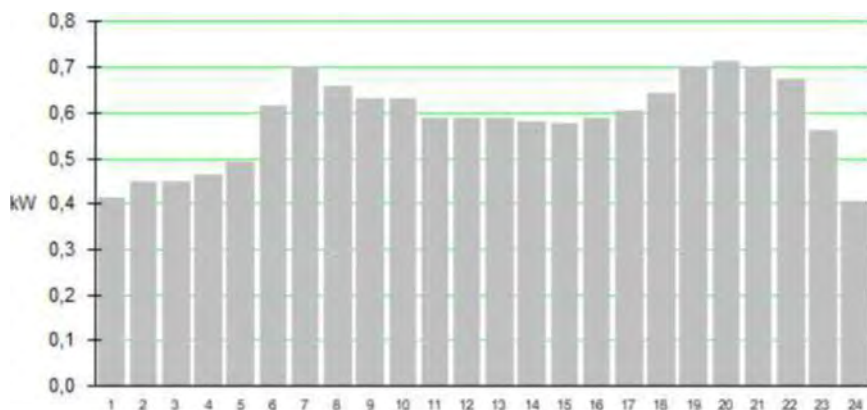
Historisches Gebäude Wohnnutzung Helmstraße

Neben der Simulation der Wärmelast der untersuchten Gebäude ist in beiden Fällen auch ein Stromverbrauch simuliert worden. Exemplarisch ist für das Gebäude ein Tageslastgang des Stromverbrauchs dargestellt, der für alle Verbrauchsfälle wochentags angesetzt wurde:

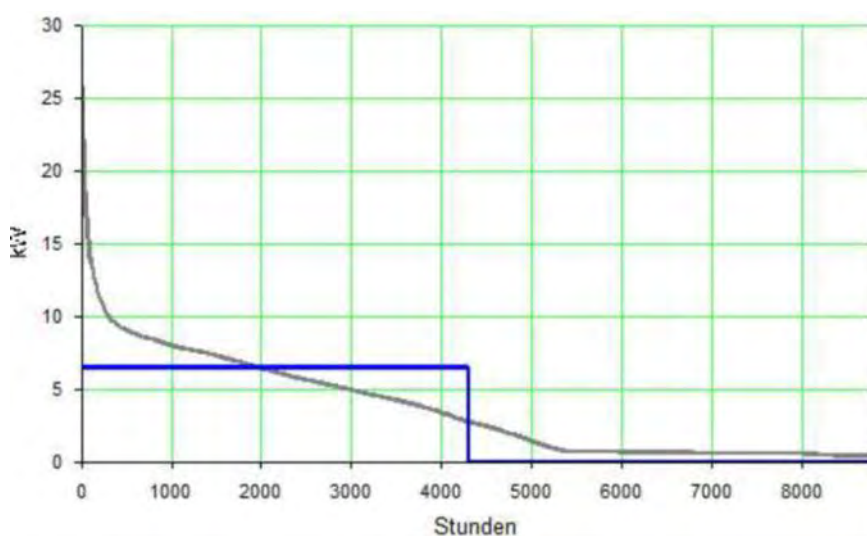
Abbildung 75: Wohngebäude Helmstr., Tageslastgang Strom, Wochentag

Zu erkennen ist die Grundlast in der Nacht, die ab ca. 5:00 Uhr leicht ansteigt und um 9:00 Uhr eine Spitze aufweist. Diese Spitzen wiederholen sich abgemildert um 14:00 Uhr und um 19:00/20:00 Uhr.

Für die Simulation des Wärmebedarfs wurden ebenfalls Tageslastgänge zugrunde gelegt, allerdings wurde im Wärmebereich zwischen Winter, Sommer, Übergangszeit, Wochentag und Wochenende unterschieden. Exemplarisch wird nachfolgend der Tageslastgang für den Winterwochentag dargestellt:

Abbildung 76: Wohngebäude Helmstr., Tageslastgang Wärme, Winter Wochentag

Nach der Simulation aller zugrunde gelegten Tageslastkurven ergibt sich der Wärmebedarf des Gebäudes. Dieser wird in der geordneten Jahresdauerlinie wie im Gebäude mit Gewerbenutzung dargestellt. Eine sinnvoll dimensionierte KWK-Anlage ist hier bereits einbezogen:

Abbildung 77: Wohngebäude Helmstr., Jahresdauerlinie inkl. KWK-Anlage

Auch hier ist der typische Rückgang des Wärmebedarfs (graue Linie) gut zu erkennen. Nach etwas mehr als 5.000 h ist im Vergleich zum Gewerbebeispiel ein höherer Wärmebedarf erkennbar, was auf den Warmwasserverbrauch für Waschen und Duschen zurückzuführen ist. Die KWK-Anlage kann deutlich länger betrieben werden als in dem Gebäude in der Theaterstraße. Dies liegt vor allem an dem höheren Warmwasserverbrauch im privaten Bereich.

Auch in der Helmstraße wurde eine KWK-Anlage mit 6,5 kW thermischer Leistung zugrunde gelegt. Dies führt zu folgenden Investitionen und Kosten:

Tabelle 19: Wohngebäude Helmstr., Investitionen und Kosten KWK

Investitionen abzgl. zu erwartender Förderzuschüsse für Wohngebäude Helmstr.	Investition	Nutzungszeit	Annuität Zins 4 %	Kosten pro Jahr
Platzbedarf KWK und Gasspitzenkessel	2.500	50	0,0466	116 €/a
Gasspitzenkessel	3.500	25	0,0640	244 €/a
Micro KWK Erdgas 2,6 kWel	14.000	15	0,0899	1.259 €/a
Förderung Mini KWK-Gesetz	-2.200	15	0,0899	-198 €/a
Einbindung in vorhandenes System	6.500	15	0,0899	585 €/a
Speicher für KWK ca. 500 Liter	1.000	40	0,0505	51 €/a
Förderung für Speicher nach KWK-G	-250	100	0,0408	-10 €/a
Planung/Baunebenkosten 7% der Investition	1.800	30	0,0578	104 €/a
Gesamte Investitionen und Kosten	26.850			2.131 €/a

Tabelle 20: Wohngebäude Helmstr., Gesamte Jahreskosten KWK

Kapitalkosten	2.130 €/a
Vollwartungsvertrag 4,5 Cent/kWhel, bei 11.100 kWh/a	500 €/a
Kosten für Energieträger Erdgas KWK 47.200 kWh/a, 4 Cent/kWh	1.890 €/a
Kosten für Energieträger Erdgas Spitzenkessel 4.900 kWh/a, 4,55 Cent/kWh	223 €/a
Verdrängung eigenerzeugter Strom, 1,1 MWh/a, 25 Cent/kWh	-275 €/a
EEG-Umlage für KWK-Strombereitstellung, Befreiung unter 10.000 kWh/a	0 €/a
Förderung KWK-Gesetz für bereitgestellte el. Energie	-940 €/a
Förderung KWK-Gesetz für eingespeiste el. Energie	-400 €/a
Jahresgesamtkosten	3.128 €/a
Spezifische Wärmekosten bei 32,4 MWh/a	96,54 €/MWh

Die spezifischen Wärmekosten liegen mit 96,54 € pro Megawattstunde unter dem Wert in der Theaterstraße, was an der längeren Laufzeit der KWK-Anlage und der damit verbundenen höheren Stromproduktion liegt. Allerdings zeigt ein Vergleich mit der dezentralen Gasversorgung, dass diese mit Wärmekosten in Höhe von 68 €/MWh günstiger ist, als die KWK-Lösung. Eine KWK-Lösung empfiehlt sich somit auch im Wohngebäude nicht.

8.3 Ausbau Fernwärme

Das größte Fernwärmenetz in Fürth befindet sich im Umgriff des Südstadtparks mit den Heizkraftwerken in der Fronmüllerstraße. Angrenzend an das Versorgungsgebiet gibt es kommunale Verbraucher und dichte Wohnbebauung. Für das unmittelbar angrenzende Hardenberg-Gymnasium wurde bereits ein Anschluss an die Fernwärme geplant. Die Möglichkeiten weitere Liegenschaften anzuschließen werden an Einzelbeispielen im Folgenden untersucht und dargestellt.

8.3.1 Fernwärmeversorgung Helene-Lange-Gymnasium

Das Helene-Lange-Gymnasium (HLG) ist im Wärmeverbund mit der Leopold-Ullstein-Realschule und der Grundschule Maistraße mit der größte Wärmeverbraucher innerhalb der kommunalen Liegenschaften. Ein Anschluss an die Fernwärme bedeutet daher eine massive Stärkung der Fernwärme innerhalb des kommunalen Heizungsmixes. Die benachbarte Mittelschule Otto-Seeling-Promenade hat eine neue regenerative Wärmeerzeugung und kommt für einen Fernwärmeanschluss nicht in Betracht. Aktuell wird ein Architektenwettbewerb für einen Teilneubau des Helene-Lange-Gymnasiums durchgeführt, der auch ein neues regeneratives Wärmekonzept beinhaltet. Da die Fernwärme der infra fürth gmbh überwiegend regenerativ erzeugt wird, könnte ein Fernwärmeanschluss eine ökologisch gleichwertige Alternative sein. Darüber hinaus würde eine Trassenführung nördlich der Bahnlinie für einen zukünftigen Fernwärmeausbau, in einem Gebiet mit einem hohen Anteil denkmalgeschützter Gebäude, neue Perspektiven eröffnen.

Abbildung 78: Helene-Lange-Gymnasium, Luftbild

Abbildung 79: Helene-Lange-Gymnasium, Trassenführung Fernwärme



Geobasisdaten © Bayerische Vermessungsverwaltung 2018

Die Trassenlänge vom Hardenberg-Gymnasium zum HLG beträgt ca. 1.100 m. Bei einer Versorgung der am Trassenverlauf angrenzenden Verbraucher erhöht sich die gesamte Länge der Wärmetrasse einschließlich der Anschlussleitungen auf 1.470 lfdm. Bei einem alleinigen Anschluss von HLG, Ullstein Realschule und Maischule ergibt sich eine Wärmebelegungsdichte von 2.300 kWh/m.

Als Wärmetrasse wurde die kürzeste Verbindung vom Hardenberg-Gymnasium über Kaiserstraße, Waldstraße, Ritterstraße und Jakobinerstraße gewählt. Die Querung der Bahnlinie und U-Bahn erfolgt im Bereich Ritterstraße/ Jakobinerstraße. Dieser Abschnitt der Wärmetrasse ist hinsichtlich der Realisierungsmöglichkeit und Erstellungskosten mit vielen Unwägbarkeiten behaftet. Eine genaue Aussage über Machbarkeit und Kosten lässt sich nur durch eine detaillierte Untersuchung vor Ort, mit Öffnung der betroffenen Bauteile (Fahrbahn, Gehweg, etc.) treffen. Dieser Aufwand ist im Rahmen dieser Studie nicht möglich. Um dennoch zu Ergebnissen zu kommen, wurde für die Querung von Bahn- und U-Bahntrasse, eine grundsätzliche Realisierbarkeit vorausgesetzt, zwei Kostenansätze gewählt, die einen unteren bzw. oberen Rahmen bilden können. Wobei selbst dies, nicht gewährleistet werden kann.

Neben den allgemeinen Trassenkosten von 700 € pro laufenden Meter wurden in der Variante I zusätzliche Kosten für die Querung von 100.000 € angesetzt und in der Variante II von 750.000 €.

Aus diesen Vorgaben ergeben sich folgende Jahresgesamtkosten für die beiden Varianten.

Tabelle 21: Helene-Lange-Gymnasium, Gesamte Jahreskosten Fernwärme; Var. I

Investitionen und Kosten Fernwärmeversorgung Helene-Lange-Gymnasium; Variante I				
Gesamte Investitionen abzüglich der zu erwartende Förderzuschüsse		Nutz- ungszeit	Annuität Zins 2,0%	Kosten pro Jahr
Gaskessel vorhanden	0	25	0,0512	0 €/a
Baukostenzuschuss Wärmenetz	639.000	40	0,0366	23.359 €/a
Hausanschluss	18.000	40	0,0366	658 €/a
Übergabestation	12.000	25	0,0512	615 €/a
Einbindung in vorhandenes System	6.000	25	0,0512	307 €/a
Planung / Baunebenkosten 7% der Investition	47.300	30	0,0446	2.112 €/a
Gesamte Investitionen und Kosten	722.300			27.051 €/a
Gesamte Jahreskosten				
Kapitalkosten			27.050 €/a	
Kosten Fernwärme Arbeitspreis (2.565 MWh/a)			213.150 €/a	
Kosten Fernwärme Grundpreis (1.100 kW)			48.240 €/a	
Jahresgesamtkosten			288.440 €/a	
spezifische Wärmekosten			112,45 €/MWh	

Tabelle 22: Helene-Lange-Gymnasium, Gesamte Jahreskosten Fernwärme; Var. II

Investitionen und Kosten Fernwärmeversorgung Helene-Lange-Gymnasium; Variante II				
Gesamte Investitionen abzüglich der zu erwartende Förderzuschüsse		Nutz- ungszeit	Annuität Zins 2,0%	Kosten pro Jahr
Gaskessel vorhanden	0	25	0,0512	0 €/a
Baukostenzuschuss Wärmenetz	1.289.000	40	0,0366	47.120 €/a
Hausanschluss	18.000	40	0,0366	658 €/a
Übergabestation	12.000	25	0,0512	615 €/a
Einbindung in vorhandenes System	6.000	25	0,0512	307 €/a
Planung / Baunebenkosten 7% der Investition	92.800	30	0,0446	4.144 €/a
Gesamte Investitionen und Kosten	1.417.800			52.844 €/a
Gesamte Jahreskosten				
Kapitalkosten			52.840 €/a	
Kosten Fernwärme Arbeitspreis (2.565 MWh/a)			213.150 €/a	
Kosten Fernwärme Grundpreis (1.100 kW)			48.240 €/a	
Jahresgesamtkosten			314.230 €/a	
spezifische Wärmekosten			122,51 €/MWh	

Selbst bei Variante I ist der Wärmepreis deutlich über den Kosten einer dezentralen Versorgung durch einen Erdgaskessel oder Erdgas KWK. Der Anteil der Kapitalkosten an den Gesamtkosten beträgt bei Variante I 9 % und bei Variante II 17 %. Entscheidend für die spezifischen Wärmekosten sind vor allem

die Verbrauchskosten (Grundpreis und Arbeitspreis).

Im unmittelbaren Umgriff der Wärmetrasse grenzen Gebäude mit einem Wärmebedarf von über 14.400 MWh an. Ein Anschluss dieser Gebäude würde die Trassenlänge auf 1.470 m erhöhen.

Tabelle 23: Helene-Lange-Gymnasium, Kosten Wärmenetz in Bezug zur Anschlussquote

Anschlussquote	0%	25%	50%	75%	100%
Fernwärme Angrenzer	0 MWh	3.600 MWh	7.200 MWh	10.800 MWh	14.400 MWh
Fernwärme HLG	2.565 MWh	2.565 MWh	2.565 MWh	2.565 MWh	2.565 MWh
Kosten I Wärmenetz	888.000 €	925.500 €	981.000 €	1.036.500 €	1.092.000 €
Kosten II Wärmenetz	1.538.000 €	1.575.500 €	1.631.000 €	1.686.500 €	1.742.000 €
Netzkosten I / MWh/a	346 €	150 €	100 €	78 €	64 €
Netzkosten II / MWh/a	600 €	256 €	167 €	126 €	103 €

Durch den Anschluss weiterer Abnehmer, bei einer moderaten Erhöhung der Trassenkosten würden sich die spezifischen Anschlusskosten deutlich reduzieren.

Berücksichtigt man neben dem Anschluss der drei Schulen (Wärmebelegungsichte von 2.300 kWh/lfdm) auch die angrenzende Bebauung, erhöht sich die Wärmebelegungsichte signifikant. So ergibt sich bei einer Anschlussquote von 50 % eine durchschnittliche Wärmebelegungsichte von 7.600 kWh/lfdm und bei einer (theoretischen) Anschlussquote von 100 % eine durchschnittliche Wärmebelegungsichte von über 11.500 kWh/lfdm.

Aus Klimaschutzaspekten ist ein Anschluss an die Fernwärme auf jeden Fall empfehlenswert. So verringern sich die CO₂-Emissionen bei einem Anschluss an die Fernwärme um 72 % und die THG Emissionen um 69 %.

Die nachfolgenden Grafiken beschreiben den Rückgang der Emissionen der Angrenzer der Fernwärmetrasse entsprechend ihrer Anschlussquote an die Fernwärmeversorgung

Tabelle 24: Helene-Lange-Gymnasium, CO₂-Emissionen in Abhängigkeit zur Anschlussquote

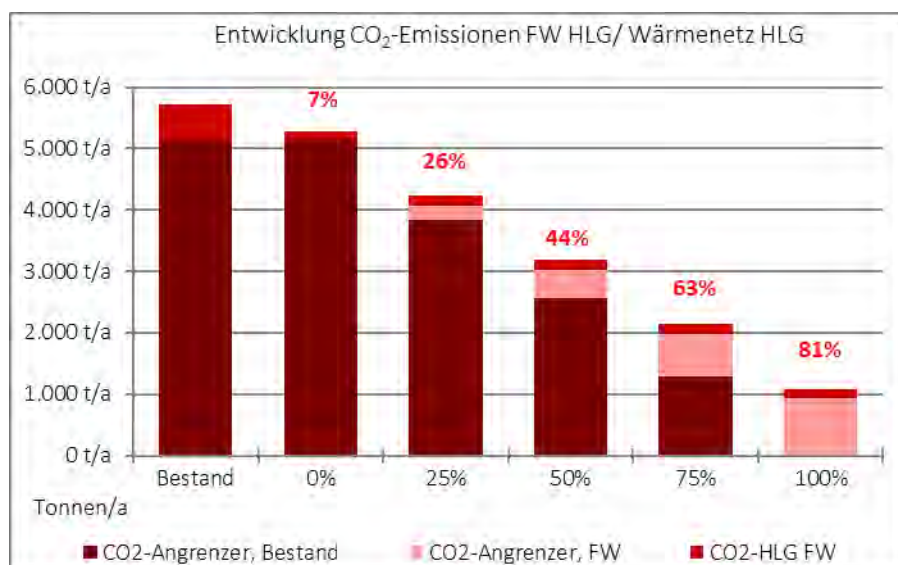
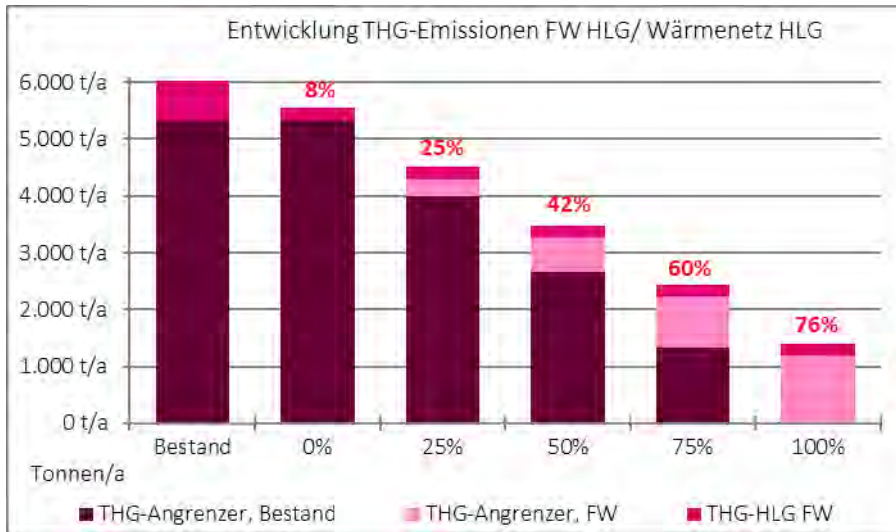


Tabelle 25: Helene-Lange-Gymnasium, THG-Emissionen in Abhängigkeit zur Anschlussquote



8.3.2 Fernwärmeversorgung Mittelschule Kiderlinstraße

Die Kiderlinschule besteht aus drei Baukörpern, dem 2014 komplett saniertem Altbau, in Ost-West-Richtung entlang der Kiderlinstraße, dem ebenfalls 2014 errichteten Neubau in Nord-Süd-Richtung und der unsanierten Turnhalle parallel zum Neubau. Alle drei Gebäudeteile werden von einer Erdgaszentralheizung versorgt. Verschiedene Anlagenteile davon bedürfen dringend der Erneuerung. Die Kiderlinschule ist östlich vom großen Wärmenetz der infra fürth gmbh in der Südstadt gelegen. Ein Anschluss wäre über die Jahnstraße ist relativ einfach möglich.

Abbildung 80: Mittelschule Kiderlinstraße, Luftbild



Geobasisdaten © Bayerische Vermessungsverwaltung 2018

Abbildung 81: Mittelschule Kiderlinstraße, Trassenführung Fernwärme



Die Länge der Fernwärmetrasse ab dem Anschlusspunkt in der Steubenstraße beträgt 210 m, die Anschlussleitung auf dem Schulgelände nochmal 75 m. Als Kosten für die Wärmeleitung können ca. 170.000 € angesetzt werden. Davon können 70 % dem Anschlussnehmer als Baukostenzuschuss in Rechnung gestellt werden, dies wären 133.200 €.

Tabelle 26: Kiderlinschule, Gesamte Jahreskosten Fernwärme

Investitionen und Kosten Fernwärmeversorgung Kiderlinschule				
Gesamte Investitionen abzüglich der zu erwartende Förderzuschüsse		Nutzungszeit	Annuität Zins 2,0%	Kosten pro Jahr
Gaskessel vorhanden	0	25	0,0512	0 €/a
Baukostenzuschuss Wärmenetz	88.200	40	0,0366	3.224 €/a
Hausanschluss	45.000	40	0,0366	1.645 €/a
Übergabestation	8.000	25	0,0512	410 €/a
Einbindung in vorhandenes System	4.000	25	0,0512	205 €/a
Planung / Baunebenkosten 7% der Investition	10.200	30	0,0446	455 €/a
Gesamte Investitionen und Kosten	155.400			5.939 €/a
Gesamte Jahreskosten				
Kapitalkosten			5.940 €/a	
Kosten Fernwärme Arbeitspreis (585 MWh/a)			46.790 €/a	
Kosten Fernwärme Grundpreis (260 kW)			11.400 €/a	
Jahresgesamtkosten			64.130 €/a	
spezifische Wärmekosten			113,91 €/MWh	

Die Jahresgesamtkosten und spezifischen Kosten liegen deutlich über den Kosten einer Einzelversorgung durch einen Erdgaskessel oder einer Versorgung durch dezentrale KWK. Aus ökonomischen Aspekten drängt sich ein Anschluss an die Fernwärme nicht auf. Entscheidend sind hier vor allem die Verbrauchskosten (Grundpreis und Arbeitspreis), die Kapitalkosten spielen mit einem Anteil von knapp 10 % insgesamt eine eher untergeordnete Rolle.

Im unmittelbaren Umgriff der Wärmeleitung befinden sich Wohngebäude mit einem jährlichen Wärmebedarf von über 3.900 MWh.

Tabelle 27: Kiderlinschule, Kosten Wärmetrasse in Bezug zur Anschlussquote

Anschlussquote	0%	25%	50%	75%	100%
Fernwärme Angrenzer	0 MWh	986 MWh	1.971 MWh	2.957 MWh	3.942 MWh
Fernwärme Kiderlinschule	563 MWh	563 MWh	563 MWh	563 MWh	563 MWh
Kosten Wärmenetz	171.000 €	210.000 €	228.000 €	246.000 €	264.000 €
Netzkosten/ MWh/a	304 €	136 €	90 €	70 €	59 €

Durch den Anschluss weiterer Abnehmer, bei einer moderaten Erhöhung der Trassenkosten würden sich die spezifischen Anschlusskosten deutlich reduzieren.

Berücksichtigt man nur einen Anschluss der Kiderlinschule ergibt sich eine Wärmebelegungsichte von 2.000 kWh/lfdm, bei einer Anschlussquote von 50 % erhöht sich die durchschnittliche Wärmebelegungsichte bereits auf 6.700 kWh/lfdm und bei einer (theoretischen) Anschlussquote von 100 % liegt die durchschnittliche Wärmebelegungsichte bei über 10.000 kWh/lfdm.

Aus Klimaschutzaspekten ist ein Anschluss an die Fernwärme auf jeden Fall empfehlenswert. Bei einem Anschluss der Kiderlinschule an die Fernwärme verringern sich die CO₂-Emissionen der Kiderlinschule um 75 % und die THG Emissionen um 72 %.

Die nachfolgenden Grafiken beschreiben den Rückgang der Emissionen der Angrenzer der Steubenstraße entsprechend dem Anteil der Fernwärmeversorgung zusätzlich zur Kiderlinschule.

Tabelle 28: FW Kiderlinschule/ Steubenstraße, CO₂-Emissionen in Abhängigkeit zur Anschlussquote

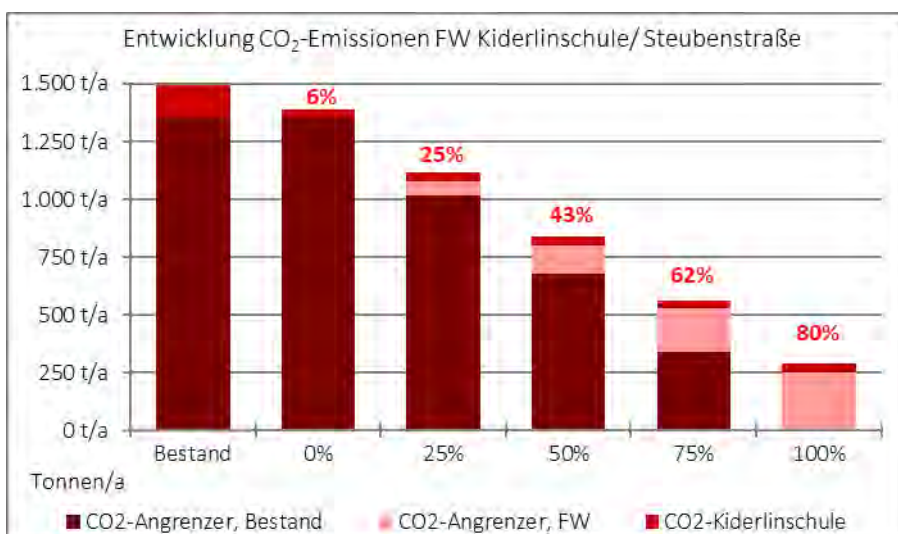
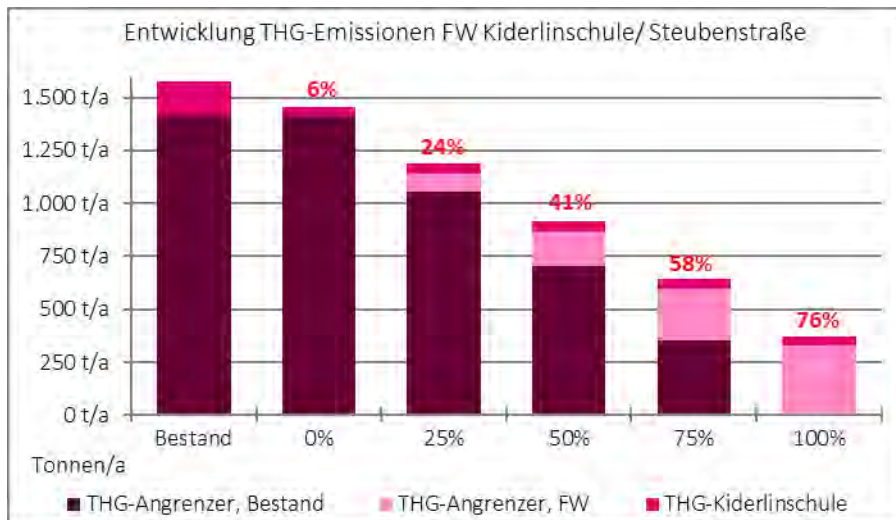


Tabelle 29: FW Kiderlinschule/ Steubenstraße, THG-Emissionen in Abhängigkeit zur Anschlussquote

8.3.3 Fernwärmeversorgung Geschosßwohnungsbau Herrnstraße

Ausgangslage

Im Bereich Herrnstraße und Kaiserstraße befindet sich verdichteter Wohnungsbau eines Wohnungsunternehmens. Das vorhandene Fernwärmenetz der infra fürth gmbh erschließt aktuell dieses Gebiet noch nicht. Eine Erweiterung bis zum Hardenberg-Gymnasium steht jedoch an, sodass sich die Frage nach den Anschlussmöglichkeiten von weiteren Gebäuden stellt. In diesem Zusammenhang wurde diese Möglichkeit für die Gebäudezeile in der Herrnstraße untersucht.

Abbildung 82: Luftbild Geschosßwohnungsbau Bereich Herrnstraße, Kaiserstraße

Geobasisdaten © Bayerische Vermessungsverwaltung 2018

Die betreffenden Wohngebäude wurden in den 40er bzw. 50er Jahren errichtet. Die Gebäude bestehen aus Erdgeschoß und drei Obergeschossen, das Dachgeschoss ist nicht ausgebaut. Der Keller und das Dachgeschoss gehören nicht zum beheizten Gebäudevolumen. Die Wohnfläche beträgt ca. 3.700 m² verteilt auf 80 Wohnungen. Die Heizwärmeerzeugung erfolgt zentral durch einen Erdgaskessel. Die Warmwassererzeugung erfolgt wohnungsweise mittels Durchlauferhitzer. Der Erdgaskessel ist ca. 30 Jahre alt. In nächster Zukunft sind die Dämmung der Fassade, der Austausch der Fenster und die Erneuerung der Heizungsanlage geplant.

Sanierungskonzept

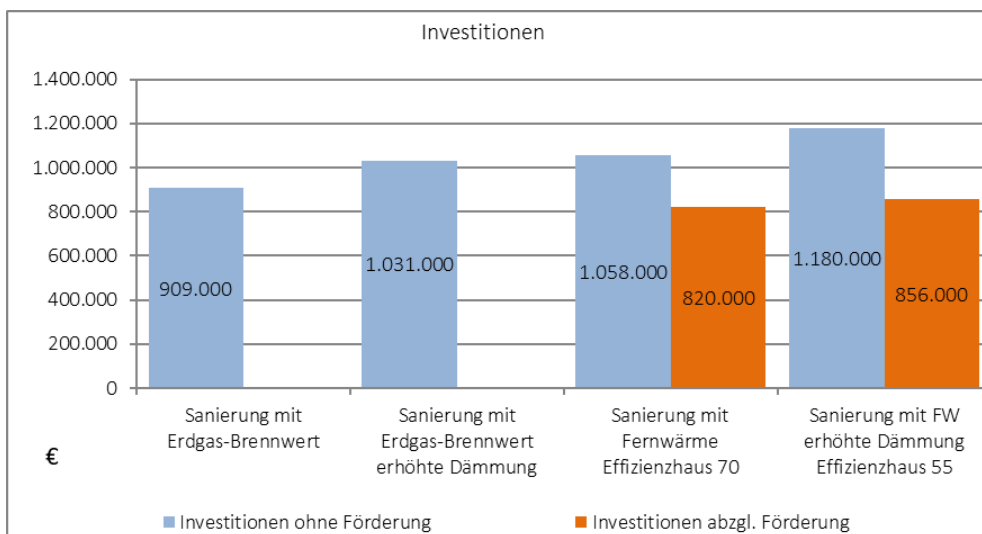
Für eine mögliche energetische Sanierung des Gebäudes werden zwei Effizienzstandards verglichen. Als Wärmeerzeugung wird jeweils der Austausch des Erdgaskessels durch einen Erdgas-Brennwertkessel angesetzt und alternativ der Anschluss des Gebäudes an die vorhandene Fernwärme.

Tabelle 30: Dämmstandards Sanierung MFH Herronstr.

	Fenster		Fassade	
	Maßnahme	U-Wert	Maßnahme	U-Wert
Sanierung 1	3-fach Verglasung	0,9 W/m ² K	WDVS 12 cm	0,23 W/m ² K
Sanierung 2: erhöhte Dämmung	3-fach Verglasung	0,9 W/m ² K	WDSV 26 cm	0,12 W/m ² K

Bei umfangreichen Sanierungsmaßnahmen mit Erneuerung der Heizungsanlage ist ein hydraulischer Abgleich des Wärmeverteilnetzes notwendig und bei Inanspruchnahme von Fördermittel auch vorgeschrieben. Dies wurde bei der Kostenermittlung berücksichtigt.

Abbildung 83: Sanierungskonzept Wohnungsbau Herrnstraße, Investitionen



Aufgrund des Primärenergiefaktors von 0 für die Fernwärme können bei den Varianten mit Fernwärme die Anforderungen der KfW für die Effizienzhäuser 70 bzw. 55 erreicht und die entsprechenden

Zuschüsse eingefordert werden. Bei den Sanierungsvarianten mit Erdgasbrennwertkessel werden die Anforderungen nicht erreicht. Selbst ein KfW-Effizienzhaus 115 ist bei dieser Versorgung nicht möglich.

Beim KfW Effizienzhaus 70 beträgt der Zuschuss zu den Investitionen 22,5 %, beim KfW- Effizienzhaus 55 beträgt er 27,5 %. Die Zuschüsse beziehen sich auch auf den Baukostenzuschuss für die Fernwärme sodass, trotz der zusätzlichen Kosten die Investitionen für die Fernwärmevarianten niedriger sind, als bei einer Versorgung mit Erdgasbrennwert.

Abbildung 84: Sanierungskonzept Wohnungsbau Herrnstraße, Energieeinsparung

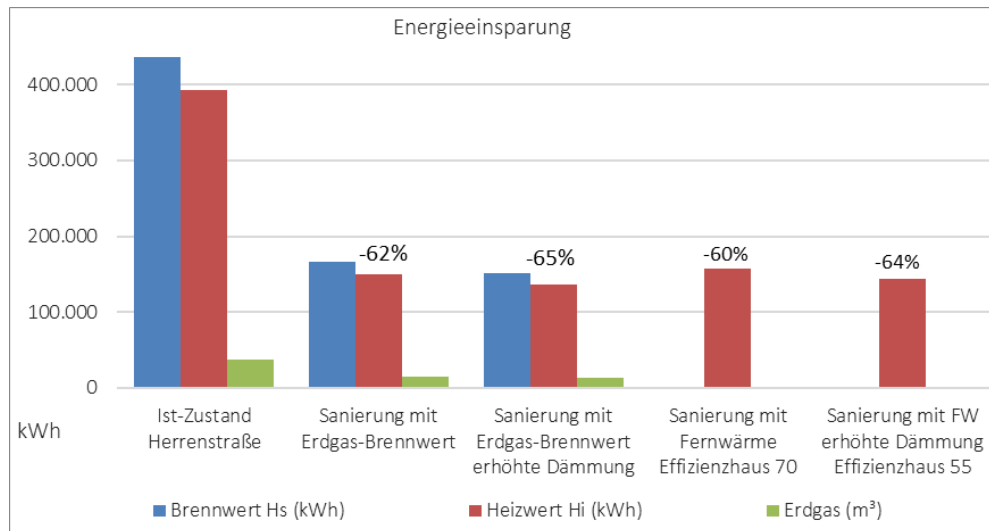
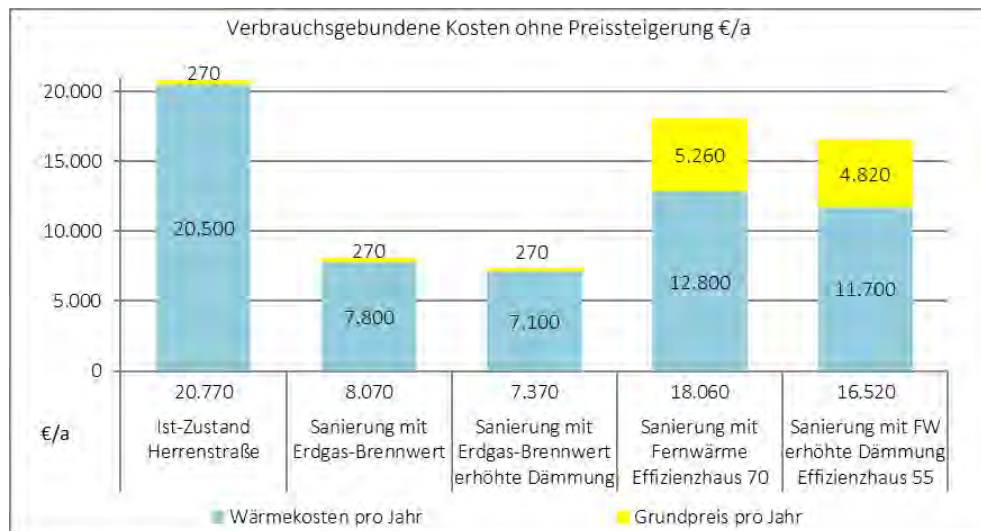
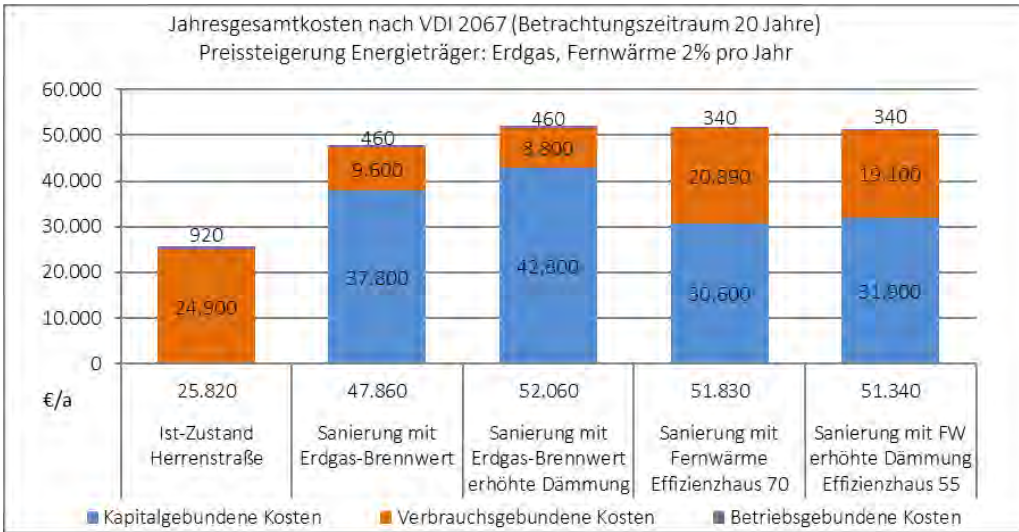


Abbildung 85: Sanierungskonzept Wohnungsbau Herrnstraße, Verbrauchskosten



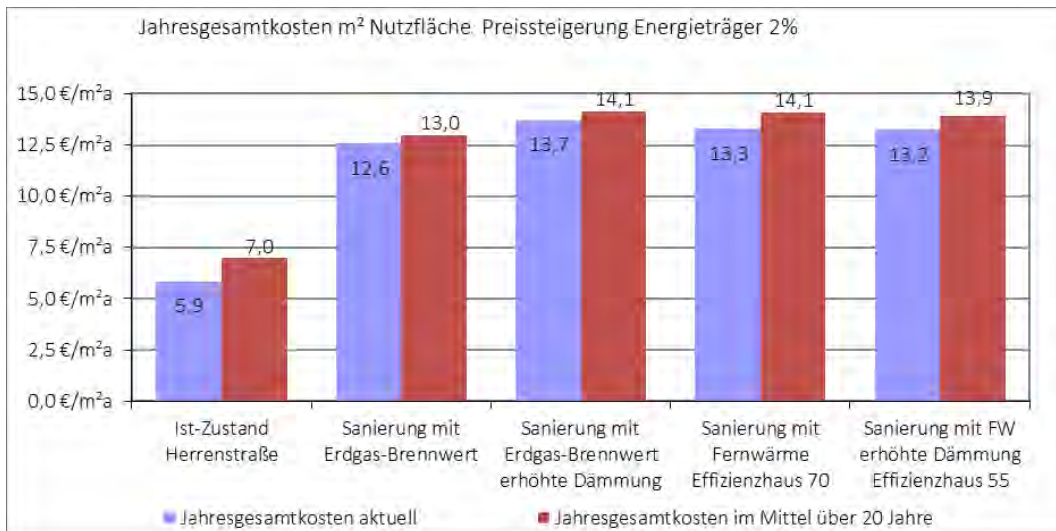
Die Verbrauchskosten der Erdgasvariante liegen aufgrund der deutlich niedrigeren Grundkosten und Wärmekosten der Erdgasversorgung weit unter den Kosten der Fernwärmeversorgung.

Abbildung 86: Sanierungskonzept Wohnungsbau Herrnstraße, Gesamtkosten

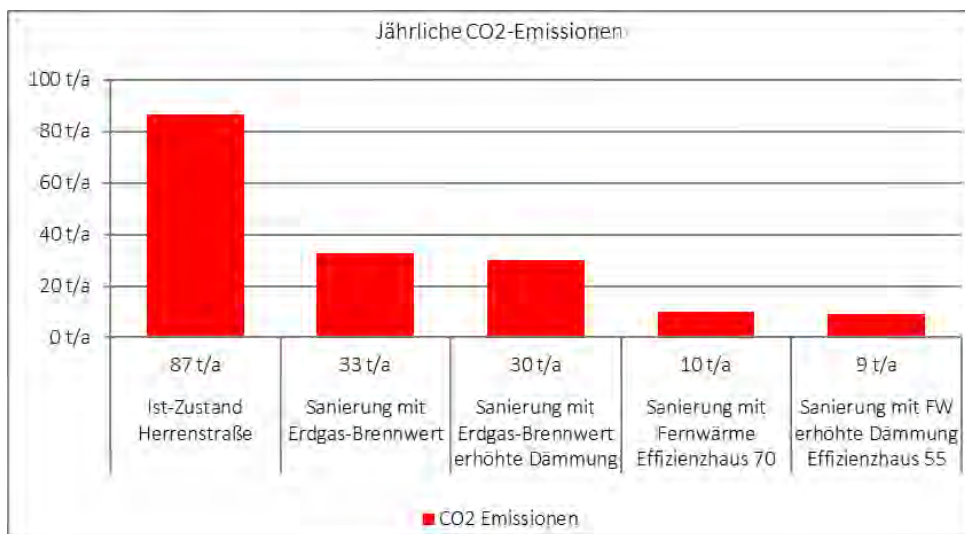
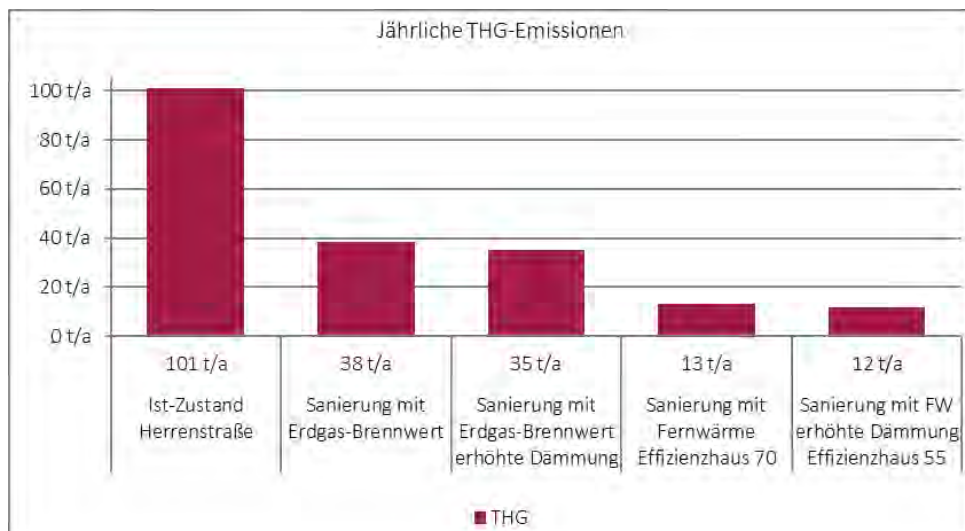


Die Kapitalkosten liegen bei dem Anschluss an die Fernwärme weit unter den Kosten der Erdgasversorgung, während die Verbrauchskosten bei der Fernwärmeversorgung deutlich höher sind, die Betriebskosten sind bei beiden Versorgungsvarianten nicht relevant. Bei einer Gesamtbetrachtung ergibt sich bei der energetisch hochwertigen Sanierung ein geringer ökonomischer Vorteil für eine Versorgung mit Fernwärme. Bei einem geringeren Dämmstandard ist eine Versorgung durch einen Erdgas-Brennwertkessel günstiger.

Abbildung 87: Sanierungskonzept Wohnungsbau Herrnstraße, Gesamtkosten je m² Nutzfläche



Bei der Betrachtung der ökologischen Aspekte ergibt sich ein deutlicher Vorteil zugunsten eines Anschlusses an die Fernwärme. Durch den Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung und Biogas entstehen bei der Fernwärme deutlich niedrigere Emissionen als bei einer Erdgas-Brennwertversorgung.

Abbildung 88: Sanierungskonzept Wohnungsbau Herrnstraße, CO₂-Emissionen**Abbildung 89: Sanierungskonzept Wohnungsbau Herrnstraße, THG-Emissionen**

Ergebnis

Die niedrigeren Investitionen und Finanzierungskosten durch die Inanspruchnahme von Fördermitteln der KfW bei der Fernwärme können die höheren spezifischen Verbrauchskosten aktuell nur bei energetisch hochwertigen Sanierungen ausgleichen. Ansonsten entstehen bei einer Gesamtbetrachtung für die Fernwärmeversorgung höhere jährliche Kosten als bei einer dezentralen Versorgung mit Erdgasbrennwertkesseln. Aus ökologischen Gesichtspunkten und zur Erreichung der Klimaziele ist eine Fernwärmeversorgung eine empfehlenswerte Option.

8.4 Begehung kommunaler Liegenschaften

Die Höhe des Energieverbrauchs kommunaler Liegenschaften ist bezüglich des Gesamtverbrauchs der Stadt Fürth eher nachgeordnet. Da die Kommune jedoch direkten Einfluss auf die Liegenschaften hat und Effizienzmaßnahmen durchführen kann, kommt diesen Liegenschaften eine besondere Bedeutung zu. Der energetische Standard der kommunalen Gebäude hat immer auch Vorbildcharakter, da die Gebäude oft, als Ämtergebäude, Schulen oder Kindergärten vielen Bürgern offenstehen. Hohe Effizienzstandards und gelungene Sanierungen bei diesen Gebäuden haben eine deutlich höhere Breitenwirkung als Maßnahmen bei privaten oder gewerblichen Gebäuden, die der Öffentlichkeit nicht zugänglich sind.

Im Rahmen dieses Energienutzungsplans wurde in fünf kommunalen Liegenschaften eine Kurzbegehung durchgeführt, um die Effizienzpotenziale abzuschätzen und niedrig investive Maßnahmen aufzuzeigen.

8.4.1 Begehung Grundschule Friedrich-Ebert-Straße

Die Grundschule in der Friedrich-Ebert-Straße wurde am 23.01.2017 begangen. Teilnehmer waren Herr Trubanisch (Hausmeister), Herr Stenglein (Energieagentur Nordbayern), Herr Seitz (Energieagentur Nordbayern). Die Schule wird als Ganztageschule (Nutzungszeiten 08:00 – 17:00) betrieben. Die Turnhalle wird von Vereinen bis 22:00 Uhr genutzt. Die Erschließung der Schule erfolgt über einzelne Treppenhäuser an denen jeweils zwei Klassenzimmer pro Stockwerk sowie Sanitärräume liegen. Eine Erschließung über Flure gibt es nicht, sodass die Klassenräume auf zwei Seiten Fenster haben.

Der „Energiebericht städtischer Gebäude 2016“ (Seite 30/32) weist für die Grundschule Friedrich-Ebert-Straße einen Stromverbrauch von 14 MWh bzw. Wärmeverbrauch von 901 MWh für das Jahr 2015 aus. Bezieht man den Energieverbrauch für Strom und Wärme auf die Nettogrundfläche des Gebäudes (NGF ca. 4.266 m², aus der BGF von 4.760 m² ermittelt) können die flächenbezogenen Werte den Vergleichswerten des BWZK (Bauwerkzuordnungskatalog) gegenübergestellt werden:

- Flächenbezogener Stromverbrauch Grundschule Friedrich-Ebert-Straße: 3 kWh /m² NGF*a
- Flächenbezogener Stromverbrauch BWZK „Allgemeinbildende Schulen“: 10 kWh /m² NGF*a
- Flächenbezogener Wärmeverbrauch Grundschule Friedrich-Ebert-Straße: 211 kWh /m² NGF*a
- Flächenbezogener Wärmeverbrauch BWZK „Allgemeinbildende Schulen“: 90 kWh /m² NGF*a

Die Friedrich-Ebert-Schule wurde in verschiedenen Bauabschnitten in den 50er und 60er Jahren gebaut. Im Jahr 2014 wurde auf dem Schulgelände eine Mensa entlang der Friedrich-Ebert-Straße errichtet, die jedoch eine eigene Wärmeversorgung besitzt.

Abbildung 90: Grundschule Friedrich-Ebert-Straße, Luftbild**Abbildung 91: Grundschule Friedrich-Ebert-Straße, Fassadendetail**

Geobasisdaten © Bayerische Vermessungsverwaltung 2018

Gebäudehülle

Im Jahr 2001 wurde die Turnhalle saniert (Dachdämmung mit Isofloc). Die oberste Geschosdecke der Schule wurde im gleichen Zeitraum ebenfalls mit Isofloc (12 cm) gedämmt. Die Dämmung besitzt keine obere Abdeckung und weist deutliche Verschmutzungsspuren auf. In der Westfassade wurden in den Klassenzimmern die Fenster durch Kunststofffenster ersetzt. Große Teile der Gebäudehülle sind jedoch noch im ursprünglichen Zustand. Bei den Außentüren ist teilweise noch eine Einfachverglasung vorhanden. Die Originalfenster haben eine Zweifachverglasung. Ihr Zustand ist jedoch teilweise sehr schlecht, bei einzelnen Fenstern (Oberlichter zur Hofseite) wurde der Öffnungsflügel mit dem Rahmen verschraubt, vermutlich um die Dichtigkeit zu erhöhen und Zugscheinungen zu verringern. An der Fassade sind darüber hinaus Beschädigungen im Außenputz sichtbar. Einzelne Fenster waren trotz geöffneter Thermostatventile in Kippstellung.

Wenn eine Sanierung und Dämmung der Fassade in Zukunft beabsichtigt ist, stellt sich die Problematik der sehr großen Leibungstiefen, wenn vorher einzelne Fenster erneuert und an der ursprünglichen Position, mittig in der Außenwand, eingebaut wurden. Eine gemeinsame Sanierung von Fenster und Fassade ist auf jeden Fall zu empfehlen, da dann die Fenster außenwandbündig eingebaut werden können. Auch aus bauphysikalischen Aspekten sollte ein Fenster keinen besseren U-Wert als die umgebende Wand haben. Der Einbau von Dreifachverglasungen in ein Mauerwerk aus den 50er Jahren sollte deshalb vorher geprüft werden.

Abbildung 92: Grundschule Friedrich-Ebert-Straße, gekippte Fenster**Abbildung 93: Grundschule Friedrich-Ebert-Straße, Zustand Fenster, Außenputz**

Anlagentechnik

Die Schule wird durch zwei Buderus Gaskessel beheizt (Kessel 1 - Buderus SB615 Gasbrennwertkessel, 240 kW, Baujahr 2000; Kessel 2 - Buderus GE315 Gaskessel, Leistung 200 kW, Baujahr 2000). Die Regelung erfolgt über die Steuerung „Kieback & Peter 3200“. In den Einstellungen waren Heizzeiten von 7 Uhr bis 16 Uhr, Tagtemperatur 18 °C und Absenkttemperatur 15 °C abzulesen. Laut dem Hausmeister sind aber die Heizkörper fast durchgängig heiß. Für diese Regelung wurde der Service von Kieback & Peter eingestellt. Die Visualisierung mit den Einstellungen in der MSR Abteilung scheinen in der Praxis jedoch nicht zu funktionieren. Die Regelung bzw. Gebäudeleittechnik sollten erneuert werden.

Die Warmwasserbereitung erfolgt zentral über einen 210 Liter Speicher, Baujahr 1985.

Abbildung 94: Grundschule Friedrich-Ebert-Straße, Buderus Gaskessel**Abbildung 95: Grundschule Friedrich-Ebert-Straße, Warmwasserspeicher**

Abbildung 96: Grundschule Friedrich-Ebert-Straße, Heizungsverteilung

Die Heizpumpen in der Schule sind teilweise drehzahlregelt der 1. Generation und teilweise unregelt. Die Pumpen sollten gegen Hocheffizienzpumpen getauscht werden.

Abbildung 97: Grundschule Friedrich-Ebert-Straße, Warmwasserspeicher Turnhalle**Abbildung 98: Grundschule Friedrich-Ebert-Straße, Warmwasserverteilung**

Die Warmwasserbereitung der Turnhalle erfolgt zentral über einen 1.000 Liter Speicher. Die Wasserverteilung macht einen sehr alten und unhygienischen Eindruck. Die Anforderungen der Trinkwasserverordnung sind zu beachten. Es sollte unbedingt ein Konzept zur Einhaltung der Trinkwasserverordnung erstellt und umgesetzt werden. Die jährliche Legionellenprüfung ist hier nicht ausreichend.

An den Heizkörpern sind zum großen Teil Behördenthermostatköpfe installiert. Auf diesen kann man keine Einstellwerte mehr ablesen, wodurch eine sinnvolle Einstellung nicht möglich ist. Bei Heizkörpern mit „normalen Thermostatköpfen“ war zu erkennen, dass diese sehr hoch eingestellt waren. Bei der Begehung waren die Temperaturen in den Klassenzimmern und im Treppenhaus relativ hoch.

Beleuchtung

Die Beleuchtung besteht überwiegend aus T8 Leuchtstoffröhren mit konventionellem Vorschaltgerät, in einzelnen Nebenräumen sind auch noch T12 Röhren vorhanden. Eine Erneuerung der Beleuchtung wird empfohlen.

Abbildung 99: Grundschule Friedrich-Ebert-Straße, Beleuchtung Turnhalle

Die Turnhalle wurde 2001 saniert und wird über Deckenpaneele beheizt. Die Beleuchtung besteht aus T5 Röhren. Diese Art der Beleuchtung ist nur unwesentlich schlechter als derzeitige LED Beleuchtung und sollte somit belassen werden.

Empfehlung

Alle Heizkörper sollten mit Behördenthermostatköpfen ausgestattet werden. Die Behördenthermostatköpfe ohne erkennbare Skala sollten ausgetauscht werden.

Erneuerung der Regelung bzw. Gebäudeleittechnik.

Austausch der Heizungspumpen durch Hocheffizienzpumpen.

Erstellung eines Konzepts zur Einhaltung der Trinkwasserverordnung.

Austausch der T8 bzw. T12 Leuchtstoffröhren.

Einwirken auf das Nutzerverhalten (keine gekippten Fenster bei geöffneten Thermostaten).

Fenster und Gebäudehülle sind teilweise in einem sanierungsbedürftigen Zustand. Energetisch sinnvoller als das Auswechseln einzelner Fenster ist eine gemeinsame Sanierung von Fenstern und Außenwand, um die Fenster außenwandbündig einbauen zu können.

8.4.2 Begehung Mittelschule Soldnerstraße

Die Mittelschule Soldnerstraße wurde am 23.01.2017 begangen. Teilnehmer waren Frau Diedrich (Amt für Umwelt, Ordnung und Verbraucherschutz Stadt Fürth), Herr Fecher (Gebäudewirtschaft Stadt Fürth), Herr Reichenauer (Hausmeister), Herr Stenglein (Energieagentur Nordbayern), Herr Seitz (Energieagentur Nordbayern).

Der „Energiebericht städtischer Gebäude 2016“ (Seite 36/38) weist für die Mittelschule Soldnerstraße einen Stromverbrauch von 114 MWh bzw. Wärmeverbrauch von 1.100 MWh für das Jahr 2015 aus. Bezieht man den Energieverbrauch für Strom und Wärme auf die Nettogrundfläche des Gebäudes (NGF ca. 7.541 m², aus der BGF 8.379 m² ermittelt) können die flächenbezogenen Werte den Vergleichswerten des Bauwerkzuordnungskatalogs (BWZK) gegenübergestellt werden:

- Flächenbezogener Stromverbrauch Mittelschule Soldnerstraße: 15 kWh /m² NGF*a
- Flächenbezogener Stromverbrauch BWZK „Allgemeinbildende Schulen“: 10 kWh /m² NGF*a
- Flächenbezogener Wärmeverbrauch Mittelschule Soldnerstraße: 146 kWh /m² NGF*a
- Flächenbezogener Wärmeverbrauch BWZK „Allgemeinbildende Schulen“: 90 kWh /m² NGF*a

Die Soldnerschule wird als Ganztageschule (Nutzungszeiten 08:00 – 15:30) betrieben. Sie wurde Anfang der 60er Jahre errichtet und ist geprägt durch eine sehr großzügige Anlage um drei Innenhöfe. Die östlichen und nördlichen Baukörper sind mehrgeschossig, die westlich gelegenen Pavillons und die Gebäudespannen zwischen den Innenhöfen erdgeschossig. Diese Gebäudestruktur erzeugt eine sehr offene und lichtdurchflutete Raumsituationen, sie ist jedoch aus energetischer Sicht ungünstig, da einer sehr großen Hüllfläche ein eher geringes beheiztes Volumen gegenübersteht.

Bei einigen der Pavillons gibt es aktuell nur eine zeitweise Nutzung oder eine untergeordnete Nutzung als Lagerraum.

Abbildung 100: Mittelschule Soldnerstraße



Geobasisdaten © Bayerische Vermessungsverwaltung 2018

Gebäudehülle

Einzelne Gebäudeteile wurden bereits saniert, wie die Fenster der nicht zum Innenhof gerichteten Fassade der mehrgeschossigen Baukörper und der Bereich um den südlichen Innenhof. Die anderen Gebäudeteile befinden sich überwiegend im ursprünglichen Zustand. Einige Fenster zum Innenhof sind relativ undicht und werden bei starkem Wind aufgedrückt.

Im Bereich der großzügig verglasten Flure, die im EG den vorderen beiden Innenhöfen zugeordnet sind, gibt es noch Einfachverglasungen mit Stahlrahmen. In diesen Fluren sind auch Radiatoren vor den Fenstern angeordnet. Die Türen zum Innenhof sind ohne Dichtung ausgeführt und weisen teilweise Undichtigkeiten auf. Das Temperaturniveau in diesen Bereichen sollte aufgrund der beträchtlichen Wärmebrücken relativ niedrig gehalten werden, um die Wärmeverluste zu begrenzen. Im Bereich des südlichen Hofes wurden die Gebäude und Flure bereits energetisch ertüchtigt. In diesen Bereichen sind die Heizkörper nicht vor der Glasfassade angeordnet, sondern energetisch günstiger an der Innenwand.

Abbildung 101: Mittelschule Soldnerstraße, Flur EG unsaniert**Abbildung 102: Mittelschule Soldnerstraße, Flur EG saniert**

Anlagentechnik

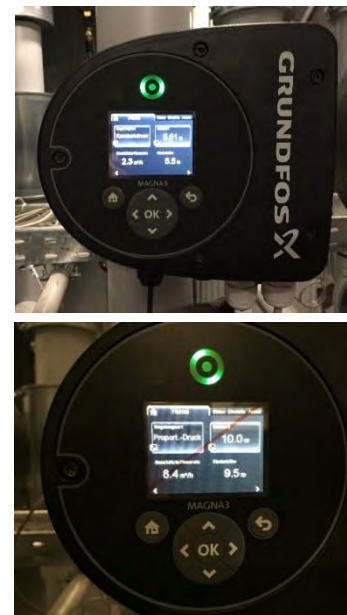
Die Wärmeerzeugung erfolgt durch zwei Viessmann Heizkessel Vitocrossal 200, Baujahr 2016 mit jeweils 620 KW.

Die einzelnen Heizkreise werden mit einer Gebäudeleittechnik von Siemens geregelt. Vor Ort kann der Hausmeister keinerlei Einstellungen vornehmen. Diese werden zentral von der MSR – Verwaltungsabteilung der Stadt Fürth durchgeführt. Problematisch ist, dass der Hausmeister keine Störmeldungen von der Heizungsanlage erhält. Dadurch werden Ausfälle erst bemerkt, wenn es in den Räumen zu kalt wird.

Abbildung 103: Mittelschule Soldnerstraße, Heizkessel**Abbildung 104: Mittelschule Soldnerstraße, Steuerung**

Maßnahmen: Störmeldungen sollten direkt beim Hausmeister auflaufen. Rudimentäre Einstellungen sollten vom Hausmeister durchgeführt werden können.

Abbildung 105: Mittelschule Soldnerstraße, Heizkreisverteilung
Abbildung 106: Mittelschule Soldnerstraße, Heizungspumpen



In der Heizkreisverteilung wurden neue Energiesparpumpen installiert. Diese scheinen noch nicht oder noch nicht richtig auf das System abgestimmt zu sein. Ebenso wurde vermutlich kein hydraulischer Abgleich durchgeführt.

Beleuchtung

In einigen Klassenträumen wurden Messungen zur Beleuchtungsstärke durchgeführt.

Physikraum KG:	Klassenraum 750 Lux – 780 Lux, Tafel 450 Lux
EG Klassenzimmer	Klassenraum 600 Lux, Tafel 360 Lux
EG Klassenzimmer	neue Beleuchtung EVG T5; Klassenraum 420 – 500 Lux; Tafel 600 Lux
Pavillon (saniert)	Klassenraum 650 Lux; Tafel 450 Lux

Empfehlung

Eine Regelung und Steuerung vor Ort sollte möglich gemacht werden.

Durchführung eines hydraulischen Abgleichs.

Einstellung der Heizungspumpen überprüfen und anpassen.

Verringerung der Wärmeverluste durch Sanierung der Glasfassade zum Innenhof bzw. Montage von Abstrahlplatten bei den Radiatoren, Reduktion der Beheizung der Flure auf das Nötigste.

8.4.3 Begehung Mittelschule Kiderlinstraße

Die Mittelschule Kiderlinstraße wurde am 23.01.2017 begangen. Teilnehmer waren Herr Schmid (Hausmeister), Herr Stenglein (Energieagentur Nordbayern), Herr Seitz (Energieagentur Nordbayern).

Der „Energiebericht städtischer Gebäude 2016“ (Seite 36/38) weist für die Mittelschule Kiderlinstraße einen Stromverbrauch von 182 MWh bzw. Wärmeverbrauch von 801 MWh für das Jahr 2015 aus. Bezieht man den Energieverbrauch für Strom und Wärme auf die Nettogrundfläche des Gebäudes (NGF ca. 5.554 m² aus der BGF 6.171 m² ermittelt) können die flächenbezogenen Werte den Vergleichswerten des Bauwerkzuordnungskatalogs (BWZK) gegenübergestellt werden:

- Flächenbezogener Stromverbrauch Mittelschule Kiderlinstraße: 33 kWh /m² NGF*a
- Flächenbezogener Stromverbrauch BWZK „Allgemeinbildende Schulen“: 10 kWh /m² NGF*a
- Flächenbezogener Wärmeverbrauch Mittelschule Kiderlinstraße: 144 kWh /m² NGF*a
- Flächenbezogener Wärmeverbrauch BWZK „Allgemeinbildende Schulen“: 90 kWh /m² NGF*a

Der hohe flächenbezogene Stromverbrauch kann durch die Nutzung der Schulküche, des Werkraumes und u.U. auch der Turnhalle (teilweise als Notunterkunft) erklärt werden.

Die Kiderlinschule wird als Ganztageschule (Nutzungszeiten 08:00 – 17:00) betrieben. Sie wurde 2014 komplett saniert und durch einen Neubau ergänzt. Die Nutzung der Turnhalle erfolgt durch Vereine bis 22:00 Uhr. Neubau und Altbau werden durch eine gemeinsame Heizung versorgt, eine getrennte Erfassung der Verbräuche erfolgt nicht.

Abbildung 107: Mittelschule Kiderlinstraße, Luftbild

Abbildung 108: Mittelschule Kiderlinstraße, Fassadenansicht Neubau



Geobasisdaten © Bayerische Vermessungsverwaltung 2018

Gebäudehülle

Der Altbau wurde saniert, der Neubau wurde in einem energetisch hochwertigen Standard errichtet. Die Turnhalle ist noch weitestgehend im ursprünglichen Bauzustand. Die Fenster sind zum Teil noch in Einfachverglasung. Die Profilverglasung der Scheddächer wurde mit einer Beschichtung abgedichtet, um Undichtigkeiten zu verringern.

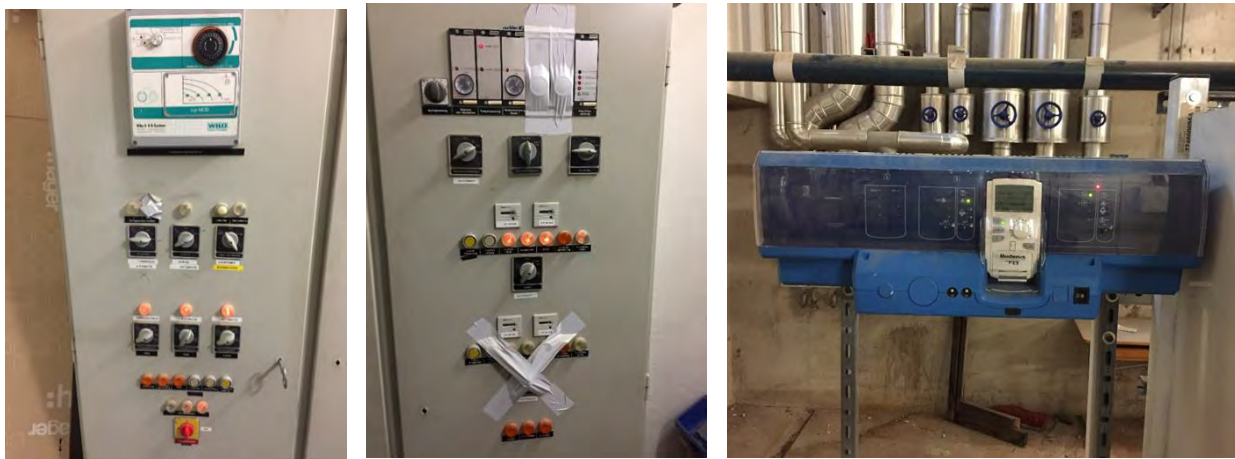
Abbildung 109: Mittelschule Kiderlinstraße, Ansicht Treppenhausfenster**Abbildung 110: Mittelschule Kiderlinstraße, Ansicht Lüftungsfenster**

Anlagentechnik

Die Wärmeerzeugung erfolgt durch einen Buderus Gaskessel Typ Lollar Baujahr 1986, mit einer Heizleistung von 370 kW und zwei Gasbrennwertgeräten Buderus Logamax Plus GB162 mit jeweils 100 kW Leistung. Zum Zeitpunkt der Begehung war eines der Brennwertgeräte auf Störung und beim anderen war ein starker Kondensatauslauf zu erkennen.

Abbildung 111: Mittelschule Kiderlinstraße, Gaskessel**Abbildung 112: Mittelschule Kiderlinstraße, Gasbrennwertkessel, Kondensatablauf****Abbildung 113: Mittelschule Kiderlinstraße, Warmwasserbereitung**

Die Warmwasserbereitung erfolgt zentral über einen 500 Liter Speicher, der sowohl über die Heizungsanlage, als auch über einen Heizstab erwärmt werden kann.

Abbildung 114: Mittelschule Kiderlinstraße, Regelung

Das Programm in der Buderus-Regelung war zum Zeitpunkt der Begehung so eingestellt, dass täglich von 00:10 bis 23:50 Uhr der Heizbetrieb mit 23°C Raumtemperatur gefahren wird und nur die restlichen 20 Minuten ein Absenkbetrieb von 14°C besteht.

Die Lüftungsanlage von „Keßler & Luch“ aus dem Jahr 1966 hat eine Luftleistung von 32.000 m³/h, eine elektrische Anschlussleistung von 16,6 kW und eine Wärmeleistung von 340 kW. Sie versorgt die Turnhalle und Nebenräume mit Frischluft und Wärme. Die „Regelung“ der Lüftungsanlage ist ebenfalls Baujahr 1966.

Sowohl die Lüftungsanlage als auch deren „Regelung“ sind in einen völlig desolaten Zustand. Da die Funktionsweise der Regelung stark eingeschränkt ist, läuft die Lüftungsanlage immer durch.

Abbildung 115: Mittelschule Kiderlinstraße, Lüftungsanlage**Abbildung 116: Mittelschule Kiderlinstraße, Regelung Lüftungsanlage**

Empfehlung

An der Buderus-Regelung sollten die Einstellungen sinnvoll geändert werden.

Alle Regelungskomponenten sollten einheitlich angepasst bzw. erneuert werden.

Die Lüftungsanlage und die Regelung sollten erneuert werden.

8.4.4 Begehung Grundschule Ligusterweg

Die Außenstelle der Grundschule Farrnbach in Unterfarrnbach im Ligusterweg wurde am 12.12.2018 begangen. Teilnehmer waren Frau Diedrich (Amt für Umwelt, Ordnung und Verbraucherschutz Stadt Fürth), Frau nn. (Gebäudewirtschaft Stadt Fürth), Herr Fecher (Gebäudewirtschaft Stadt Fürth), Frau Bayer (Hauswartin), Herr Stenglein (Energieagentur Nordbayern), Herr Seitz (Energieagentur Nordbayern).

Der „Energiebericht städtischer Gebäude 2016“ (Seite 30/32) weist für die Grundschule Ligusterweg einen Stromverbrauch von 44 MWh bzw. Wärmeverbrauch von 463 MWh für das Jahr 2015 aus. Bezieht man den Energieverbrauch für Strom und Wärme auf die Nettogrundfläche des Gebäudes (NGF ca. 2.123 m² aus der BGF 2.359 m² ermittelt) können die flächenbezogenen Werte den Vergleichswerten des Bauwerkzuordnungskatalogs (BWZK) gegenübergestellt werden:

- Flächenbezogener Stromverbrauch Grundschule Ligusterweg: 21 kWh /m² NGF*a
- Flächenbezogener Stromverbrauch BWZK „Allgemeinbildende Schulen“: 10 kWh /m² NGF*a
- Flächenbezogener Wärmeverbrauch Grundschule Ligusterweg: 218 kWh /m² NGF*a
- Flächenbezogener Wärmeverbrauch BWZK „Allgemeinbildende Schulen“: 105 kWh /m² NGF*a

Die Grundschule wird als Ganztageschule (Nutzungszeiten 8:00 – 16:30 Uhr) betrieben. Die Nutzung der Turnhalle erfolgt durch Vereine bis 22:00 Uhr, außer am Wochenende. Der denkmalgeschützte Altbau wurde kürzlich komplett saniert und eine Mittagsbetreuung und Küche eingebaut. Im nördlich anschließenden erdgeschossigem Zwischenbau ist Technik untergebracht. Das nächste angrenzende Gebäude steht aktuell leer. Der eigentliche Schultrakt und die Turnhalle sind aus den 70er Jahren und weitgehend im Originalzustand. Für die Turnhalle ist eine Sanierung der Gebäudehülle, Sanitäreanlagen und Beleuchtung geplant.

Alle Gebäudeteile werden durch Nahwärme aus einer benachbarten Biogasanlage versorgt.

Abbildung 117: Schule Ligusterweg, Luftbild



Geobasisdaten © Bayerische Vermessungsverwaltung 2018

Gebäudehülle

Der Schultrakt und die Turnhalle bestehen aus einem Stahlbetonskelettbau mit Ausfachungen in zeittypischem Klinkermauerwerk. Teilweise gibt es noch Aluminiumfenster (z.B. Turnhalle, Nebenräume), teilweise Holzfenster (z.B. Klassenzimmer Oberlichter) mit erneuerter Verglasung, teilweise Kunststofffenster mit Isolierverglasung (Klassenzimmer, Baujahr 2011). Die großen Fenster in den Klassenräumen weisen deutliche Zugserscheinungen im Einbaubereich auf. Die offenen Fugen sind klar erkennbar.

Abbildung 118: Schule Ligusterweg, Ansicht historisches Gebäude; Ansicht Turnhalle



Abbildung 119: Schule Ligusterweg, Fensteranschluss außen

Abbildung 120: Schule Ligusterweg, Fensteranschluss innen



Beleuchtung

In den sechs Klassen- und Fachräumen besteht die Beleuchtung aus jeweils 15 T-8 Röhren mit 58 Watt. Rechnet man die Verluste des Vorschaltgerätes hinzu ergibt sich pro Röhre eine Leistung von ca. 72 Watt.

Die Beleuchtung der Turnhalle besteht noch aus herkömmlichen Spiegelrasterleuchten mit T-8 Röhren. Diese sollten im Zuge der Hallensanierung gegen LED-Beleuchtung ausgetauscht werden.

Abbildung 121: Schule Ligusterweg, Beleuchtung Klassenzimmer

Abbildung 122: Schule Ligusterweg, Beleuchtung Turnhalle



Eine Messung der Beleuchtungsstärke ergab in den Klassenzimmern 620 bis 705 Lux, im Werkraum 580 – 720 Lux und im Flur 400 Lux.

Anlagentechnik

Die Schule wird mit Wärme aus einer benachbarten Biogasanlage versorgt. Zum Zeitpunkt der Begehung gab es scheinbar eine Systemstörung, da die Temperatur im Vorlauf bei ca. 30° Celsius lag. Die ursprüngliche Kaskade aus atmosphärischen Gaskesseln wird nicht mehr benötigt und wurde deshalb außer Betrieb genommen.

Abbildung 123: Schule Ligusterweg, Anzeige Vorlauftemperatur

Abbildung 124: Schule Ligusterweg, alte Gaskessel



Die Heizkreisverteilung im Heizraum ist nicht mehr zeitgemäß. Die alten Pumpen sollten gegen Hocheffizienzpumpen ersetzt und die gesamte Verteilung gedämmt werden.

Abbildung 125: Schule Ligusterweg, Heizkreisverteilung

Die Lüftungsanlage der Turnhalle ist Baujahr 1978 und hat eine thermische Leistung von rund 120 kW. Die Motoren der Lüftungsanlage sollten auf Flachriemenantrieb mit Frequenzumformern umgebaut werden. Dadurch werden ein gutes Regelverhalten und ein effizienterer Betrieb ermöglicht.

Grundsätzlich ist die Beheizung einer Turnhalle mit einer Lüftungsanlage sehr ineffizient. Deswegen sollte in der Turnhalle eine statische Flächenheizung installiert werden.

Abbildung 126: Schule Ligusterweg, Lüftungsanlage**Abbildung 127: Schule Ligusterweg, Warmwasserbereithaltung**

Die Warmwasserbereitung für die Nebenräume der Turnhalle erfolgt zentral über einen 750 Liter Speicher, Baujahr 1978. Zum Zeitpunkt der Begehung betrug die Warmwassertemperatur im Speicher rund 50 °C. Laut Trinkwasserverordnung müssen mindestens 60°C eingehalten werden.

In den Klassenräumen gibt es keine Warmwasseranschlüsse.

Abbildung 128: Schule Ligusterweg, Regelung Heizung und Lüftung

Die Regelung für die Heizungs- und Lüftungsanlage im Heizraum ist dem Alter entsprechend in einem sehr schlechten Zustand.

In der Unterverteilung wurden bereits Hocheffizienzpumpen installiert.

Zum Zeitpunkt der Begehung war im Regelgerät der Unterverteilung der Heizbetrieb bis 22:00 Uhr eingestellt. Diese Einstellung wurde mit Absprache der Hausmeisterin auf 18:00 Uhr abgeändert.

Abbildung 129: Schule Ligusterweg, Unterverteilung**Abbildung 130: Schule Ligusterweg, Unterverteilung Regelung**

In den Klassenzimmern sind „normale“ Thermostatköpfe installiert. Da die Wahrscheinlichkeit sehr hoch ist, dass diese bei Abwesenheit nicht zurückgedreht werden, sollte jeweils eine Einzelraumregelung installiert werden.

Im gesamten Schulhaus können die Thermostat- Ventilunterteile nicht für einen hydraulischen Abgleich verwendet werden. Deswegen sollten diese gegen voreinstellbare Ventile getauscht werden. An den Heizkörpern der Flure sind Behördenthermostatköpfe mit Festeinstellung installiert. Diese stehen größtenteils auf Stufe 4, dies entspricht einer Temperatur von ca. 22-24°C. Wir empfehlen eine Absenkung auf Stufe 3.

Abbildung 131: Schule Ligusterweg, Thermostatköpfe Klassenzimmer**Abbildung 132: Schule Ligusterweg, Thermostatköpfe Flure**

Empfehlungen

Austausch aller Pumpen durch Hocheffizienzpumpen.

Dämmung der Heizungsverteilung.

Umbau der Motoren der Lüftungsanlage auf Flachriemenantrieb mit Frequenzumformern.

Erneuerung Beleuchtung Turnhalle.

Einbau statischer Flächenheizung Turnhalle.

Einhaltung der Trinkwasserverordnung.

Überprüfung und Optimierung der Heizzeiten.

Austausch der Thermostat-Ventilunterteile durch voreinstellbare Ventile.

Einbau einer Einzelraumregelung in den Klassenzimmern.

Reduktion der Einstellung der Thermostate in den Fluren um eine Stufe.

Verbesserung der Einbausituation der Klassenzimmerfenster hinsichtlich der Dichtigkeit.

8.4.5 Begehung Förderschule Otto – Lilienthal

Die Förderschule Otto-Lilienthal in Atzenhof am Golfplatz wurde am 12.12.2018 begangen. Teilnehmer waren Frau Diedrich (Amt für Umwelt, Ordnung und Verbraucherschutz Stadt Fürth), Herr Fecher (Gebäudewirtschaft Stadt Fürth), Herr nn (Hausmeister), Herr Stenglein (Energieagentur Nordbayern), Herr Seitz (Energieagentur Nordbayern).

Der Komplex der Otto-Lilienthal-Schule (Sonderpädagogisches Förderzentrum Fürth-Nord mit Förderschule, Kindergarten, Sporthalle, ursprünglich Veranstaltungshalle und Kasino) wurde 1987 von den US-amerikanischen Streitkräften errichtet. Nach dem Abzug der Amerikaner wurde 2004 das Kasino in eine Mehrzweckhalle umgebaut.

Der „Energiebericht städtischer Gebäude 2016“ (Seite 36) weist für das Förderzentrum Fürth-Nord einen Stromverbrauch von 86 MWh (Wärmeverbrauch: keine Angabe) für das Jahr 2015 aus. Bezieht man den Energieverbrauch für Strom auf die Nettogrundfläche des Gebäudes (NGF ca. 10.764 m² aus der BGF 11.960 m² ermittelt) können die flächenbezogenen Werte den Vergleichswerten des Bauwerkzuordnungskatalogs (BWZK) gegenübergestellt werden:

- Flächenbezogener Stromverbrauch Förderzentrum Fürth-Nord: 8 kWh /m² NGF*a
- Flächenbezogener Stromverbrauch BWZK „Sonderschulen“: 15 kWh /m² NGF*a

Abbildung 133: Otto-Lilienthal-Schule, Luftbild

Abbildung 134: Otto-Lilienthal-Schule, Ansicht

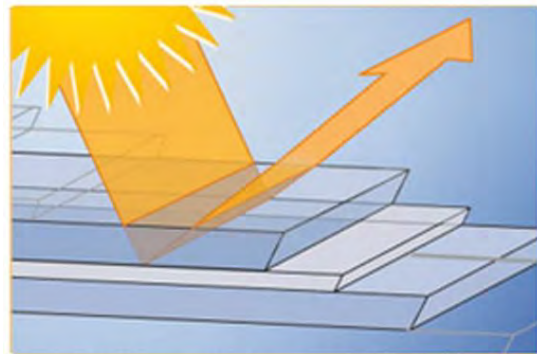


Geobasisdaten © Bayerische Vermessungsverwaltung 2018

Gebäudehülle

Die Gebäudehülle ist entsprechend ihres Baujahres in einem guten Zustand, offensichtliche Schwachstellen sind nicht zu erkennen.

Die verglaste Kuppel der Aula verursacht im Sommer hohe Wärmelasten. Um diesen Effekt entgegen zu wirken, sollte eine Wärmeschutzfolie auf den Scheiben angebracht werden. Diese ist bereits ab 25 Euro/m² erhältlich, fällt optisch kaum auf und kann den Wärmeeinfall um bis zu 85 % reduzieren.

Abbildung 135: Otto-Lilienthal-Schule, Aula, verglaste Kuppel**Abbildung 136: Otto-Lilienthal-Schule, Aula, Wärmeschutzfolie**

bis zu 85% Wärmerückweisung / up to 85% heat rejection
99% UV-Schutz / UV-protection

Quelle: Foliatex Midnight Reflex

Beleuchtung

Die Beleuchtung in der Aula, Turnhalle und den Klassenzimmern besteht überwiegend aus T8-Röhren.

Abbildung 137: Otto-Lilienthal-Schule, Beleuchtung Turnhalle**Abbildung 138: Otto-Lilienthal-Schule, Beleuchtung Klassenzimmer**

In den meisten Klassenräumen sind die Spiegelrasterleuchten mit 3*36 Watt Röhren (gesamt 108 W) bestückt, dies ergibt eine Beleuchtungsstärke von 900 – 1.100 Lux. Die Anforderung für Klassenräume liegt bei 600 Lux. Bei einigen Klassenzimmern wurden die Spiegelrasterleuchten mit 4*18Watt Röhren (gesamt 76 Watt) bestückt, die Beleuchtungsstärke ist mit 630 – 800 Lux noch vollkommen ausreichend. Die Flure und WC lassen sich nicht einzeln schalten, sodass im Bedarfsfall immer alle Lampen brennen müssen.

Anlagentechnik

Die Schule und der Kindergarten werden mit Fernwärme versorgt. In der Haupt- und in den Unterverteilungen befinden sich fast ausschließlich konventionelle Heizungspumpen. Diese sollten gegen Hoch-effizienzpumpen ersetzt werden.

Des Weiteren waren die Temperaturen in den Heizkreisen für die Außentemperaturen viel zu hoch. Diese sollten in den Regelungen abgesenkt werden.

Abbildung 139: Otto-Lilienthal-Schule, Fernwärmeanschluss

Abbildung 140: Otto-Lilienthal-Schule, Haupt-- und Unterverteilung



Abbildung 141: Otto-Lilienthal-Schule, Regelung Lüftungsanlage

Abbildung 142: Otto-Lilienthal-Schule, Heizungsregelung



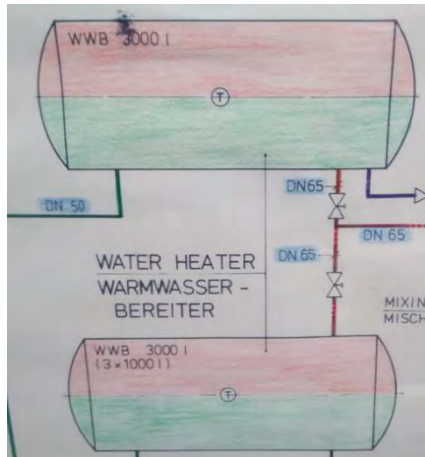
Die Regelung der Lüftungsanlage ist völlig veraltet und war zum Zeitpunkt der Begehung auf Störung. Auch die Heizungsregelungen sind älteren Baujahres. Hier sollte eine Gebäudeleittechnik installiert werden, die durch ein einfaches visuelles Einstellen von Parametern, einen effizienten Betrieb der Anlagen ermöglicht.

Der gesamte Gebäudekomplex wird zentral über zwei 3.000 Liter Speicher mit Warmwasser versorgt. Dieses System muss aus hygienischen Gründen (Trinkwasserverordnung) rück- oder umgebaut werden. Durch die langen Leitungsführungen ergeben sich viele „Toträume“, in denen Legionellen und Bakterien beste Bedingungen finden. Sinnvoller wäre es, eine große Frischwasserstation für die Turnhalle zu installieren und die restlichen Räume (wo wirklich nötig) mit Elektrospeichern oder Durchlauferhitzern auszurüsten

Die Kaltwasserzulaufleitung der Gebäude ist völlig überdimensioniert. Dadurch wird das Wasser in der Leitung nie richtig freigespült. Durch Keime und Bakterienvermehrung ist eine gesundheitliche Gefährdung der Schüler nicht auszuschließen. Der Querschnitt der Leitung muss bis zur Hauptleitung verjüngt werden.

Abbildung 143: Otto-Lilienthal-Schule, Warmwasserversorgung

Abbildung 144: Otto-Lilienthal-Schule, Kaltwasserversorgung



Empfehlungen

Einbau einer Wärmeschutzfolie zur Verringerung des sommerlichen Wärmeeintrags durch die Lichtkuppel der Aula.

Optimierung und Verringerung der Beleuchtungsstärke in den Klassenräumen (wie bereits teilweise erfolgt).

Austausch alter Heizungspumpen durch Hocheffizienzpumpen.

Überprüfen bzw. Absenken der Temperaturen in den Heizkreisen.

Einbau neuer Gebäudeleittechnik.

Erneuerung der Warmwasserversorgung. Einbau Frischwasserstation in der Sporthalle, ansonsten bei Bedarf dezentrale elektrische Warmwasserversorgung.

Der Kaltwasserzulauf ist überdimensioniert. Verjüngung des Leitungsquerschnittes bis zum Anschluss an die Hauptleitung.

8.5 Untersuchung im Sektor Gewerbe

Abwärme mittlerer und großer Bäckereien

Die markierte Bäckerei im Nordwesten (siehe nachfolgende Abbildung, schwarzes Quadrat) könnte beispielweise ihre Abwärme zur Wärmeversorgung der Umgebung abgeben.

Die heißen Abgase von Backöfen und die entstehenden Schwaden lassen sich über Wärmetauscher in Wärmerückgewinnungsanlagen zu rund 40 % der eingesetzten Energie erfassen. Die Wärme liegt dann auf einem Temperaturniveau von bis zu 90°C vor und könnte somit gut in klassische Nah- und Fernwärmenetze eingespeist werden. Mit der so gewonnenen Wärme könnte die umgebende Wohnbebauung versorgt und fossile Brennstoffe oder alternative Wärmeerzeuger substituiert werden.

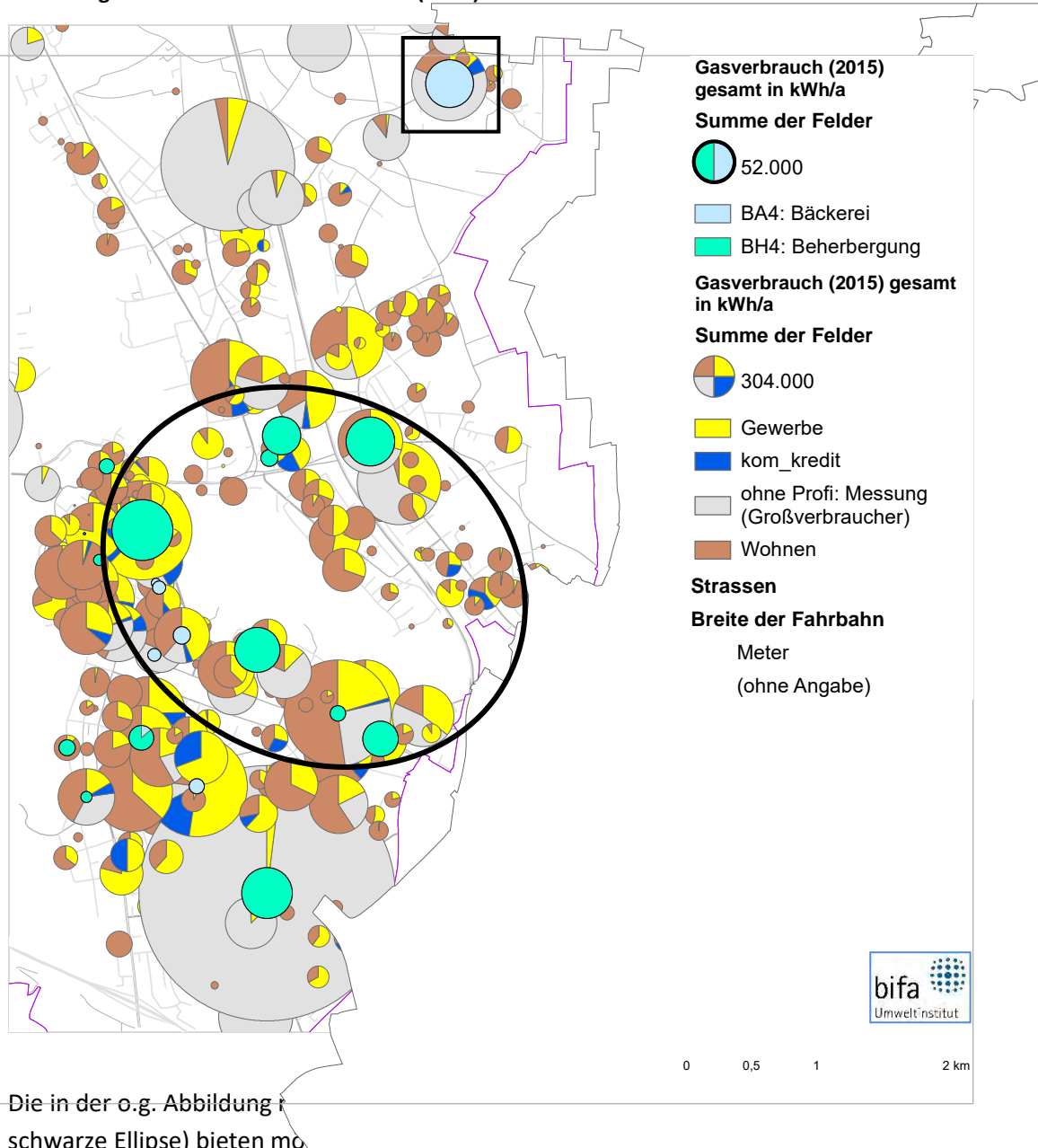
Kraft-Wärme-Kopplung und Wärmeverbünde bei Hotels und Gasthöfen

Größere Hotels oder Gasthöfe (siehe Karte: Beherbergung, schwarze Ellipse) bieten gute Ansatzpunkte für Nahwärmeverbundlösungen unter Einbezug von BHKW zur Erzeugung von Strom und Wärme. In Fürth finden sich einige größere Verbraucher mit dem Profil „Beherbergung“ an der Poppenreuther Straße und im Umgriff der Königsstraße. Gleichzeitig sind die markierten Verbraucher im Umfeld von Wohnbebauungen angesiedelt.

Allgemein gilt, je größer das Hotel und je komfortabler seine Ausstattung ist, desto höher werden die energetischen Aufwendungen für Wärme (Beheizung, Warmwasserbereitstellung) und Strom (Klimatisierung/Belüftung, allgemeiner Verbrauch, Beleuchtung).

Der (gleichzeitige) Bedarf von Strom und Wärme macht grundsätzlich den Einsatz von Erdgas-BHKW besonders effizient und somit finanziell attraktiv. Werden die Erzeugungsanlagen nach dem Strombedarf ausgelegt und mit entsprechenden Pufferspeichern für die Wärme ausgestattet, ermöglichen es entsprechend große Anlagen, die Wärmeversorgung auf die Umgebung auszuweiten und gleichzeitig den Strom- und Klimatisierungsbedarf in größerem Maße selbst zu decken. Die vorhandenen Bestandsanlagen der Wärmeversorgung (z.B. Gaskessel der Hotels) können im Rahmen dieser Wärmekonzepte als Redundanz für ein entstehendes Nahwärmenetz dienen und die Sicherstellung der Wärmeversorgung der angeschlossenen Wärmekunden übernehmen.

Abbildung 145: Ausschnitt Gasverbrauch (2015) nach Sektoren



Weitere Ansätze zur gewerblichen Wärme- und Energienutzung

Wäscherei; Wärmerückgewinnung aus dem Abwasser

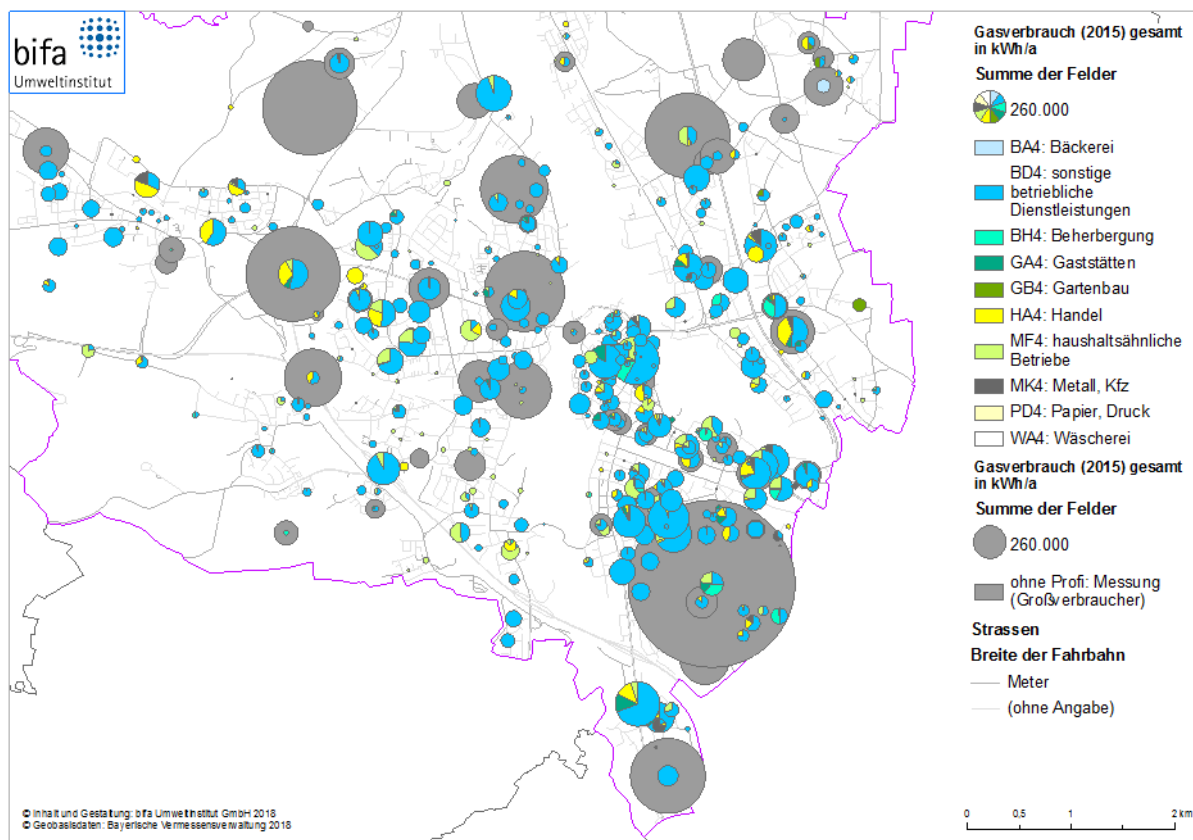
- Zur internen Nutzung im Bereich der Vorwärmung von Medien
- Zur Nutzung in Niedertemperaturversorgungssystemen (Näheres siehe Industrie)

Metall-, Kfz-Betriebe; Nutzung der Abgaswärme von thermischen Nachverbrennungsanlagen (TNV)

- Erzeugung von Warmwasser mit bis zu 160°C für die betriebsinterne Prozesswärmebereitstellung oder zur Einspeisung in Versorgungsnetze

Handel; Abwärmenutzung (30-40°C) von Kälteanlagen

- Direktheizung über Flächenheizungen
- nach Anhebung des Temperaturniveaus mittels Economiser oder Wärmepumpe für Heizzwecke (Raumwärme oder Trinkwarmwasser)

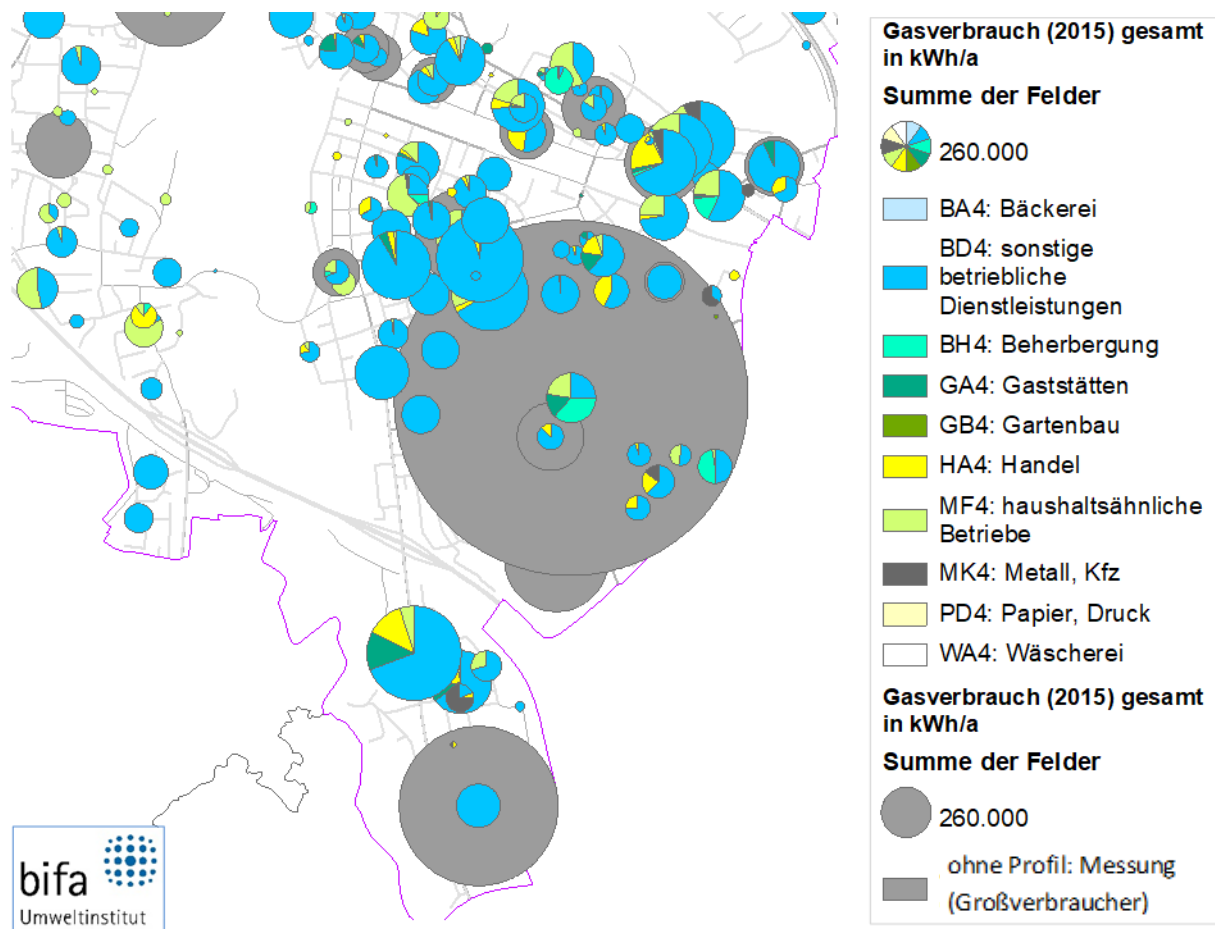
Handel; Nutzung von Abwärme aus der Nachbarschaft zum Betrieb von Absorptionskälteanlagen (>100°C) oder Adsorptionskälteanlagen (>85°C)**Abbildung 146: Gasverbrauch von Großverbrauchern und Gewerbe nach Standardlastprofil**

In der nachfolgenden Abbildung sind die gewerblichen Gasverbräuche in den Straßen, nach ihrer Verteilung auf Branchen in Kreisdiagrammen dargestellt.

Die Kreisdurchmesser geben die Größenordnung des Gesamtverbrauchs für das Gewerbe in einer Straße an. Farblich unterteilt sind die Anteile des Verbrauchs nach den Lastprofilen (entspricht den Branchen: z.B. Bäckerei, Wäscherei, etc.).

Die Tortendiagramme markieren den Verbrauch aller gewerblichen Verbraucher in den darunter befindlichen Straßen - nicht an den punktuellen Standorten. Zu beachten: Bei langen Straßen kann es zu deutlichen „Lageabweichungen“ kommen.

Abbildung 147: Ausschnitt Gasverbrauch von Großverbrauchern/ Gewerbe nach Standardlastprofil



Industrielle Abwärme nutzen

Viele Betriebe des verarbeitenden Gewerbes und der Industrie weisen einen herausstechend hohen Energieverbrauch auf. Vielfach hängt der Energiebedarf an der Eigenstromerzeugung bei gleichzeitiger Wärmenutzung oder einem produktionsbedingten hohen Prozesswärmebedarf.

In einigen Produktionsanlagen stehen dabei die Prozesswärme- bzw. Dampferzeugung im Rahmen der Energieerzeugung im Vordergrund (wärmegeführte KWK). Andere Branchen haben einen stärkeren Fokus auf die Erzeugung von Strom und ihre Eigenerzeugungsanlagen. Diese Anlagen produzieren tendenziell in höherem Maße ungenutzte Abwärme (stromgeführte KWK) und weisen einen höheren Rückkühlbedarf auf.

Unternehmen mit lösemittelbelasteten Abluftströmen (insbesondere bei betriebseigenen Lackierereien) haben einen Bedarf an thermischer Nachverbrennung.

Je nach Branche, standortbezogener Erzeugungssituation und Stand der energetischen Optimierung lassen sich Abwärmeströme in unterschiedlichem Maße für Heizzwecke nutzen.

Möglichkeiten zur Erschließung der Abwärmepotenziale von Großverbrauchern (In der Abbildung: Bezeichnung „Ohne Profil“)

Frischdampfauskopplung bei GuD-Anlagen zur Speisung von Wärmenetzen

- bei verfügbaren Überschusskapazitäten lassen sich diese zur Versorgung eines Nah- oder Fernwärmenetzes (mit Vorlauftemperatur >85°C) nutzen

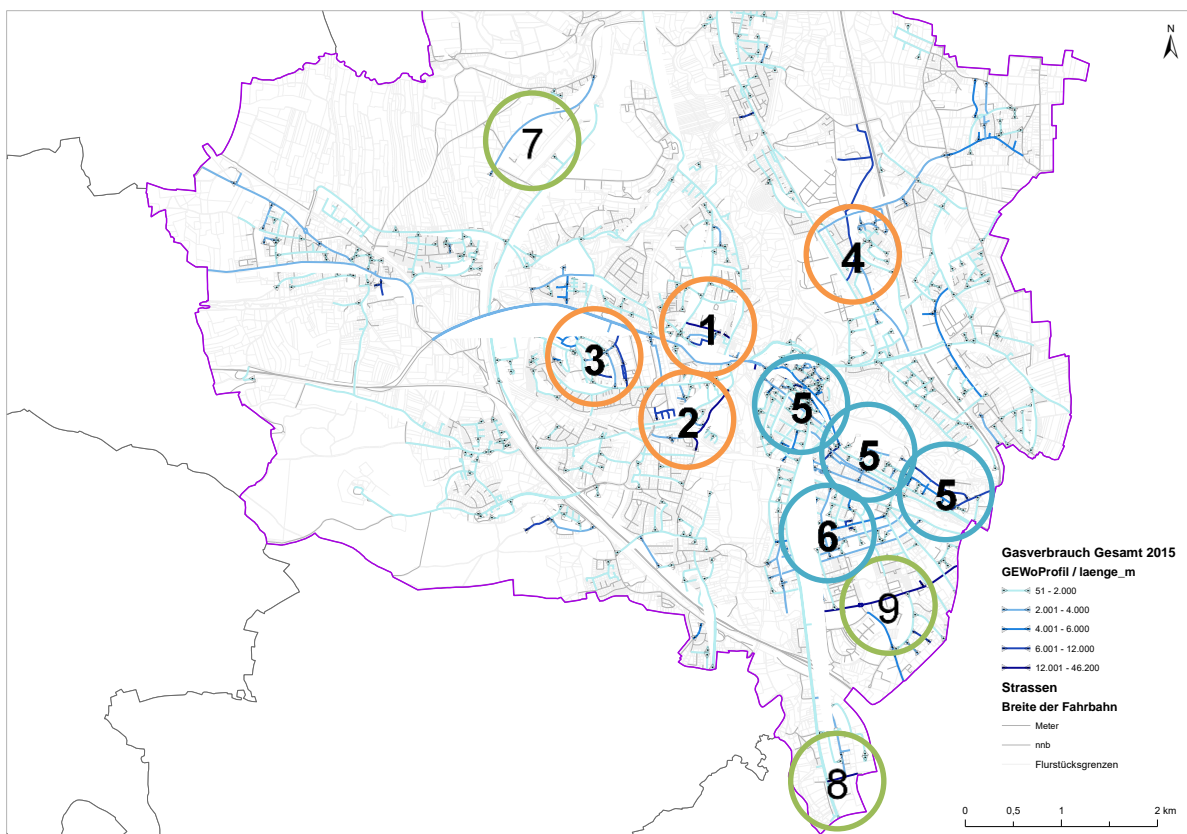
Nutzung der Abgaswärme von thermischen Nachverbrennungsanlagen (TNV)

- Erzeugung von Warmwasser mit bis zu 160°C für die betriebsinterne Prozesswärmebereitstellung oder die Einspeisung in Versorgungsnetze

Wärmerückgewinnung aus dem Kühlkreislauf

- Niedertemperaturwärmeströme zur Versorgung von Gebäuden mit Heizenergie. Unterstützung durch Wärmepumpen ist notwendig, um den notwendigen Temperaturhub für die Warmwasserbereitung oder allgemein für die Versorgung von Bestandsgebäuden (mit Heizkörpern zur Wärmeverteilung) zu ermöglichen.

Abbildung 148: Wärmezentren Gewerbe



Großverbraucher (nummerierte orange Kreise)

Die nachfolgenden Großverbraucher sind aufgrund ihres hohen Wärmebedarfs und ihrer Lage in direkter Nachbarschaft zu anderen Verbrauchsgruppen (Gewerbe/ Wohnen/ Kommunal) besonders interessant für Wärmeverbundlösungen.

1. Jakob-Henle-Straße – Klinikum
2. Scherbsgraben – Fürthmare (insbesondere als Wärmeabnehmer interessant)
3. Siemensstraße – Siemens, Centrosolar

4. Kronacher Straße – RUAG Ammotec

Mittelgroße Verbraucher (nummerierte blaue Kreise)

Die Konzentration von mittelgroßen Verbrauchern unterschiedlichster Branchen macht den Aufbau von Wärmeverbänden energetisch sehr attraktiv (Gleichzeitigkeit der Wärmeabfrage sinkt bei heterogenen Verbrauchergruppen), der Aufwand für die Anbahnung dieser Projekte steigt jedoch wegen dem erhöhten Abstimmungsaufwand.

5. Nürnberger Straße; Königstraße
6. Kaiserstraße

Großverbraucher abseits von Wohnsiedlungsflächen (nummerierte grüne Kreise)

Abseits von umfangreicher Wohnbebauung ist der Austausch von Wärme über die Grenzen einzelner Betriebe hinweg möglich. Der Wärmebedarf in niedrigen Temperaturbereichen ist allerdings begrenzt. Die unterschiedlichen Produktionsplanungen machen eine zeitliche Abstimmung von Wärmeerzeugung und –Verbrauch zu einem komplexen Thema.

7. Aischweg – Daimler
Hafenstraße – Stahlhandel Peine-Salzgitter GmbH
8. Tucherstraße – Tucher
Schwabacher Straße – Leonhard Kurz Stiftung & Co. KG
9. (Gaskraftwerk an der Frommüllerstraße wird bereits umfangreich genutzt)

8.6 Controllingsystem im kommunalen Bereich

Ziel des Kommunalen Energiemanagements (KEM) ist es, durch Analyse der vorhandenen Situation, Schulungen von verantwortlichen Mitarbeitern und konkreten Maßnahmen eine Reduktion des Energieverbrauchs kommunaler Verbraucher zu erreichen. Diese Reduktion ist nur messbar und die Effizienzgewinne sind nur darstellbar, wenn vorher Gebäudedaten und -verbräuche erfasst und analysiert wurden. Spezifische Verbrauchskennwerte und eine Witterungsbereinigung bieten die Möglichkeit, den erfassten Verbrauch richtig einzuordnen und Rückschlüsse für das zukünftige Handeln zu ziehen.

8.6.1 Vorhandenes Gebäudemanagement

Das Gebäudemanagement der Stadt Fürth setzt bislang das „Infoma newsystem Liegenschafts- und Gebäudemanagement“ (LuGM) ein und besitzt auch das Zusatzmodul „Energiemanagement“. Aktuell wird auf Grund der personellen Situation und Auslastung der Mitarbeiter das Gebäude- und Energiemanagementtool nicht umfassend eingesetzt. Potenziale für Verbrauchsreduzierungen und Effizienzgewinne können daher nicht in der möglichen Qualität und Quantität erfasst, aufgezeigt und umgesetzt werden. Bereits früher wurden Auswertungen in Excel gemacht, dies ist für einzelne außerordentliche Fälle

durchaus sinnvoll. Auf Dauer ist ein Energiemanagement, das die Liegenschaften einer Großstadt erfassen soll, mit Excel nicht effizient durchführbar und sollte so auch nicht aufrechterhalten werden.

Aktuell werden die Verbräuche der Liegenschaften dokumentiert. Großzähler werden automatisch über das Energieversorgungsunternehmen, teilweise automatisch, erfasst oder abgelesen. Bei einem geringen Teil erfolgt dies auch durch die Hausmeister. Ausgewertet werden kann auf Grund der personellen Situation kaum etwas. Ebenso ist bei manchen Liegenschaften auch eine eher rudimentäre Zählerstruktur vorhanden.

LuGM ist ein Gebäude- und Energiemanagementsystem, das alle notwendigen Voraussetzungen für ein ordentliches Energiemanagement enthält. Grundsätzlich könnte, unter Berücksichtigung und Einhaltung datenschutzrechtlicher Vorgaben der Stadt Fürth, innerhalb dieses Systems auch von externen Mitarbeitern stundenweise die Basisarbeit für einen dauerhaften Einsatz des Energiemanagements zugearbeitet werden, wenn keine internen Personalressourcen zur Verfügung stehen.

Neben dem vorhandenen System gibt es noch weitere Managementsysteme auf dem Markt, die für den Einsatz in der Stadt Fürth in Frage kommen könnten. Der entscheidende Aspekt liegt jedoch weniger auf den unterschiedlichen Qualitäten der Managementsysteme, sondern in der konsequenten Anwendung bei möglichst vielen Liegenschaften der Stadt. Nur wenn innerhalb des Kommunalen Energiemanagement (KEM) der Datenerfassung und -analyse der notwendige Rahmen eingeräumt wird, können sinnvolle Maßnahmen initiiert werden, die letztlich Energie und Ressourcen einsparen und die Emissionen der Stadt verringern.

8.6.2 Alternative Managementsysteme

Im Jahr 2017 haben sich 15 Energieagenturen Deutschlands getroffen, um die Erfahrungen mit der auf dem Markt angebotenen Energiemanagementsoftware auszutauschen und sich ggf. auf eine gemeinsame Softwarelösung zu einigen. Excellösungen oder auf Excel basierende Tools waren dem allgemeinen Tenor nach, keine Alternative, da sie zeitlich aufwendig, sehr fehleranfällig und nicht von mehreren Personen gleichzeitig nutzbar sind.

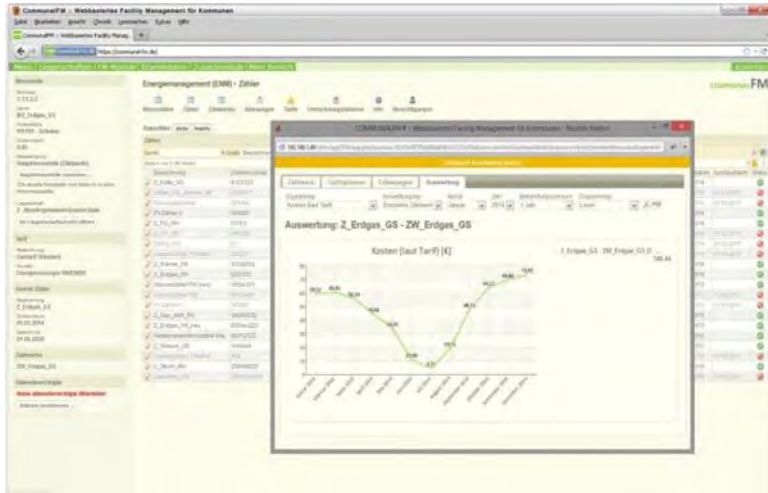
In der engeren Wahl standen schlussendlich sechs Softwaresysteme, die teilweise von den verschiedenen Agenturen bereits benutzt werden. Die drei, von Energieagenturen genutzten Systeme „Smart b“, „INGA“ und „Ennovatis“ wurden nicht weiter in Betracht gezogen, da sie sich entweder zu sehr auf Zählertechnologie fokussierten, zu wenig Erfahrung im klassischen Energiecontrolling hatten oder noch in Entwicklungsprozessen steckten, was eine gewisse Unsicherheit barg. In die nähere Auswahl kamen letztlich folgende Managementsysteme:

Communal FM

Die Software „Communal FM“ ist interessant, falls eine Kommune Energiemanagement als Teil ihres Facility Managements (FM) nutzen will. Die Software kommt bei mittleren und größeren Kommunen zum Einsatz, kann auf langjährige Erfahrung zurückblicken und ist eine Facility Software, bei der Energiemanagement jedoch nur ein kleiner Aspekt ist. Sie ist web-basiert und relativ umfangreich, aber offensichtlich einfach zu handhaben. Die Kosten beziehen sich nicht auf die Anzahl der Anwender oder der

Gebäude, sondern sind Modul- und Einwohner abhängig. Als Minimum wird das Modul „Gebäudemanagement“ benötigt, in diesem Fall mit dem Zusatzmodul „Energiemanagement“. Für das Modul Energiemanagement werden z. B. für 10.000 Einwohner ca. 230 Euro netto monatlich berechnet. Es gibt einen Sprung bei 75.000 – 100.000 Einwohnern, hier sind es bereits 475 Euro monatlich.

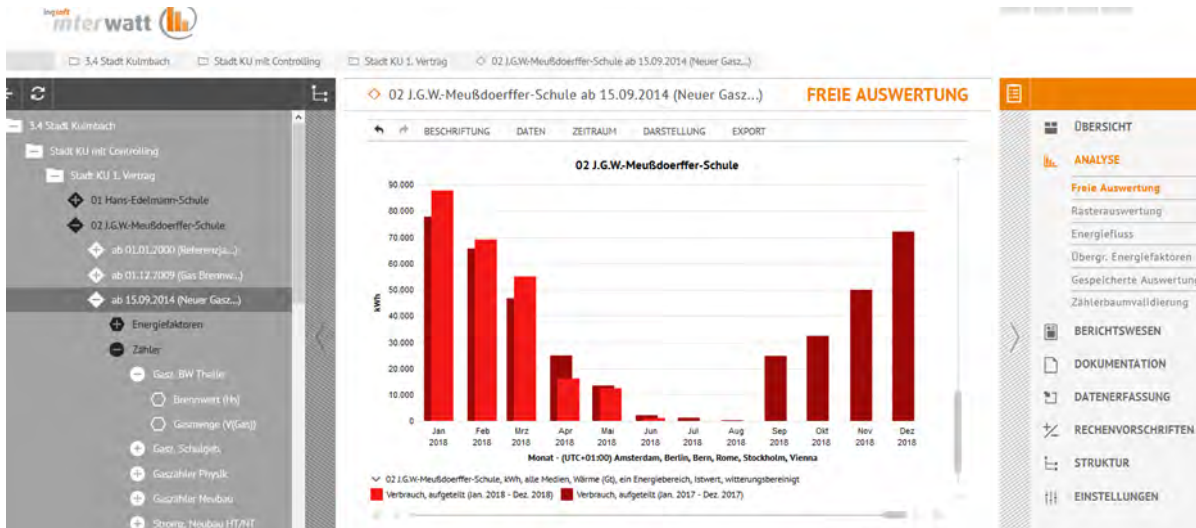
Abbildung 149: Managementsystem Communal FM, screen shot



IngSoft Interwatt

Das Unternehmen „IngSoft GmbH“ ist ein Anbieter, der aus der Region kommt. Die Software „IngSoft Interwatt“ ist klar strukturiert und einfach zu bedienen. Es bietet viele automatische Abläufe, so können z.B. Ableselisten oder Berichte für den automatischen Versand per Mail an andere Abteilungen oder Mitarbeiter eingestellt werden.

Abbildung 150: Managementsystem Interwatt, screen shot



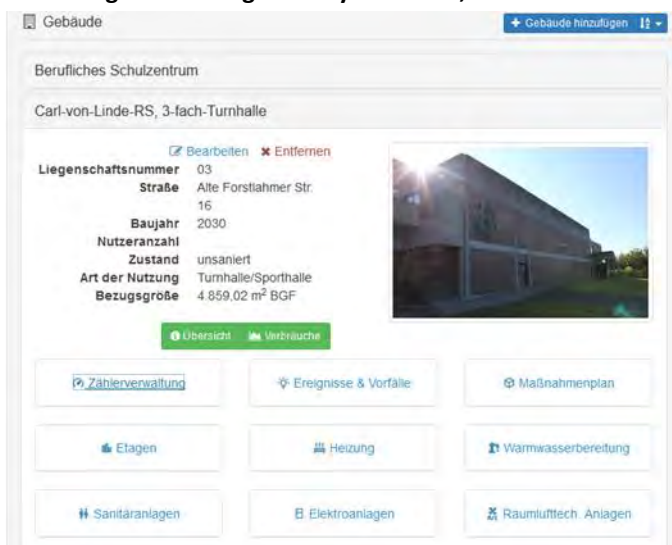
Die Witterungsbereinigung erfolgt kostenfrei und tagesgenau über ein Datenabonnement des Deutschen Wetterdienstes (DWD). Wenn Datenlogger zum Einsatz kommen sollten, besteht hier bereits eine große Reihe von Schnittstellen. Die monatlichen Kosten für die Software sind nicht zu vernachlässigen, dafür muss für die Mitarbeiter ein wesentlich geringerer Zeitaufwand eingeplant werden. Voraussetzung für die Nutzung der Software und des Supports von IngSoft ist der Besuch einer kostenpflichtigen Schulung. Einzelne Zählwerkspunkte müssen quasi als Lizenz gekauft werden. Es folgt dann eine monatliche

Gebühr für Hosting und Softwarewartung anhand der genutzten Zählwerkspunkte. Module für zusätzliche Anwendungsmöglichkeiten (z.B. erweitertes Maßnahmenmanagement, Datenlogger-Nutzung, Handy-App-Nutzung, etc.) müssen einzeln erworben werden. IngSoft hat im letzten Jahr sein Lizenzabrechnungssystem überarbeitet.

INM

INM ist vom Aufbau her eher für die Anwendung auf mobilen Geräten spezialisiert. Sobald z.B. Ableser mit Smartphones oder Tablets ausgerüstet sind, können sie den QR-Code eines Zählers scannen und den Zählerstand eingeben. Die Daten werden verschickt, sobald die Geräte wieder im Netz sind. Es gibt jedoch keine Ableserinnerungen oder automatische Berichte – die zuständige Abteilung muss selbst hinterher sein. Daten für die Witterungsbereinigung werden einmal monatlich von der Softwarefirma eingestellt. Schnittstellen für Datenlogger können bei Bedarf programmiert werden. Der große Vorteil der Software sind die geringen laufenden Kosten. Bei einer Kommune mit mehr als 10.000 Einwohnern (Fürth 120.000 Einwohner) wird eine einmalige Einrichtungsgebühr von knapp 3.000 Euro erhoben, danach folgen jährliche Lizenzgebühren von ca. 50 Euro pro Liegenschaft. Diese Lizenzgebühren sind gestaffelt und senken sich ab der 20. Liegenschaft.

Abbildung 151: Managementsystem INM, screen shot



Für tiefere oder speziellere Auswertungen ist ein Datentransfer z.B. in Excel bei beiden Systemen kein Problem.

Alle angegebenen Preise sind Bruttoorientierte Werte, für eine genaue Kalkulation sind eigene Angebote einzuholen. Eindeutig favorisiert wurden am Ende zwei völlig unterschiedliche, reine Energiemanagement Systeme: „Interwatt“ und „INM“.

9 Anhang

9.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anteile Sektoren Endenergie Wärme (ohne Heizstrom)	11
Abbildung 2: Entwicklung Heizwärmebedarf und Wohnfläche	12
Abbildung 3: Entwicklung Endenergie Wohnen	12
Abbildung 4: Entwicklung Endenergie Wohnen	12
Abbildung 5: Wärmeverbrauch kommunale Einrichtungen	13
Abbildung 6: Anteile Energieträger Endenergie Wärme	14
Abbildung 7: Erdgasversorgte Gebiete; Wärmenetze Bestand	14
Abbildung 8: Stromverbrauch Sektoren	15
Abbildung 9: Wärmekataster (bifa), Ausschnitt	16
Abbildung 10: Ausschnitt - Ergebnisse der automatischen Bautypenanalyse	18
Abbildung 11: Ausschnitt – Wärmebedarf der Einzelgebäude	19
Abbildung 12: Verteilung der Wärmebedarfe in Abhängigkeit von Grundfläche und Gebäudehöhe	19
Abbildung 13: Wärmebedarf Wohnen in den Siedlungsflächen	20
Abbildung 14: Ausschnitt - Wärmebedarf-Wohnen in Siedlungsflächen	21
Abbildung 15: Ausschnitt – Wärmebelegungsdichte (Wärmebedarf für Wohnen)	22
Abbildung 16: Ausschnitt – Wärmebelegungsdichte (Wärmebedarf für Wohnen)	23
Abbildung 17: Gasverbrauch (gesamt: 1.005 GWh/a) 2015 nach Nutzerprofilen	25
Abbildung 18: Gasverbrauch (Gewerbe: 636 GWh/a) 2015 nach Nutzerprofilen	25
Abbildung 19: Gasverbrauch (2015) nach den Sektoren	26
Abbildung 20: Gasverbrauch von Großverbrauchern	27
Abbildung 21: Endenergieverbrauch Stadt Fürth; 1990 – 2016	28
Abbildung 22: CO ₂ -Emissionen Stadt Fürth; 1990 – 2016	29
Abbildung 23: THG-Emissionen Stadt Fürth; 1990 – 2016	29
Abbildung 24: Entwicklung Stromverbrauch; 1990 – 2016	30
Abbildung 25: Entwicklung Erdgasverbrauch; 1990 – 2016	30
Abbildung 26: Entwicklung KWK/ KWKK, Fernwärmeverbrauch; 1990 - 2016	30
Abbildung 27: Entwicklung Kohleverbrauch; 1990 – 2016	31
Abbildung 28: Entwicklung Heizölverbrauch; 1990 – 2016	31
Abbildung 29: Entwicklung erneuerbare Energien; 1990 - 2016	32
Abbildung 30: Personenverkehr, Entwicklung ÖPNV und mIV; 1990 - 2016	32
Abbildung 31: Sektor Wohnen Referenzszenario; Endenergie, Emissionen	34
Abbildung 32: Sektor Wohnen Referenzszenario; Endenergie, Emissionen pro m ²	35
Abbildung 33: Sektor Wohnen Effizienzzenario; Endenergie, Emissionen	35
Abbildung 34: Sektor Wohnen Effizienzzenario; Endenergie, Emissionen pro m ²	36
Abbildung 35: Sektor Wohnen Klimaschutzszenario; Endenergie, Emissionen	36
Abbildung 36: Sektor Wohnen Klimaschutzszenario; Endenergie, Emissionen pro m ²	37
Abbildung 37: Sektor Wohnen Potenzial; Heizwärmebedarf, Wohnfläche	37
Abbildung 38: Sektor Wohnen Gesamtpotenzial; Endenergie, Emissionen	38
Abbildung 39: Sektor Wohnen Gesamtpotenzial; Endenergie, Emissionen pro m ²	38
Abbildung 40: Spezifischer Wärmeverbrauch kommunaler Verbrauchsgruppen	39
Abbildung 41: Spezifischer Stromverbrauch kommunaler Verbrauchsgruppen	39

Abbildung 42: Effizienzpotenzial Industrie und GHD	42
Abbildung 43: Stromverbrauchswerte entsprechend Haushaltsgröße und Wohnsituation	43
Abbildung 44: Anwendungsfelder privater Stromverbrauch	44
Abbildung 45: Einsparpotenzial privater Stromverbrauch	44
Abbildung 46: Fernwärmeabgabe nach Verbrauchssektoren	45
Abbildung 47: Installierte elektrische und thermische Leistung der BHKW zur Fernwärmeerzeugung	46
Abbildung 48: Strom- und Wärmeerzeugung in KWK-Anlagen der infra fürth gmbh	46
Abbildung 49: Jahresdauerlinie für den Einsatz von "BHKW Fro 1" und "BHKW Fro 2"	47
Abbildung 50: erneuerbare Energien Strom, Bestand und installierbare Leistung	50
Abbildung 51: Ausschnitt Flächenpotentiale nach Größe	52
Abbildung 52: Ausschnitt Dacheignung für Solaranlagen	53
Abbildung 53: Flächenkonzentration des PV-Dachflächenpotentials	54
Abbildung 54: PV Freiflächen Anlagenpotential	56
Abbildung 55: Potentialgebiete für Tiefengeothermie in Süddeutschland	57
Abbildung 56: Potentialgebiete für Windkraftanlagen	58
Abbildung 57: Windräder Potenzialgebiet 1	60
Abbildung 58: Empfehlungen zur Nutzung von Erdwärme nach Angaben des LfU	65
Abbildung 59: Wärmemengen und Anteile am Potential regenerativer Wärme aus Biomasse	66
Abbildung 60: Waldholzpotentiale nach Waldart	67
Abbildung 61: Referenzszenario; Entwicklung Wärmebedarf (mit Heizstrom Haushalte)	69
Abbildung 62: Referenzszenario; Entwicklung Strombedarf (ohne Heizstrom Haushalte)	70
Abbildung 63: Effizienzszenario; Entwicklung Wärmebedarf (mit Heizstrom Haushalte)	71
Abbildung 64: Effizienzszenario; Entwicklung Strombedarf (ohne Heizstrom Haushalte)	71
Abbildung 65: Klimaschutzszenario; Entwicklung Wärmebedarf (mit Heizstrom Haushalte)	72
Abbildung 66: Klimaschutzszenario; Entwicklung Strombedarf (ohne Heizstrom Haushalte)	72
Abbildung 67: Entwicklung CO ₂ -Emissionen – Szenarien, Sektoren	74
Abbildung 68: Entwicklung THG- Emissionen – Szenarien, Sektoren	74
Abbildung 69: Jahresdauerlinie des Wärmeverbrauchs des Schulareals	97
Abbildung 70: Monatsverbräuche Strom des Schulareals	97
Abbildung 71: Jahresdauerlinie inkl. KWK	98
Abbildung 72: Monatsbilanz Wärme inkl. KWK	99
Abbildung 73: Jahresdauerlinie Kiderlinschule inkl. KWK-Anlage	101
Abbildung 74: Gewerbe Theaterstr., Jahresdauerlinie inkl. KWK-Anlage	103
Abbildung 75: Wohngebäude Helmstr., Tageslastgang Strom, Wochentag	104
Abbildung 76: Wohngebäude Helmstr., Tageslastgang Wärme, Winter Wochentag	105
Abbildung 77: Wohngebäude Helmstr., Jahresdauerlinie inkl. KWK-Anlage	105
Abbildung 78: Helene-Lange-Gymnasium, Luftbild	107
Abbildung 79: Helene-Lange-Gymnasium, Trassenführung Fernwärme	107
Abbildung 80: Mittelschule Kiderlinstraße, Luftbild	110
Abbildung 81: Mittelschule Kiderlinstraße, Trassenführung Fernwärme	111
Abbildung 82: Luftbild Geschosswohnungsbau Bereich Herrnstraße, Kaiserstraße	113
Abbildung 83: Sanierungskonzept Wohnungsbau Herrnstraße, Investitionen	114
Abbildung 84: Sanierungskonzept Wohnungsbau Herrnstraße, Energieeinsparung	115

Abbildung 85: Sanierungskonzept Wohnungsbau Herrnstraße, Verbrauchskosten	115
Abbildung 86: Sanierungskonzept Wohnungsbau Herrnstraße, Gesamtkosten	116
Abbildung 87: Sanierungskonzept Wohnungsbau Herrnstraße, Gesamtkosten je m ² Nutzfläche	116
Abbildung 88: Sanierungskonzept Wohnungsbau Herrnstraße, CO ₂ -Emissionen	117
Abbildung 89: Sanierungskonzept Wohnungsbau Herrnstraße, THG-Emissionen	117
Abbildung 90: Grundschule Friedich-Ebert-Straße, Luftbild	119
Abbildung 91: Grundschule Friedich-Ebert-Straße, Fassadendetail	119
Abbildung 92: Grundschule Friedich-Ebert-Straße, gekippte Fenster	120
Abbildung 93: Grundschule Friedich-Ebert-Straße, Zustand Fenster, Außenputz	120
Abbildung 94: Grundschule Friedich-Ebert-Straße, Buderus Gaskessel	120
Abbildung 95: Grundschule Friedich-Ebert-Straße, Warmwasserspeicher	120
Abbildung 96: Grundschule Friedich-Ebert-Straße, Heizungsverteilung	121
Abbildung 97: Grundschule Friedich-Ebert-Straße, Warmwasserspeicher Turnhalle	121
Abbildung 98: Grundschule Friedich-Ebert-Straße, Warmwasserverteilung	121
Abbildung 99: Grundschule Friedrich-Ebert-Straße, Beleuchtung Turnhalle	122
Abbildung 100: Mittelschule Soldnerstraße	123
Abbildung 101: Mittelschule Soldnerstraße, Flur EG unsaniert	124
Abbildung 102: Mittelschule Soldnerstraße, Flur EG saniert	124
Abbildung 103: Mittelschule Soldnerstraße, Heizkessel	124
Abbildung 104: Mittelschule Soldnerstraße, Steuerung	124
Abbildung 105: Mittelschule Soldnerstraße, Heizkreisverteilung	125
Abbildung 106: Mittelschule Soldnerstraße, Heizungspumpen	125
Abbildung 107: Mittelschule Kiderlinstraße, Luftbild	126
Abbildung 108: Mittelschule Kiderlinstraße, Fassadenansicht Neubau	126
Abbildung 109: Mittelschule Kiderlinstraße, Ansicht Treppenhausfenster	127
Abbildung 110: Mittelschule Kiderlinstraße, Ansicht Lüftungsfenster	127
Abbildung 111: Mittelschule Kiderlinstraße, Gaskessel	127
Abbildung 112: Mittelschule Kiderlinstraße, Gasbrennwertkessel, Kondensatablauf	127
Abbildung 113: Mittelschule Kiderlinstraße, Warmwasserbereitung	127
Abbildung 114: Mittelschule Kiderlinstraße, Regelung	128
Abbildung 115: Mittelschule Kiderlinstraße, Lüftungsanlage	128
Abbildung 116: Mittelschule Kiderlinstraße, Regelung Lüftungsanlage	128
Abbildung 117: Schule Ligusterweg, Luftbild	129
Abbildung 118: Schule Ligusterweg, Ansicht historisches Gebäude; Ansicht Turnhalle	130
Abbildung 119: Schule Ligusterweg, Fensteranschluss außen	130
Abbildung 120: Schule Ligusterweg, Fensteranschluss innen	130
Abbildung 121: Schule Ligusterweg, Beleuchtung Klassenzimmer	131
Abbildung 122: Schule Ligusterweg, Beleuchtung Turnhalle	131
Abbildung 123: Schule Ligusterweg, Anzeige Vorlauftemperatur	131
Abbildung 124: Schule Ligusterweg, alte Gaskessel	131
Abbildung 125: Schule Ligusterweg, Heizkreisverteilung	132
Abbildung 126: Schule Ligusterweg, Lüftungsanlage	132
Abbildung 127: Schule Ligusterweg, Warmwasserbereithaltung	132

Abbildung 128: Schule Ligusterweg, Regelung Heizung und Lüftung	133
Abbildung 129: Schule Ligusterweg, Unterverteilung	133
Abbildung 130: Schule Ligusterweg, Unterverteilung Regelung	133
Abbildung 131: Schule Ligusterweg, Thermostatköpfe Klassenzimmer	134
Abbildung 132: Schule Ligusterweg, Thermostatköpfe Flure	134
Abbildung 133: Otto-Lilienthal-Schule, Luftbild	135
Abbildung 134: Otto-Lilienthal-Schule, Ansicht	135
Abbildung 135: Otto-Lilienthal-Schule, Aula, verglaste Kuppel	136
Abbildung 136: Otto-Lilienthal-Schule, Aula, Wärmeschutzfolie	136
Abbildung 137: Otto-Lilienthal-Schule, Beleuchtung Turnhalle	136
Abbildung 138: Otto-Lilienthal-Schule, Beleuchtung Klassenzimmer	136
Abbildung 139: Otto-Lilienthal-Schule, Fernwärmeanschluss	137
Abbildung 140: Otto-Lilienthal-Schule, Haupt- und Unterverteilung	137
Abbildung 141: Otto-Lilienthal-Schule, Regelung Lüftungsanlage	137
Abbildung 142: Otto-Lilienthal-Schule, Heizungsregelung	137
Abbildung 143: Otto-Lilienthal-Schule, Warmwasserversorgung	138
Abbildung 144: Otto-Lilienthal-Schule, Kaltwasserversorgung	138
Abbildung 145: Ausschnitt Gasverbrauch (2015) nach Sektoren	140
Abbildung 146: Gasverbrauch von Großverbrauchern und Gewerbe nach Standardlastprofil	141
Abbildung 147: Ausschnitt Gasverbrauch von Großverbrauchern/ Gewerbe nach Standardlastprofil	142
Abbildung 148: Wärmezentren Gewerbe	143
Abbildung 149: Managementsystem Communal FM, screen shot	146
Abbildung 150: Managementsystem Interwatt, screen shot	146
Abbildung 151: Managementsystem INM, screen shot	147

9.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Wärmebedarf Wohnen nach Bautypen	17
Tabelle 2: Verbrauchsprofile Gewerbe	24
Tabelle 3: Gasverbrauch in den Straßen	25
Tabelle 4: Sanierungsszenarien Sektor private Haushalte (Wohnungssektor, Raumwärme)	33
Tabelle 5: Energieverbrauch nach Anwendungsgebieten, Effizienzpotenziale	41
Tabelle 6: Strompotential und Bestandsanlagen	51
Tabelle 7: PV-Anlagenparks	55
Tabelle 8: Viehbestand Stadtgebiet Fürth	61
Tabelle 9: Wärmepotenzial und Bestandsanlagen	63
Tabelle 10: Sektor private Haushalte, erneuerbare Heizwärme, Warmwasser	73
Tabelle 11: Sektor Anteil erneuerbarer Energien am Energieverbrauch - Sektoren	73
Tabelle 12: Sektor Anteil erneuerbarer Energien am Energieverbrauch - Sektoren	75
Tabelle 13: Investitionen und Kosten KWK HLG, Ullsteinrealschule, Schule Maistraße.....	99
Tabelle 14: Gesamte Jahreskosten KWK HLG, Ullsteinrealschule, Schule Maistraße.....	100
Tabelle 15: Investitionen und Kosten KWK, Kiderlinschule	101
Tabelle 16: Gesamte Jahreskosten KWK Kiderlinschule	102
Tabelle 17: Gewerbe Theaterstr., Investitionen und Kosten KWK	103
Tabelle 18: Gewerbe Theaterstr., gesamte Jahreskosten KWK.....	104
Tabelle 19: Wohngebäude Helmstr., Investitionen und Kosten KWK	106
Tabelle 20: Wohngebäude Helmstr., Gesamte Jahreskosten KWK	106
Tabelle 21: Helene-Lange-Gymnasium, Gesamte Jahreskosten Fernwärme; Var. I.....	108
Tabelle 22: Helene-Lange-Gymnasium, Gesamte Jahreskosten Fernwärme; Var. II.....	108
Tabelle 23: Helene-Lange-Gymnasium, Kosten Wärmenetz in Bezug zur Anschlussquote	109
Tabelle 24: Helene-Lange-Gymnasium, CO ₂ -Emissionen in Abhängigkeit zur Anschlussquote	109
Tabelle 25: Helene-Lange-Gymnasium, THG-Emissionen in Abhängigkeit zur Anschlussquote	110
Tabelle 26: Kiderlinschule, Gesamte Jahreskosten Fernwärme	111
Tabelle 27: Kiderlinschule, Kosten Wärmetrasse in Bezug zur Anschlussquote.....	112
Tabelle 28: FW Kiderlinschule/ Steubenstraße, CO ₂ -Emissionen in Abhängigkeit zur Anschlussquote	112
Tabelle 29: FW Kiderlinschule/ Steubenstraße, THG-Emissionen in Abhängigkeit zur Anschlussquote	113
Tabelle 30: Dämmstandards Sanierung MFH Herrnstr.....	114

9.3 Abkürzungsverzeichnis

AGFW	„Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. (ehemals: Arbeitsgemeinschaft Fernwärme)
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BauNVO	Baunutzungsverordnung
BHKW	Blockheizkraftwerk
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
BWZK	Bauwerkszuordnungskatalog
CO ₂	Kohlendioxid
dena	Deutsche Energie-Agentur GmbH
EAN	Energieagentur Nordbayern GmbH
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEWärmeG	Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz
EnEV	Energieeinsparverordnung
ENP	Energienutzungsplan
EVG	Elektronisches Vorschaltgerät (bei Lampen)
FW	Fernwärme
ggf.	gegebenenfalls
GHD / I	Gewerbe, Handel, Dienstleistung / Industrie
GuD	Gas- und Dampfturbinentechnologie
HKW	Heizkraftwerk
HLG	Helene-Lange-Gymnasium
HWK	Handwerkskammer
IHK	Industrie- und Handelskammer
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
KEM	Kommunales Energiemanagement
KEiM	„Keep energy in mind“
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KUP	Kurzumtriebsplantagen
KWKG	Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz – KWKG 2017)
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LED	light emitting diode
Lfdm.	Laufende Meter
LfU	Bayerisches Landesamt für Umwelt
miV	motorisierter Individualverkehr
MSR	Messen – Steuern - Regeln
NAWARO	Nachwachsende Rohstoffe
PV	Photovoltaik
THG	Treibhausgas
TNV	Thermische Nachverbrennungsanlage
TriMa	Trigeneration Market
WBG	Wohnungsbaugesellschaft
WEA	Windenergieanlage
WEG	Wohnungseigentümergeinschaft

9.4 Einheiten

°C	Grad Celsius
GW	Gigawatt
GWh	Gigawattstunde
GWh/a	Gigawattstunden pro Jahr
ha	Hektar
kg	Kilogramm
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
kWh _{el}	Kilowattstunde elektrisch
m ²	Quadratmeter
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunde
t	Tonne
t CO ₂	Tonnen CO ₂ -Emission
t CO ₂ -äq	Tonnen CO ₂ -Äquivalent-Emission