FfE Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH



Energienutzungsplan für die Stadt Nürnberg - erstellt im Rahmen eines integrierten Klimaschutzkonzeptes

Endbericht © FfE, November 2011

Gefördert durch:

ptj Projektträger Jülich Forschungszentrum Jülich

Klimaschutz zahlt sich aus! DIE BMU KLIMASCHUTZ-INITIATIVE

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

NÜRNBERG

Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH FfE

Energienutzungsplan für die Stadt Nürnberg

im Rahmen eines integrierten Klimaschutzkonzeptes

Auftraggeber:	**Stadt Nürnberg**
FfE-Auftragsnummer:	**StNürnb-01**
Bearbeiter/in:	**Christian Fieger** **Corinna Steinert** **Tobias Schmid** **Roman Burhenne**
Fertigstellung:	**November 2011**

Impressum:

Endbericht der
Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH
in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für
Energiewirtschaft und Anwendungstechnik der TU
München

zum Projekt:

Energienutzungsplan für die Stadt Nürnberg

im Rahmen eines integrierten
Klimaschutzkonzeptes

**gefördert durch das Bundesministerium für
Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
vertreten durch den Projektträger Jülich**

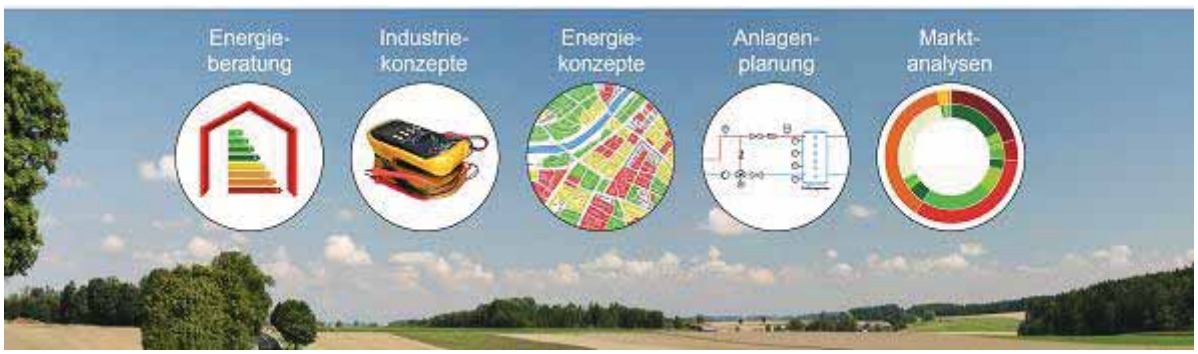
Auftraggeber:

Stadt Nürnberg

Kontakt:

Am Blütenanger 71
80995 München
Tel.: +49 (0) 89 158121-0
Fax: +49 (0) 89 158121-10
E-Mail: info@ffe.de
Internet: www.ffegmbh.de

Geschäftsführer:
Dipl.-Wi.-Ing. Serafin von Roon



Inhalt

Energienutzungsplan der Stadt Nürnberg 1
1 Einleitung 1
2 Ziel und Methodisches Vorgehen 2
3 Erhebung des Ist-Zustands 4
3.1 Datenbasis 4
3.1.1 Statistische Daten 4
3.1.2 Spezifische Verbrauchswerte 6
3.1.3 Öffentliche Liegenschaften 7
3.1.4 GHD und Industrie 7
3.2 Berechnung des Energieverbrauchs 13
3.3 Erstellung des Wärmekatasters 16
3.3.1 Das Flächennutzungstypenkataster 16
3.3.2 Räumliche Auflösung 18
3.3.3 Verifizierung der räumlichen Auflösung 20
4 Potenzialanalyse 24
4.1 Sanierungspotenzial im Sektor Wohnen 24
4.1.1 Szenario 1 „Weiter wie bisher“ 28
4.1.2 Szenario 2a „Verbesserter Dämmstandard“ 30
4.1.3 Szenario 2b „Verbesserter Dämmstandard + hohe Dämmquote“ 31
4.1.4 Szenario 3 „Das umsetzbare Optimum“ 32
4.1.5 Vergleich der Szenarien 34
4.1.6 Einsparpotenzial beim Stromverbrauch 35
4.2 Einsparpotenzial im Gewerbe 36
4.2.1 Entwicklung des Wärmeverbrauchs 36
4.2.2 Entwicklung des Stromverbrauchs 37
4.3 Energieeinsparpotenzial in der Industrie 37
4.3.1 Energieverbrauch im Jahr 2030 38
4.4 Potenzial regenerativer Energieerzeugung 39
4.4.1 Solare Strahlung 40
4.4.1.1 Bestimmung der nutzbaren Dachflächen in Nürnberg 40
4.4.1.2 Solarthermie 41
4.4.1.3 Photovoltaik 43
4.4.2 Biomasse 45

4.4.2.1 Bestimmung der potenziell nutzbaren Flächen 46
4.4.2.2 Biomasse-Nutzung im Stadtgebiet Nürnberg 47
4.4.3 Windkraft 49
4.4.3.1 Rechtliche Grundlagen beim Bau von Windkraftanlagen 49
4.4.3.2 Bestimmung der Windeignungsflächen in Nürnberg 50
4.4.3.3 Windpotenzial der Stadt Nürnberg 51
4.4.4 Geothermie 52
4.4.4.1 Tiefengeothermie 52
4.4.4.2 Oberflächennahe Geothermie 53
4.5 Das KWK-Potenzial 54
4.5.1 Die Vorteile der KWK-Anlagen 54
4.5.2 Die Nachteile der KWK-Anlagen 55
4.5.3 Realistisches Potenzial 55
4.6 Gesamtpotenzial zur Energieeinsparung und CO_2-Vermeidung 55
4.6.1 Die Energieträgerverteilung auf Distriktebene 56
4.6.2 Die Emissionen der einzelnen Energieträger und deren Entwicklung 57
4.6.3 Die Gesamtemissionen der Stadt Nürnberg nach Energieträger 59
4.6.4 Die CO_2-Emissionen aufgeteilt nach Sektoren und Energieträgern 59
4.6.5 Vergleich der Szenarien 64
5 Maßnahmen auf Distriktebene 67
5.1 Distrikt-Gruppierung nach Siedlungstypen 67
5.2 Auswahl der Referenzdistrikte 68
5.3 Erläuterungen zum Anhang 69
5.4 Detailanalyse der Referenzdistrikte 70
5.4.1 Distrikt 492 – Das ländlich geprägte Gebiet 70
5.4.2 Distrikt 20 – Der Gewerbedistrikt im Zentrum von Nürnberg 76
5.4.3 Distrikt 272 – Städtische Blockrandbebauung als Mischgebiet 79
5.4.4 Distrikt 371 – Zeilenbebauung 81
5.4.5 Distrikt 410 – Neubaugebiet Brunecker Straße 84
5.4.6 Distrikt 472 / 473 – Das Hafengebiet 88
5.4.7 Distrikt 602 – Neubaugebiet Tiefes Feld 93
5.4.8 Distrikt 833 – Reihenhaussiedlung 98
6 Zusammenfassung 104
7 Literaturverzeichnis 116

Energienutzungsplan der Stadt Nürnberg

1 Einleitung

Die Stadt Nürnberg mit ihren 500.000 Einwohnern liegt in Mittelfranken. Die Wärmeversorgung setzt sich aktuell aus einem Mix bestehend aus Fernwärme, Gas, Heizöl und Kohle zusammen. Des Weiteren werden in begrenztem Umfang regenerative Energieträger zur Energieerzeugung eingesetzt. Der Stromverbrauch wird zum Teil über das Heizkraftwerk Sandreuth und regenerative Anlagen (Photovoltaik, Grubengas) gedeckt. Der Hauptanteil wird über das Stromnetz aus dem Kraftwerkpark bezogen. Im Hinblick auf die Klimaschutzziele der Bundesregierung und dem geplanten Atomausstieg muss kurz- und mittelfristig die Energieversorgung mit einem hohen Maß an Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung erfolgen.

Erstes Ziel ist dabei den aktuellen Energieverbrauch soweit aus ökonomischer Sicht sinnvoll zu senken. Die Reduktion beinhaltet neben den Einsparungen durch ein verbessertes Nutzverhalten auch die Steigerung der Effizienz in der Erzeugung und Verteilung der Energie. Eine wichtige Säule der zukünftigen Energieversorgung wird dabei die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) sein. Über das bereits vorhandene Fernwärmenetz kann die bei der Stromproduktion entstehende Wärme direkt an den Endverbraucher geliefert werden und wird nicht über Kühltürme an die Umgebung ungenutzt abgegeben. Diese Technologie konkurriert jedoch mit einer Vielzahl von weiteren Maßnahmen vor allem im Bereich der regenerativen Wärmeerzeugung und Gebäudesanierung.

Bei der Potenzialermittlung werden insbesondere der Ausbau der KWK-Kapazität sowie eine Erweiterung des Fernwärmenetzes, die für Nürnberg typische Sanierungsrate der Wohngebäude und der Einsatz alternativer Energieträger berücksichtigt.

Mit in diese Betrachtung fließt die mögliche Entwicklung des Energieverbrauchs im Gewerbe- und Industriesektor ein. Wichtigste Einflussgröße ist in dieser Berechnung die Entwicklung des Raum- und Prozesswärmeverbrauchs, die bis zum Jahr 2030, ausgehend vom heutigen Stand, fortgeschrieben wird.

Nach Auswertung aller Einflussparameter und Erstellung der Zukunftsprognose für 2030 wird ein Maßnahmenkonzept erstellt, das den Verantwortlichen der Stadt Nürnberg aufzeigt in welchen Sektoren ein hohes Maß an Optimierungspotenzial vorhanden ist und wie dieses umgesetzt werden kann.

2 Ziel und Methodisches Vorgehen

Der Energienutzungsplan dient in Anlehnung an den Flächennutzungsplan der Kommune als Planungsinstrument für die zukünftige Entwicklung des Stadtgebietes. Der Energienutzungsplan ist damit nicht als starres Konzept zu verstehen, sondern gibt eine Prognose zur Entwicklung des Energieverbrauchs und dessen optimale Deckung. Im Rahmen von Szenarien sollen mögliche Entwicklungen und die dafür notwendigen Randbedingungen dargelegt werden.

Es wird aufgezeigt welche Flächen für die nachhaltige Erzeugung von Energie genutzt werden können und welche Maßnahmen zur Energieeinsparung bzw. effizienten Erzeugung im Siedlungsgebiet umgesetzt werden können. Dabei spielt die aus dem Flächennutzungsplan zu Grunde gelegte Nutzungsbestimmung vor allem bei der Energieerzeugung die wesentliche Rolle.

Für den Bereich der Energieeinsparung liegt das Hauptaugenmerk auf der Siedlungsstruktur und dem vorhandenen Gewerbe. Somit können die einzelnen Maßnahmen direkt Flächen, bzw. Gebieten aus dem Flächennutzungsplan zugeordnet werden und es entsteht der Energienutzungsplan (ENP).

Durch die Beschreibung der einzelnen Klimaschutzvorschläge und eine ungefähre zeitliche Umsetzungsreihenfolge dient das Ergebnis als Basis für die weiteren Planungen der Kommune im Bereich des Klimaschutzes. Das Vorgehen zur Erstellung eines ENP ist in **Abbildung 2-1** schematisch dargestellt. Darüber ist das Ziel dieser Untersuchung, einen Plan zur nachhaltigen Verbrauchsdeckung unter Berücksichtigung der sich zukünftig verändernden Anforderung zu erstellen.

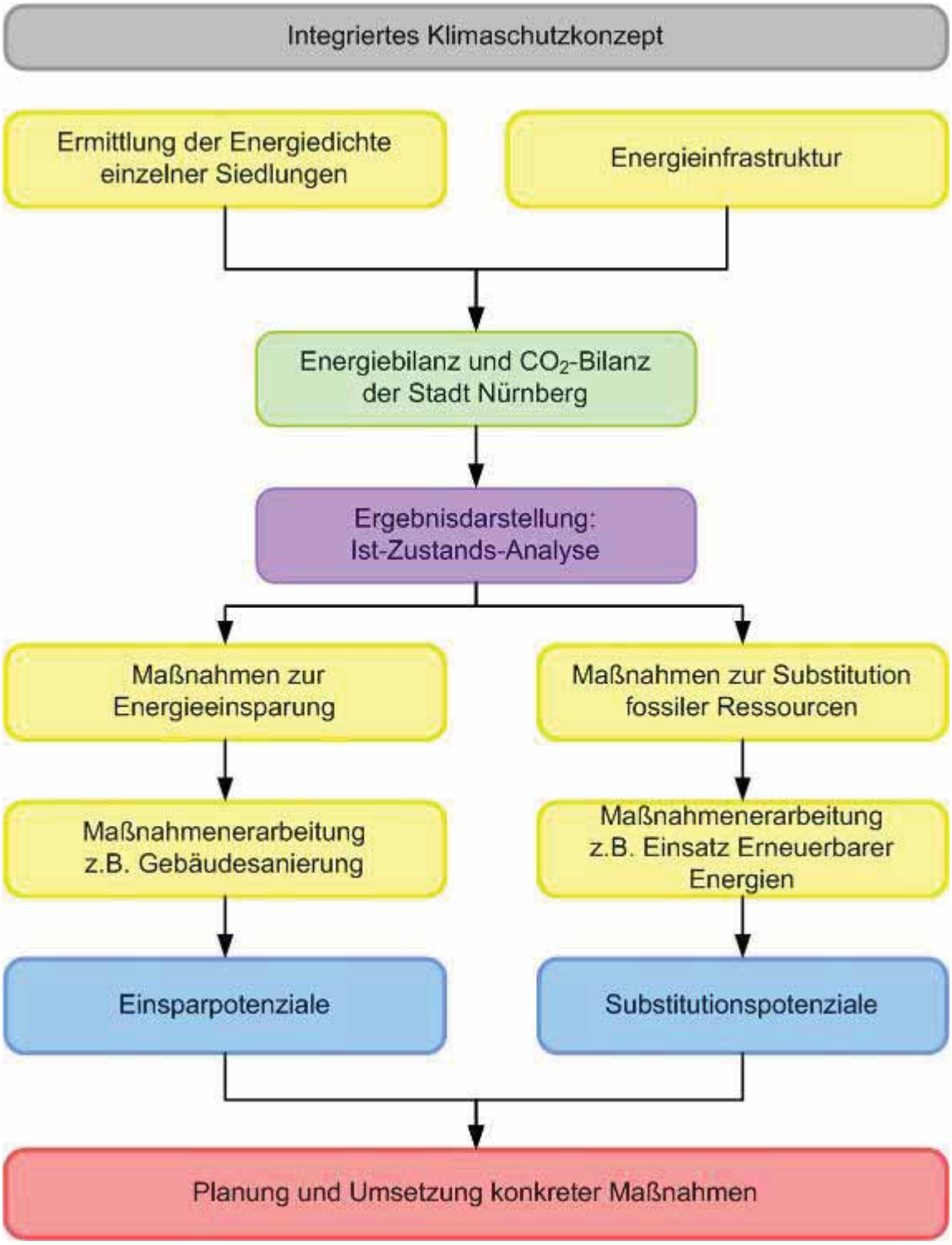


Abbildung 2-1: *Vorgehen bei der Erstellung eines Energienutzungsplanes*

Da die Klimaschutzverpflichtungen meist auf einen langen Zeitraum (bis zum Jahr 2030 bzw. 2050) festgelegt sind, ist für den ENP eine Fortschreibung der zukünftigen Energieverbrauchsentwicklung unabdingbar. Basis eines jeden Szenarios bildet die Bestandsaufnahme. Hierzu werden die aktuellen Verbräuche aus den Wohnhäusern, der öffentlichen Gebäude, des Gewerbes und der Industrie ermittelt. Je detaillierter die Ist-Zustandsanalyse durchgeführt wird, umso belastbarer wird der Ausblick in die Zukunft.

3 Erhebung des Ist-Zustands

Die Ist-Zustandsanalyse ist der wesentliche Baustein, um aussagekräftige Klimaschutzmaßnahmen ableiten zu können. Sie umfasst die Bereiche Haushalte (HH), Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) sowie Industrie. Der Verkehrssektor wird in diese Betrachtung nicht mit einbezogen. Ermittelt werden der Raumwärme-, Warmwasser-, Strom- und Prozesswärmeverbrauch.

Zunächst werden die verschiedenen Datenquellen vorgestellt. Anschließend wird der Wärmeverbrauch auf Distriktebene ermittelt. Im letzten Abschnitt wird eine Methodik skizziert die mittels Flächennutzungstypenkataster (FNTK) den Wärmeverbrauch in einer sehr hohen räumlichen Auflösung bestimmt. Die graphische Darstellung in Wärme- und Stromkatastern (Energiekataster) ermöglicht hierbei eine schnelle, optische Erfassung der umfangreichen Datenbestände.

3.1 Datenbasis

Für die Datenerhebung kommen mehrere Alternativen in Betracht. Diese hängen von der Verfügbarkeit einzelner Datenquellen ab. So sind z.B. adressgenaue Verbrauchsdaten eines Energieversorgers die bestmögliche Datenbasis, aber aus datenschutzrechtlichen Gründen kann in diesem Projekt nicht darauf zurückgegriffen werden. Die verschiedenen, in diesem Projekt genutzten Datenquellen zur Erfassung des aktuellen Energieverbrauches der Stadt Nürnberg werden in den folgenden Punkten beschrieben.

3.1.1 Statistische Daten

Die Stadt Nürnberg wird in 316 Distrikte (vgl. **Abbildung 3-1**) aufgeteilt. Diese bilden für die weiteren Berechnungen das übergeordnete Raster. Die Zahlen in der Abbildung weisen die einzelnen Distriktnummern aus.

Die Daten für den Wohngebäudebestand wurden von der abgeschotteten Statistikzelle in Nürnberg zur Verfügung gestellt. Diese beinhalten folgende Aufteilung je Distrikt:

- Anzahl der Einfamilien- und Mehrfamilienhaus (EFH/MFH)
- Baualter (BA) (10 Kategorien, vgl. **Tabelle 3-1**)
- Wohnfläche
- Nutzfläche

Damit ist für jeden Distrikt die Wohnfläche je Gebäudetyp und Baualtersklasse bestimmt. Des Weiteren wurde die Einwohnerzahl je Distrikt zur Verfügung gestellt.

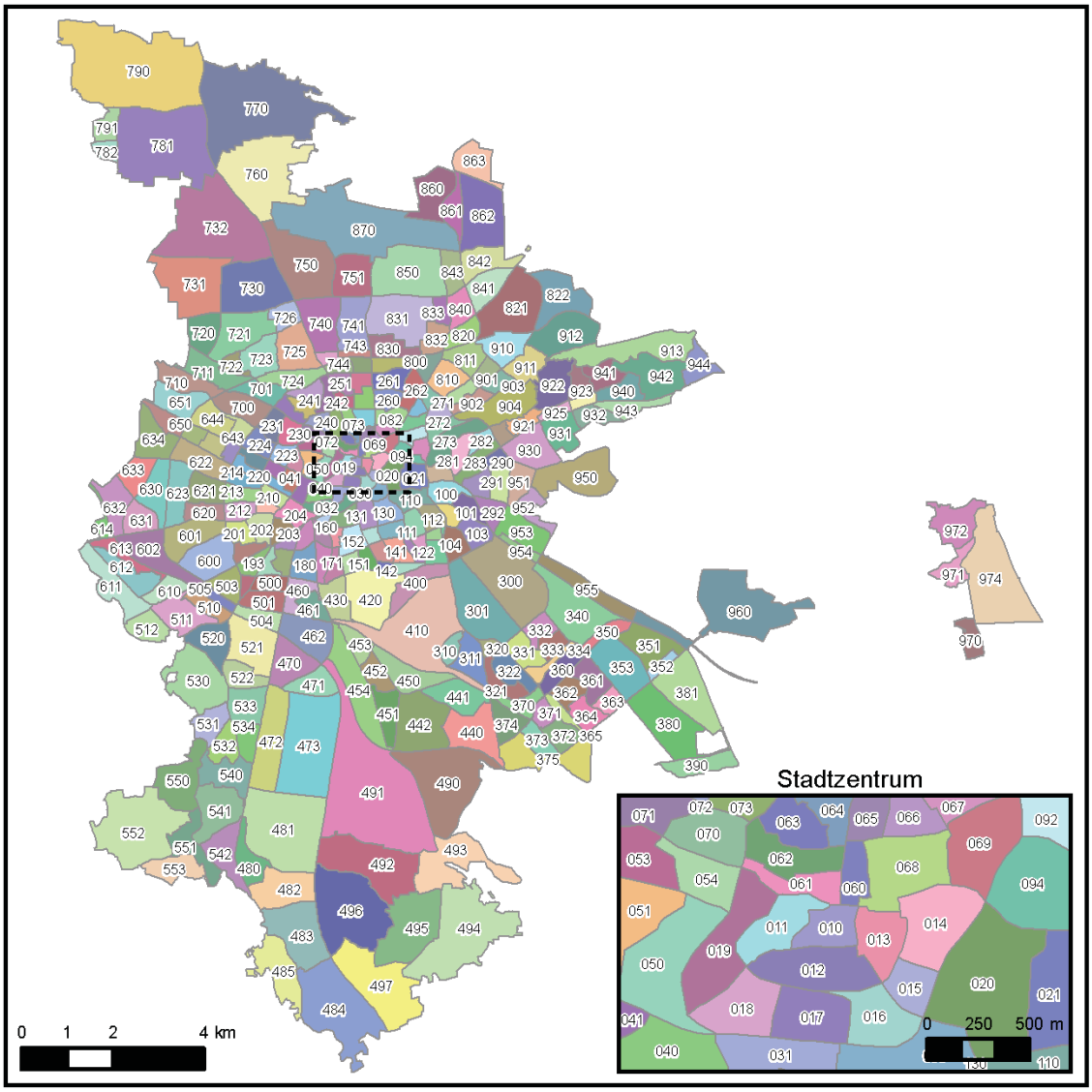


Abbildung 3-1: *Übersichtskarte über die 316 Distrikte* /**N-03 11**/

Tabelle 3-1: *Definition der Baualtersklassen*

Baualtersklasse	Zeitraum
1	bis 1900
2	1901-1945
3	1946-1960
4	1961-1970
5	1971-1980
6	1981-1985
7	1986-1995
8	1996-2000
9	2001-2005
10	2006 - heute

Insgesamt gibt es 47.000 Einfamilienhäuser und ca. 24.000 Mehrfamilienhäuser. Diese Gebäude umfassen knapp 20 Mio. m² Wohnfläche. Zusätzlich gibt es knapp 18 Mio. m² Nutzfläche. Die Aufteilung der einzelnen Wohn- und Nutzflächen auf die verschiedenen Baualters- und Gebäudeklassen zeigt **Tabelle 3-2**.

Tabelle 3-2: *Aufteilung der Wohnflächen auf Gebäudetyp und Baualtersklasse*

BA	EFH m²	MFH m²	NFL m²
1	103.449	528.074	23.132
2	229.349	1.924.726	1.230.538
3	1.857.018	4.577.387	4.177.932
4	1.108.959	2.643.365	2.199.362
5	1.111.253	1.601.833	2.838.861
6	309.623	598.482	965.507
7	498.481	1.208.673	3.166.104
8	189.298	344.870	810.536
9	229.058	203.799	950.849
10	165.579	276.606	1.283.976

3.1.2 Spezifische Verbrauchswerte

Basis für die weitere energetische Bewertung bilden Referenzwerte für den spezifischen Wärme- und Stromverbrauch. Die spezifischen Verbräuche repräsentieren Durchschnittswerte aus verschiedenen Städten, in welchen auf Verbrauchsdaten der Energieversorger zurückgegriffen werden konnte.

Zusätzlich erfolgte in enger Zusammenarbeit mit weiteren Experten ein speziell auf Nürnberg abgestimmter Abgleich mit modellierten Verbrauchszahlen, eine Berücksichtigung des Sanierungsstands und möglicher Leerstände bzw. teilweise beheizter Gebäude im Wohngebäudebereich.

Die so ermittelten, baualtersspezifischen Verbrauchskennzahlen können **Tabelle 3-3** entnommen werden.

Tabelle 3-3: *Spezifische Verbrauchswerte des EFH / MFH, abhängig vom BA*

BA	EFH (kWh/m²*a)	MFH (kWh/m²*a)
1	205	150
2	210	155
3	210	155
4	195	150
5	180	135
6	165	120
7	130	100
8	105	75
9	80	65
10	70	60

Der Warmwasserverbrauch in Wohngebäuden kann als unabhängig von der Baualtersklasse betrachtet werden. Ein spezifischer Wert für den Warmwasserverbrauch je Einwohner ist in dieser Betrachtung nicht sinnvoll, da eine Verteilung nach Gebäuden erfolgen soll und die Einwohnerzahlen je Gebäude nicht vorliegen. Somit wird in EFH ein spezifischer Verbrauch von 22 kWh/m²a und in MFH von 32,7 kWh/m²a angenommen. Diese Werte basieren auf Auswertungen des Regionenmodells /**FFE-22 10**/ der FfE und sind in Einklang mit den BMWi Energiedaten.

3.1.3 Öffentliche Liegenschaften

Für die öffentlichen Liegenschaften stehen adressgenaue Jahresverbräuche zur Verfügung, die von der Abteilung des kommunalen Energiemanagements der Stadt Nürnberg zur Verfügung gestellt wurden.

3.1.4 GHD und Industrie

Im Sektor GHD besteht neben Raumwärme und Warmwasser ein zusätzlicher Wärmeverbrauch für Prozesse. Die Raumwärme- und Warmwasserverbrauch können in Anlehnung an die MFH über die Nutzflächen (Quelle: abgeschottete Statistikzelle) berechnet werden. Es ist dabei zu beachten, dass auf Grund der höheren inneren Gewinne der Raumwärmeverbrauch niedriger ist. Auch der spezifische Warmwasserverbrauch ist niedriger.

Die Herausforderung bei der Behandlung dieser Sektoren liegt in der überschneidungsfreien Berechnung des Energieverbrauchs und der hierfür notwendigen Zuordnung der vorhandenen Daten.

Datenerhebung

Allgemein lassen sich die erhobenen Werte nach direkten und indirekten Daten trennen (**Abbildung 3-2**). Direkte Verbrauchsdaten basieren auf tatsächlichen Messungen. Sie lassen sich durch Befragung der Versorger einerseits, sowie der Verbraucher andererseits ermitteln. Die gelieferten Informationen der Verbraucher haben den

Vorteil, dass weitere Daten wie die Flächennutzung, installierte Endgeräte und die Verwendung nicht leitungsgebundener Energieträger mit erfasst werden können.

Für die Sektoren GHD sind die häufigsten verwendeten indirekten Daten die Nutzfläche und die Anzahl der Beschäftigten. Es wurde eine gute Übereinstimmung dieser Daten mit dem Energieverbrauch festgestellt /IfE-01-08/. Für den Sektor Industrie lassen sich Stoff- oder Finanzumsätze heranziehen. Dies übersteigt jedoch den Umfang dieser Studie.

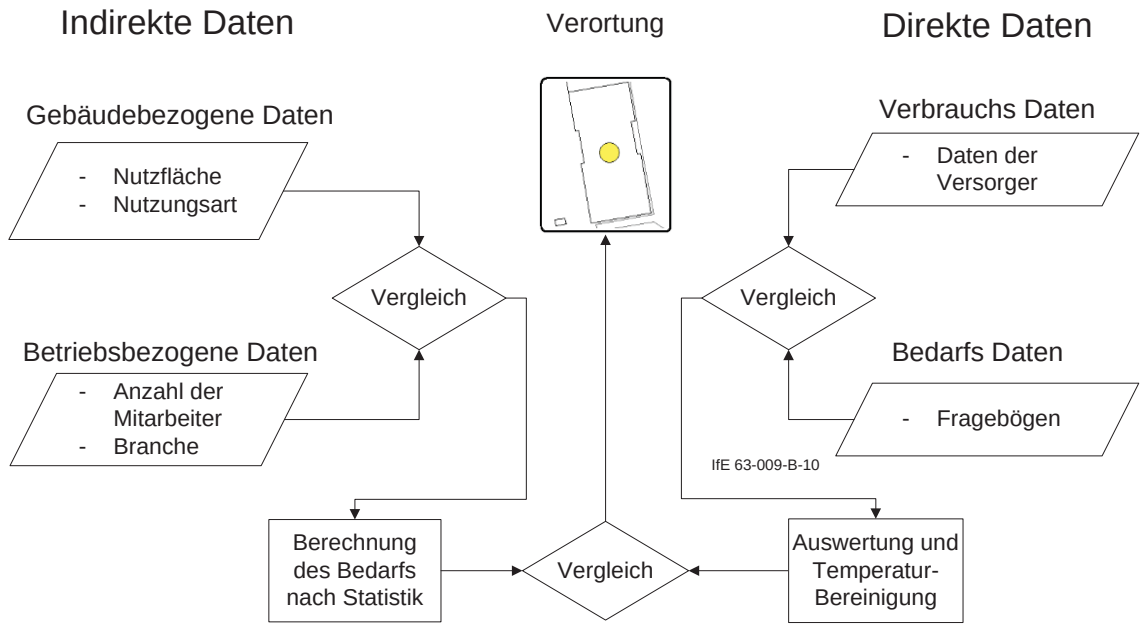


Abbildung 3-2: *Übersicht der Datenerhebung und Verarbeitung*

Da keine direkten Energieverbräuche vorliegen, müssen diese aus indirekten Daten berechnet werden. Aus verschiedenen Quellen werden Daten erhoben, aus denen auf den Energieverbrauch geschlossen werden kann. Diese Bezugsgrößen (Fläche, Beschäftigte, Bruttowertschöpfung) dienen zur Berechnung des Energieverbrauchs im Sektor GHD und Industrie.

Primär hängt der Energieverbrauch von der Art der Aktivität ab. Raumwärme ist stark abhängig von der beheizten Fläche. Büros benötigen Raumwärme und Warmwasser sowie Strom für Beleuchtung und Information und Kommunikation. Produzierendes Gewerbe benötigt hauptsächlich mechanische Energie und Prozesswärme. Der Verbrauch wird maßgeblich von der Art des Prozesses und der Produktionsmenge bestimmt. Dies ermöglicht eine Trennung in flächen- und prozessbezogenen Energieverbrauch.

Die Daten für die Ist- Zustandsanalyse dieser Sektoren wurden aus mehreren Quellen entnommen. Sie werden im Folgenden aufgezählt (die Datenquelle ist in Klammern beigefügt):

- Vorhandene Daten:
  - Nutzfläche pro Distrikt /**N 03 11**/
  - Baualter der Nutzfläche pro Distrikt /**N 03 11**/
  - Mitarbeiterzahlen nach Branchen für das Stadtgebiet /**N-01 11/**

- Energieverbrauch der öffentlichen Liegenschaften mit zugehöriger Adresse /**N-04 11/**
- Adressdaten von Betrieben größer 100 Mitarbeiter:
- mit Mitarbeiterzahlen /**N-06 11/**
- mit Größenklassen /**IHK-01 11/**
- Liste der genehmigungspflichtigen Anlagen nach dem Bundes Immissionsschutzgesetz (folgend: BImSchG-Anlagen) mit zugehöriger Adresse /**N-04 11/**
- Es wurde eine Befragung der wichtigsten Betriebe durchgeführt. /**N-04 11/**

Der Versand eines Fragenbogens durch das Umweltamt an die wichtigsten Betriebe erbrachte einen Rücklauf von 30 %. Dieser Wert liegt weit über dem zu erwartenden Durchschnitt. Die zu Verfügung stehenden Daten wurden ausgewertet und in Karten visualisiert. In **Abbildung 3-3** sind alle Betriebe mit mehr als hundert Mitarbeitern sowie die BImSchG-Anlagen verzeichnet. Zusätzlich sind die Distrikte nach der Menge der Nutzfläche schraffiert.

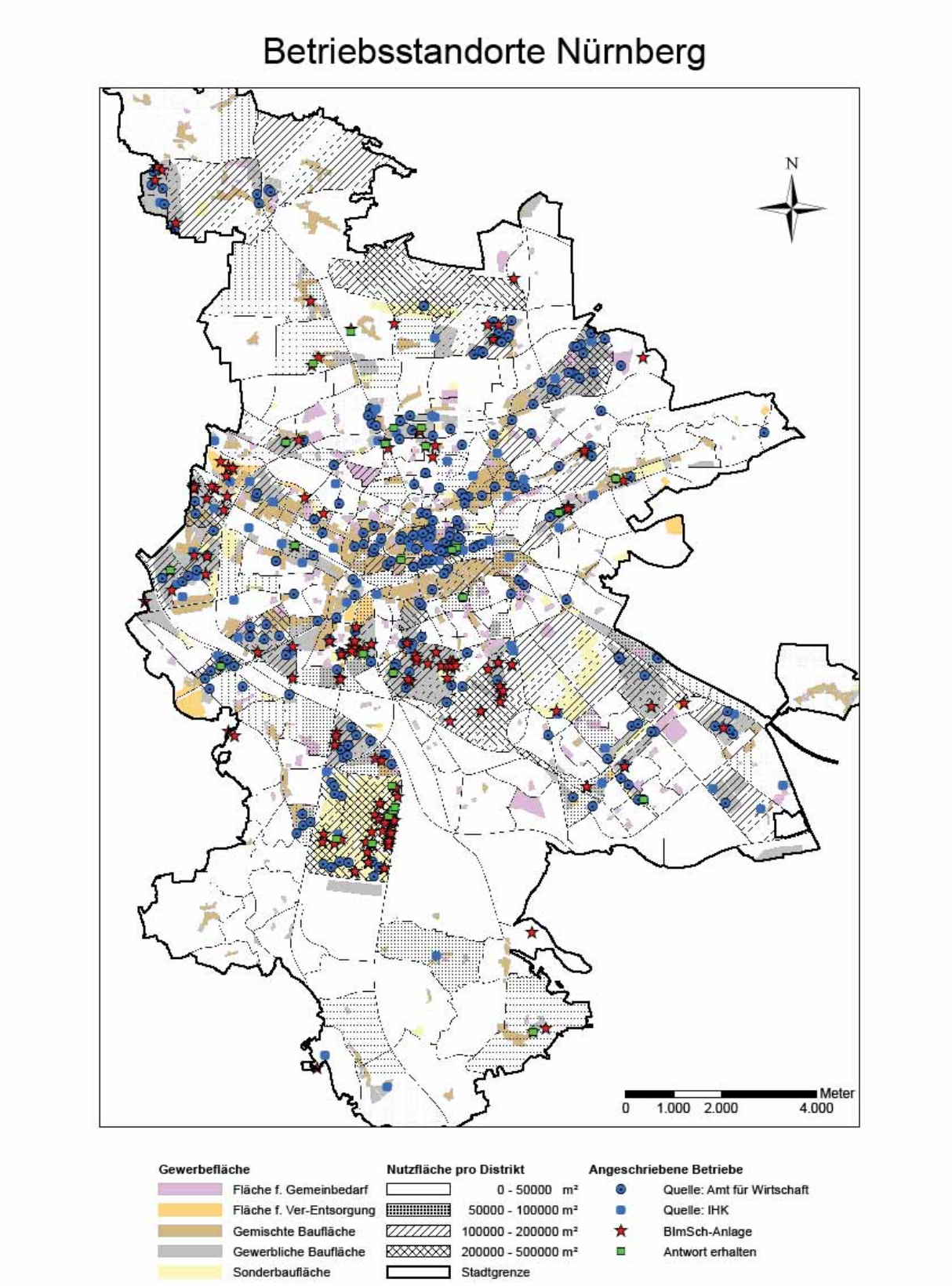


Abbildung 3-3: *Visualisierung der erhobenen ortsbezogenen Daten*

Vorgehensweise bei der Berechnung des Energieverbrauchs

Der Energieverbrauch von Betrieben hängt stark von der Art der Nutzung ab. An vollständigen Daten liegen die sozialversicherungspflichtig Beschäftigten und die Nutzfläche vor. Da die Nutzfläche die einzige vollständige Information auf Distriktebene darstellt, bildet sie die Bezugsgröße für die räumliche Auflösung des Energieverbrauchs.

Die Nutzfläche in Nürnberg ist nach der Systematik der Bauwerke klassifiziert. Diese kann verwendet werden, um die verschiedenen Nutzungsarten der Fläche innerhalb des Distrikts zu differenzieren. Über die Nutzfläche kann ein auf GHD-Kennwerten basierender Energieverbrauch (Raumwärme, Warmwasser) für Gebäude berechnet werden, die von den Produktionsprozessen unabhängig ist. Die Trennung ist in **Abbildung 3-4** dargestellt.

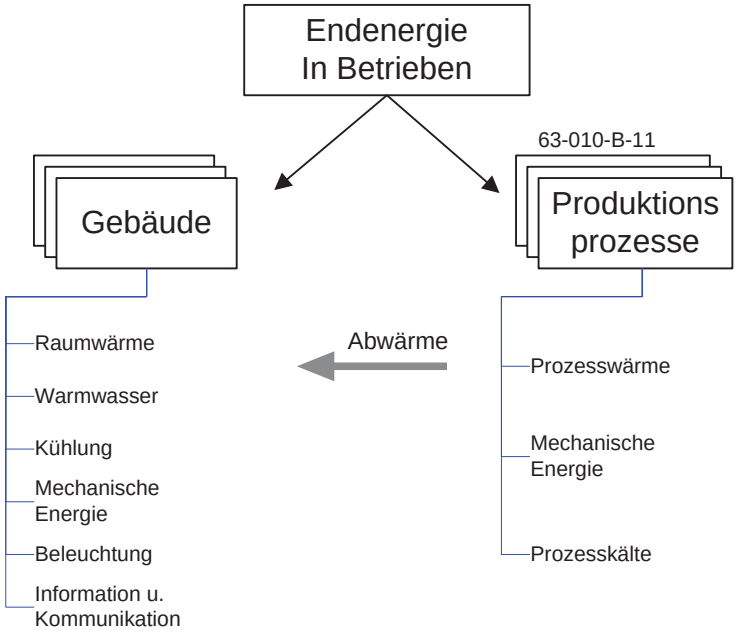


Abbildung 3-4: *Datenspezifische Gliederung des Energieverbrauchs*

Die Gebäudekategorien „Warenlager“, „Verwaltung“, „Fabrik- und Werkstattgebäude“ können den Sektoren GHD und Industrie nicht eindeutig zugeordnet werden. Dies verhindert einen Vergleich mit dem auf Basis der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten berechneten Energieverbrauch.

Industrieller Energieverbrauch ist exakt nur auf Betriebsebene und durch direkte Messung des Verbrauchs zu erfassen. Die beantworteten Fragebögen beinhalten Nutzfläche, Beschäftigte und den Energieverbrauch. Hierdurch können sie in die errechneten Energieverbräuche des Distrikts integriert werden. Zusätzlich enthalten sie Information über die Produktionsprozesse. Diese geben Auskunft über eine Eignung für die Nutzung von Kraft Wärme Kopplung.

Der gesamte industrielle Energieverbrauch muss über Differenzbildung aus dem gesamten Energieverbrauch und dem der Gebäude errechnet werden. Anschließend wird das Ergebnis über die Auswertung der Fragebögen konkretisiert.

Der Energieverbrauch Im Sektor GHD

Anhand der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten kann der gesamte Energieverbrauch des Sektors GHD abgeschätzt werden.

Den Beschäftigtenzahlen aus dem statistischen Jahrbuch werden, soweit möglich, die spezifischen Kennwerte aus /**IfE-01 08** / zugeordnet. Die spez. Kennwerte beziehen sich auf Erwerbstätige (Beamte sind berücksichtigt), Betriebseigentümer, Selbstständige und andere (nicht sozialversicherungspflichtig Beschäftigte wurden vernachlässigt). Allerdings sind die Abschnitte sehr grob gegliedert und eine eindeutige Zuordnung zu spezifischen Kennwerten lässt sich nur auf vier-Steller Ebene, über welche die einzelnen Wirtschaftsklassen beschrieben sind, erreichen. Insofern wurde beispielsweise für die Kategorie „Erbringung sonstiger Dienstleistungen“ (Abschnitt S der WZ08), in der sich sowohl Wäschereien und private Bäder einerseits, Gebäudereinigungsbetriebe und Reparaturwerkstätten andererseits befinden ein Mittelwert abgeschätzt. „*WZ 08 steht für die in der deutschen amtlichen Statistik derzeit gebräuchliche Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008*“ /**WIKI-01**/. Der Nutzen einer genaueren Zuordnung steht in keinem Verhältnis zum hierfür notwendigen zusätzlichen Aufwand.

Raumwärmeabhängiger Energieverbrauch der Nutzfläche

Die Nutzfläche ist die einzige vollständige statistische Information die über die Sektoren GHD und Industrie auf Ebene der einzelnen Distrikte vorliegt.

Die Nutzfläche lässt sich, analog zur Wohnfläche, als Bezugsgröße verwenden. Dies setzt eine Kenntnis der Art der Nutzung voraus, da bei einem Lager typischerweise ein deutlich niedrigerer spezifischen Energieverbrauch als bei einem Büro oder einer Metall-Gießerei zu beobachten ist.

Eine gute Korrelation zwischen Fläche und Energieverbrauch besteht bei Raumwärme und Warmwasser. Dieser wird anhand der Fläche und einem mittleren spezifischen Verbrauch ermittelt. Die absolute Menge der Nutzfläche pro Distrikt ist in **Abbildung 3-3** durch Schraffur dargestellt.

Für die Berechnung des flächenbezogenen Raumwärmeverbrauchs werden folgende Werte verwendet (vgl. **Tabelle 3-4**):

Tabelle 3-4: *Spezifische Kennwerte für flächenbezogenen Energieverbrauch*

	Raumwärme (kWh/m²/a)	Strom (kWh/m²/a)
Wohngebäude mit Mischnutzung	188	--
Bürogebäude	150	52
Laden- / Verkaufsgebäude	161	56
Werkstattgebäude	118	46
Lager / Garagen	78	--
Sonstige Nichtwohngebäude	172	--

Betriebe mit BImSchG Anlage

Bei Prozessenergie unterscheidet sich der flächenspezifische Energieverbrauch beträchtlich.

Die größte Abweichung des flächenspezifischen Energieverbrauchs von korrespondierenden Kennwerten ist bei BImSchG-Anlagen zu erwarten. Zu diesen zählen alle Anlagen, die zu erhöhten Immissionen führen können, unter anderem Feuerungsanlagen, Produktionsanlagen und Abfallbehandlung. Jede größere energieintensive Anlage ist also in dieser Liste enthalten. Es lässt sich eine vollständige Aufzählung industrieller Großverbraucher erstellen. Über die topologische Verteilung der BImSchG-Anlagen lassen sich drei Industrie-Cluster bilden. Im Einzelnen sind das: der Hafen, das Industriegebiet Höfen im Westen und das Industriegebiet Gibitzenhof inklusive Rangierbahnhof.

Großbetriebe ohne BImSchG Anlage

Die Liste der Großbetriebe wird auf zwei Arten verwendet. Erstens werden sie in die Befragung aufgenommen damit die Berechnung nicht ausschließlich auf Kennzahlen basiert. Da die angegebene Nutzfläche mit abgefragt wurde, lässt sich der Energieverbrauch eines Betriebes gut in den errechneten Wert des Distrikts hinzufügen.

Zweitens gibt die Art eines Großbetriebes Auskunft über das Gewerbegebiet in dem er sich befindet. Es wird davon ausgegangen, dass ein großer Bürobetrieb von anderen ähnlichen Betrieben umgeben ist. Dies vereinfacht die Bestimmung der hauptsächlichen Gewerbegebietsnutzung in den einzelnen Distrikten.

Es besteht eine gute Übereinstimmung zwischen den großen Gewerben und den im Flächennutzungsplan verzeichneten Gewerbegebieten. In den Mischgebieten der Innenstadt ist eine sehr hohe Dichte an Dienstleistern zu beobachten. Alle weiteren Großbetriebe befinden sich in den hierfür vorgesehenen Gebieten, die über das Stadtgebiet verteilt sind.

Kommunale Liegenschaften

Die kommunalen Liegenschaften sind im ganzen Stadtgebiet vorzufinden. Ihr Energieverbrauch ist bekannt. Der Wärmeverbrauch beträgt ca. 170 GWh (85 GWh Gas, 85 GWh Fernwärme), sowie ca. 50 GWh für Strom. Dies entspricht etwa 2,4 % des gesamten Brennstoff- / Wärmeverbrauchs und 2,2 % des Stromverbrauchs in Nürnberg.

Da die öffentlichen Liegenschaften nur einen sehr geringen Teil des Energieverbrauchs ausmachen und der Flächenbedarf nicht bekannt ist, fließen die Verbrauchsdaten lediglich in die Energiebilanz ein.

3.2 Berechnung des Energieverbrauchs

Mit den in Kapitel 3.1 vorgestellten Daten ergibt sich im Sektor Wohnen ein Raumwärmeverbrauch von etwa 3 TWh und aus den Einwohnerzahlen ein Stromverbrauch von ca. 650 GWh, wobei für diese Berechnung ein spezifischer Verbrauch an elektrischer Energie von 1.300 kWh/(Person*a) angesetzt wird.

Der gesamte Raumwärme- und Warmwasserverbrauch ist in **Abbildung 3-5** dargestellt. In dieser Darstellung wurde der den Nutzflächen zugewiesene Raumwärme- und Warmwasserverbrauch mitbilanziert.

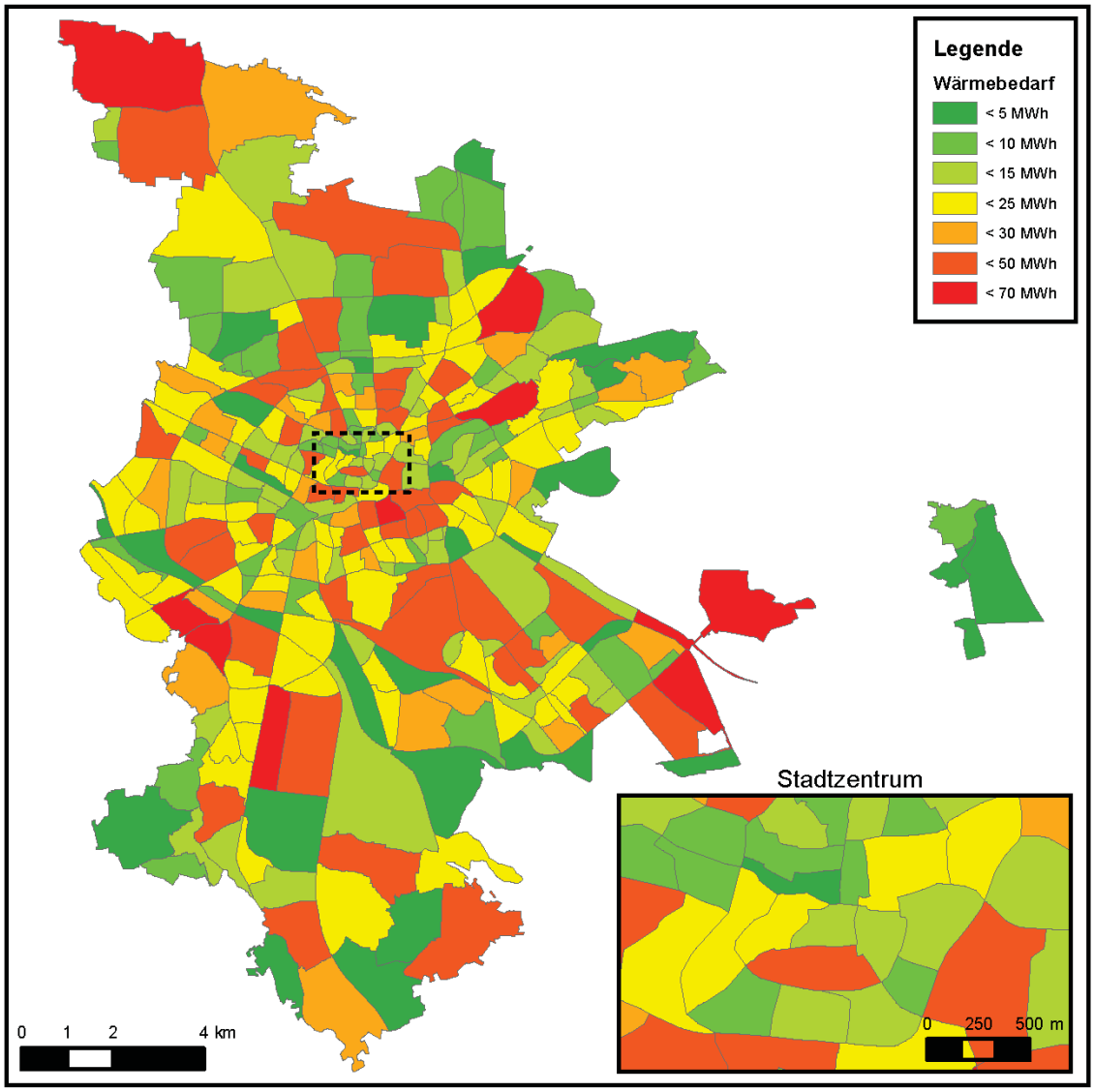


Abbildung 3-5: *Raumwärme- und Warmwasserverbrauch je Distrikt*

Für die Betrachtung der aktuellen und zukünftigen KWK- und Fernwärmesituation stellt die Dichte des Wärmeverbrauchs im Stadtgebiet das wichtigste Kriterium dar. Die Wärmeverbrauchsdichte ist in **Abbildung 3-6** dargestellt.

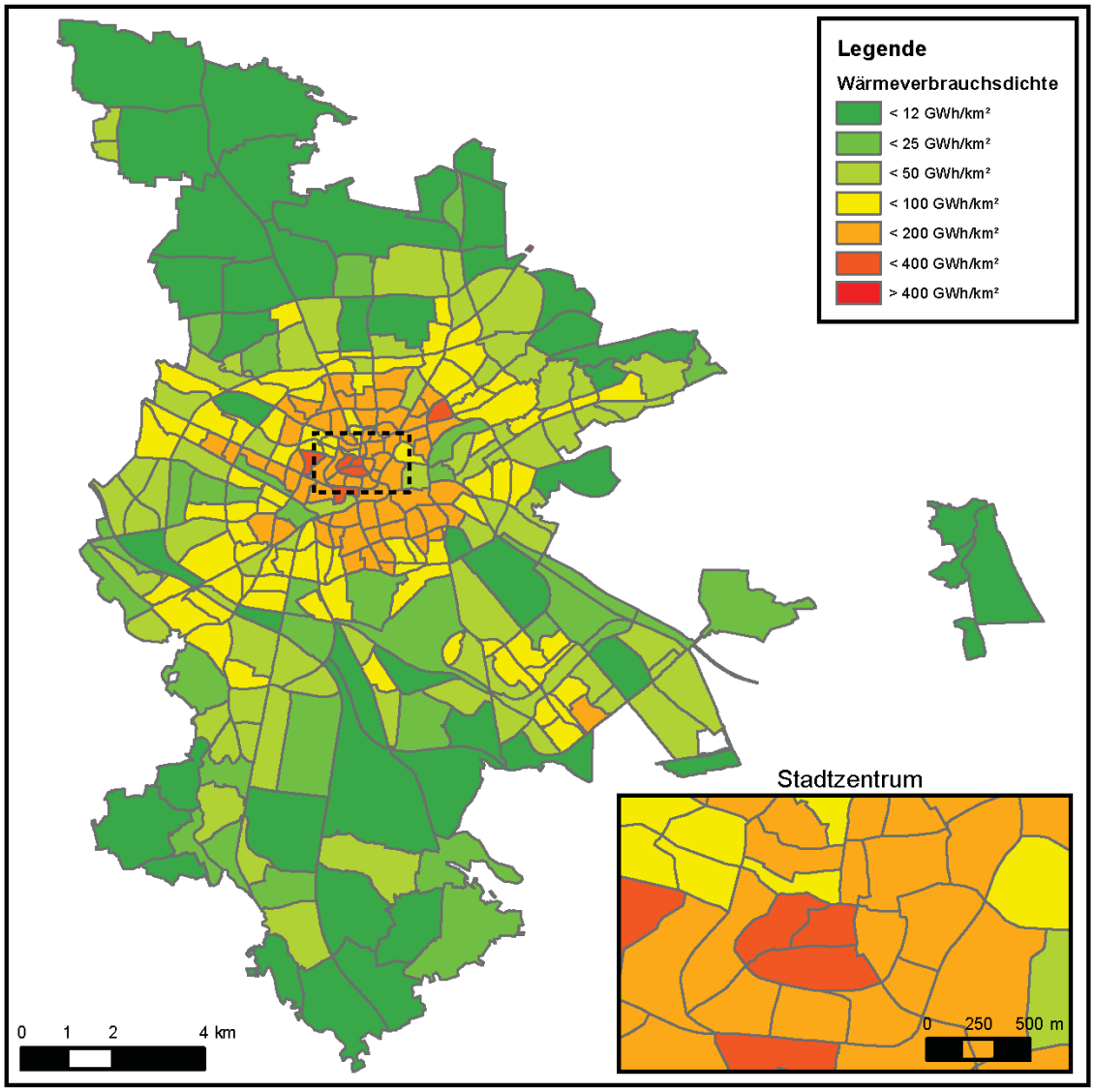


Abbildung 3-6: *Dichte des Raumwärme- und Warmwasserverbrauchs je Distrikt*

Ein Vergleich der beiden Karten zeigt, dass ein hoher Wärmeverbrauch nicht auf eine für die Fernwärme ausreichende Wärmedichte schließen lässt. So liegt der Energieverbrauch in den nord-westlichen Distrikten (z.B. Boxdorf) durch die Vielzahl an kleinen Gebäuden im oberen Bereich. Auf Grund ihrer großen Distriktfläche haben sie allerdings eine sehr geringe Wärmedichte. Ein ähnliches Bild ergibt sich in den Distrikten mit wenigen Großverbrauchern (z.B. Hafen, Flughafen) Diese Aussage gilt auch umgekehrt. Die Distrikte im Stadtzentrum weisen einen vergleichsweise geringen Verbrauch bei einer hohen Wärmedichte auf. Ein Abgleich mit der Fernwärmenetzkarte zeigt, dass die Gebiete mit hohem spezifischen Wärmeverbrauch bereits erschlossen sind.

3.3 Erstellung des Wärmekatasters

Für die Potenzialermittlung und Maßnahmenentwicklung ist eine Vertiefung der Analyse notwendig. Eine stärkere räumliche Differenzierung als die Distriktebene kann für Wärme- und Stromverbrauch über die zusätzliche Verwendung des Flächennutzungskatasters erreicht werden.

3.3.1 Das Flächennutzungstypenkataster

Das Flächennutzungstypenkataster (FNTK) ist ein hilfreiches Instrument um die räumliche Verteilung des Wärmeverbrauchs zu bestimmen. Das FNTK kann verwendet werden um die Lage der einzelnen Gebäude und darüber die Nutzung und Art des Gebäudes zu bestimmen. MFH in Gebieten mit der Flächennutzung „Großformbebauung, Hochhäuser“ haben eine andere Gebäudecharakteristik als MFH in Gebieten mit der Flächennutzung „Dorfkerngebiete, Dorfreste“. Zusätzlich kann das FNTK verwendet werden um Gebäude mit einer Mischnutzung, zum Beispiel Wohnen und Handel, zu identifizieren.

In **Abbildung 3-7** ist die Flächennutzung auf Basis des FNTK für Nürnberg dargestellt. Gebiete mit Nutzung als Wohngebiet werden in Rottönen gekennzeichnet. Je dunkler der Rotton, desto höher die Siedlungsdichte und typischerweise auch der Wärmeevrbrauch.

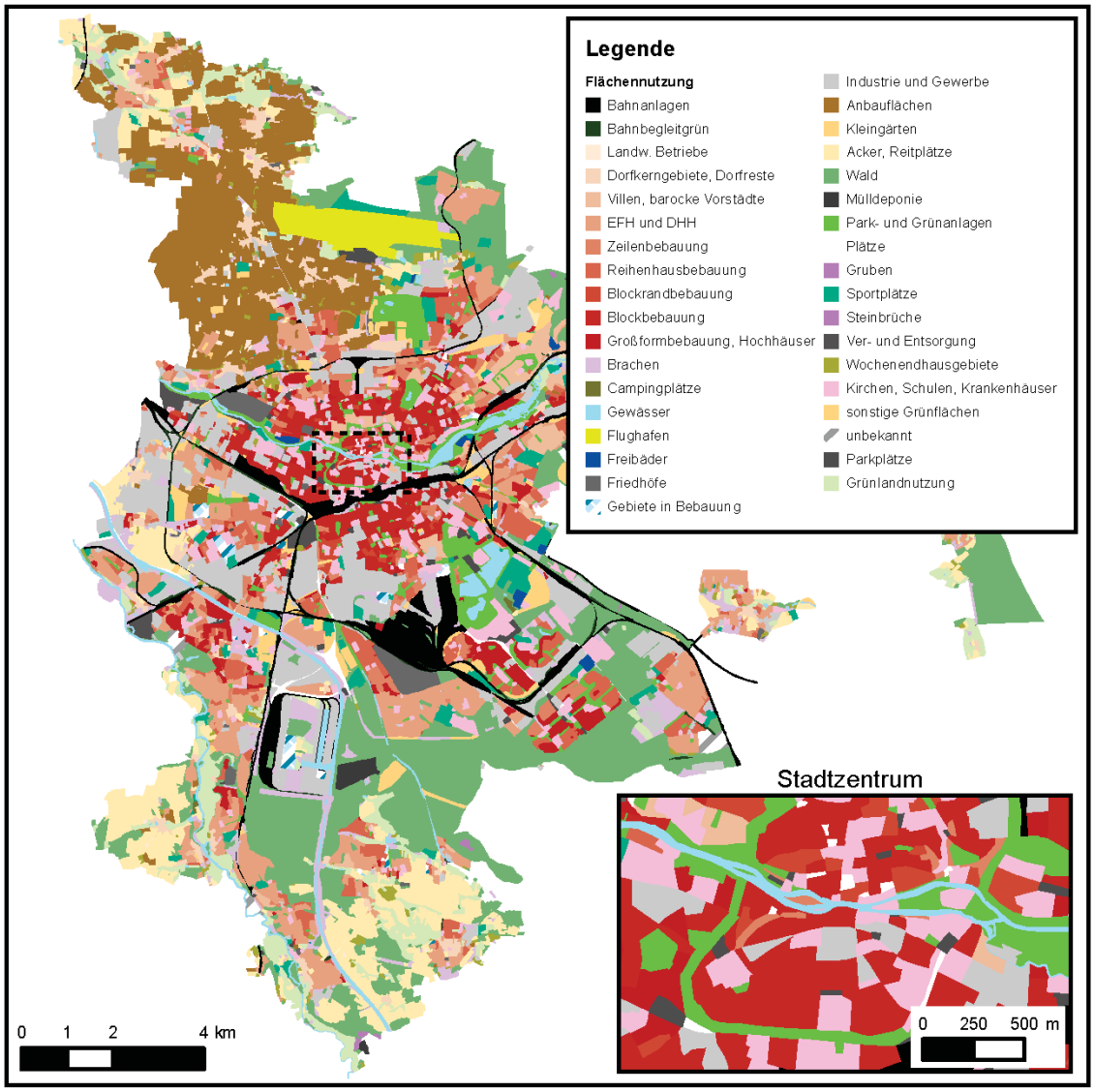


Abbildung 3-7: *Flächennutzung*

In **Tabelle 3-5** sind ausgewählte Nutzungen nach FNTK und die Summe der zugehörigen Flächen dargestellt. Die Fläche ist hierbei die gesamte Fläche des Gebiets mit der zugehörigen Nutzung und nicht die Gebäudegrund- oder Wohnfläche. Für die Bestimmung des Raumwärmeverbrauchs nicht relevante Nutzungstypen – zum Beispiel Laubwald, Park- und Grünanlagen, Straßen, stehende Gewässer und Straßen – werden im Nutzungstyp „sonstige“ zusammengefasst.

Tabelle 3-5: *Aufteilung der Stadtfläche nach Flächennutzung*

Nutzung	Fläche
Bahnanlagen (Gleise, Bahnhöfe)	6,2 Mio. m²
besondere Prägung: Kirchen, Schulen, Krankenhäuser	6,3 Mio. m²
Blockbebauung	6,4 Mio. m²
Blockrandbebauung	1,3 Mio. m²
Campingplätze	0,1 Mio. m²
Dorfkerngebiete, Dorfreste	3,8 Mio. m²
Einzel- und Doppelhausbebauung	17,8 Mio. m²
Flughafen	2,8 Mio. m²
Freibäder	0,4 Mio. m²
Friedhöfe	1,5 Mio. m²
Glas- und Gewächshausflächen	0,4 Mio. m²
Großformbebauung, Hochhäuser	5,2 Mio. m²
Industrie und Gewerbe	18,7 Mio. m²
Kleingärten im Stadtverband	3,8 Mio. m²
Reihenhausbebauung	7,8 Mio. m²
sonstige	93,7 Mio. m²
sonstige Grünflächen, z.B. Tiergarten	0,0 Mio. m²
Sportplätze	3,9 Mio. m²
Ver- und Entsorgungseinrichtungen	1,0 Mio. m²
Villen, barocke Vorstädte	2,6 Mio. m²
Wochenendhausgebiete, private Gärten ohne Wohnäuser	0,0 Mio. m²
Zeilenbebauung	3,6 Mio. m²

3.3.2 Räumliche Auflösung

Während in Abbildung 3-5 der Energieverbrauch noch auf Distriktebene dargestellt ist, können durch die Verschneidung von Distrikten und den Angaben zur Flächennutzung die Wohnflächen und deren spezifischer Wärmeverbrauch kleinräumiger ausgewertet werden. Dabei erfolgt für die verschiedenen Siedlungsstrukturen eine prozentuale Aufteilung der Wohnflächen von Einfamilien- und Mehrfamilienhäusern. Der Verteilungsschlüssel ist in **Tabelle 3-6** erläutert.

Tabelle 3-6: *Verteilungsschlüssel der Wohnflächen nach Siedlungsstruktur*

Siedlungsstruktur	Wohnfläche EFH	Wohnfläche MFH
Blockbebauung	14%	86%
Blockrandbebauung	20%	80%
Dorfkerngebiete, Dorfreste	56%	44%
Einzel- und Doppelhausbebauung	100%	0%
Großformbebauung, Hochhäuser	0%	100%
Landw. Betriebe und Häuser außerhalb des Dorfes	100%	0%
Reihenhausbebauung	91%	9%
Villen, barocke Vorstädte	90%	10%
Zeilenbebauung	14%	86%

Durch diese Maßnahme können die Energiedichten der Wohnbebauung hoch aufgelöst dargestellt werden und innerhalb der Distriktgrenzen wird der Unterschied zwischen Gewerbe- und Wohngebieten deutlich. Die Baualtersklassen werden bei der Verteilung der Wohnflächen nicht weiter berücksichtigt. Es wird davon ausgegangen, dass eine gleichmäßige Verteilung über die Siedlungsstrukturen stattgefunden hat.

In **Abbildung 3-8** ist der Wärmeverbrauch je Gebäudegrundfläche auf Gebäudeebene dargestellt. Es ist zu erkennen, dass durch die Verschneidung von statistischen Daten auf Distriktebene und FNTK der Wärmeverbrauch in einer hohen räumlichen Auflösung modelliert werden kann.

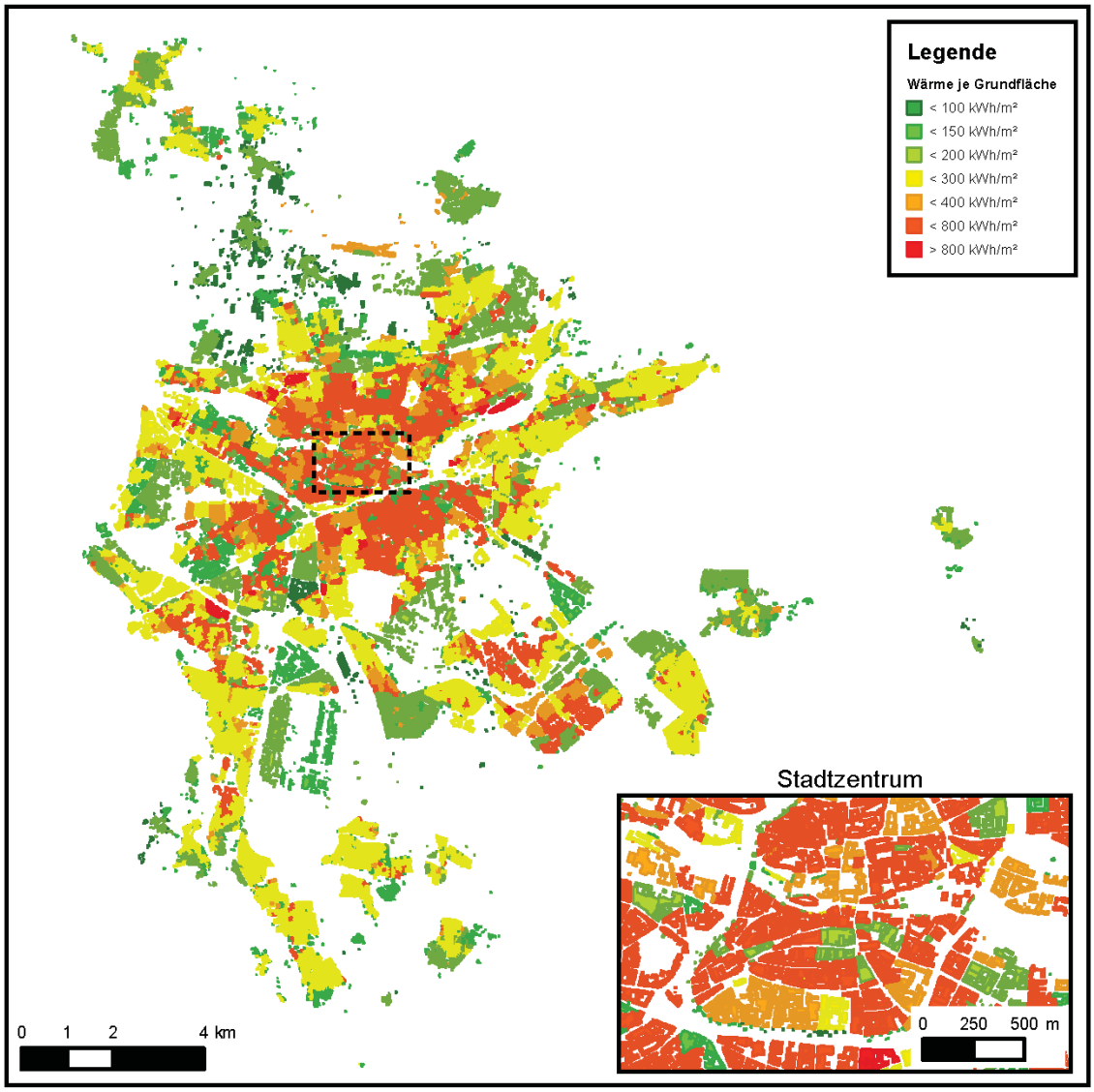


Abbildung 3-8: *Wärmeverbrauch je Gebäudegrundfläche*

3.3.3 Verifizierung der räumlichen Auflösung

Die räumliche Auflösung des Wärmeverbrauchs auf Basis des FNTK bedarf einer mathematischen Modellierung. In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse dieser Methodik exemplarisch vorgestellt und überprüft.

In **Abbildung 3-9** ist eine Vergleich zwischen Luftbild und Wärmeverbrauch je Gebäude dargestellt. In grün markiert sind die Reihenhäuser im Osten und das neue Gewerbegebiet in der Mitte des Kartenausschnitts. Diese Gebäude haben einen geringen Wärmeverbrauch je Grundfläche. Die Hochhäuser im Norden sind, da der Wärmeverbrauch je Grundfläche sehr hoch ist, rot markiert.

Eine räumliche Differenzierung des Wärmeverbrauchs innerhalb eines Blocks ist nicht möglich.



Abbildung 3-9: *Vergleich zwischen Luftbild, /*MSN-01 12*/ und Wärmeverbrauch je Gebäudegrundfläche.*

In **Abbildung 3-10** ist ein Gebiet mit überwiegender EFH-Bebauung dargestellt. Lediglich die Gebäude am Sportplatz im Westen, die großen MFH im Nord-Westen und die Reihenhausbebauung im Süd-Osten haben einen höheren Wärmeverbrauch je Grundfläche.

In **Abbildung 3-11** ist ein Gebiet mit überwiegender MFH-Bebauung dargestellt. Der Wärmeverbrauch ist durchgehend hoch. Lediglich die Reihenhaussiedlung im Nord-Westen hat geringere Werte.

In **Abbildung 3-12** ist im östlichen Teil ein Gebiet mit Gewerbe und Industrie dargestellt. Der Wärmeverbrauch – berechnet aus Raumwärme und Warmwasser – ist hier gering. Zusätzlich kann hier noch ein hoher Prozesswärmeverbrauch bestehen. Dieser kann nur durch eine Analyse der ansässigen Betriebe bestimmt werden.



Abbildung 3-10: *Wärmeverbrauchsdichte eines EFH geprägten Distrikts*



Abbildung 3-11: *Wärmeverbrauchsdichte eines MFH geprägten Distrikts*

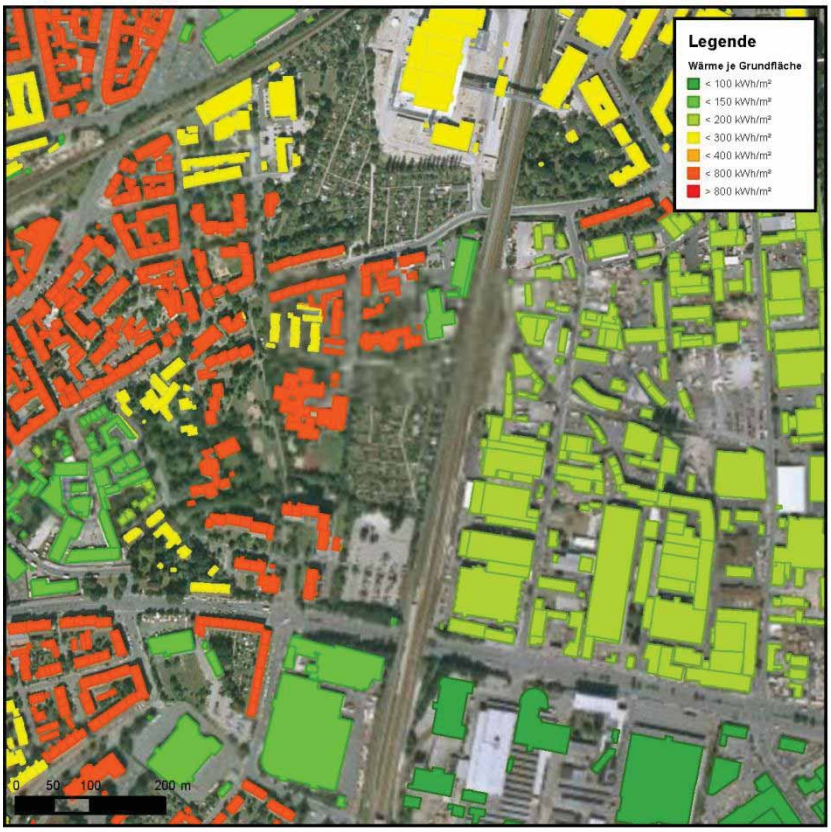


Abbildung 3-12: *Wärmeverbrauchsdichte eines von GHD und Industrie geprägten Distrikts*

Anhand von vier Luftbildern wurden die Möglichkeiten, aber auch die Grenzen der räumlichen Auflösung mittels FNKT vorgestellt. Es wurde gezeigt, dass eine für weitergehende Analysen, zum Beispiel zur Bestimmung von geeigneten Gebieten für Fernwärmenetzen, geeignete Auflösung erreicht wird.

4 Potenzialanalyse

Mit diesen Ergebnissen aus der Ist-Zustandsanalyse können die weiteren Schritte Potenzialermittlung und Maßnahmenentwicklung umgesetzt werden. Diese beiden Punkte gehen in den meisten Fällen nahtlos ineinander über, so dass eine Trennung kaum möglich ist. Nach der Identifikation des Verbrauchsschwerpunktes wird dieser genau analysiert, um zu bestimmen ob eine Effizienz- oder Einsparmaßnahme sinnvoll ist. In manchen Fällen, vor allem bei Industriestandorten kann auf Grund des Einsatzes von Prozessenergie meist keine Aussage hinsichtlich des Umsetzungspotenzials getroffen werden. Hier werden Branchen spezifische Ratschläge für einen effizienten Einsatz der Energie gegeben (z.B. Abwärmenutzung, Effizienzmaßnahmen bei Motoren und Antrieben). Nach der Erarbeitung eines Maßnahmenvorschlages wird dieser hinsichtlich seiner ökologischen Wirksamkeit (Energieeinsparpotenzial), der ökonomischen Faktoren (Wirtschaftlichkeit) und seiner Umsetzbarkeit bewertet. Da im ersten Schritt die Berechnungen noch auf dem Ist-Zustand basieren, werden im Folgenden Entwicklungsszenarien entworfen, die demographische (Bevölkerungswachstum), wirtschaftliche (Energiepreissteigerung), und ordnungspolitische (Förderpolitik der Stadt Nürnberg) Veränderungen berücksichtigen. Dadurch können für alle relevanten Distrikte Maßnahmenpakete entworfen und diese nach ihrer Bewertung aufgelistet werden.

Die Potenzialanalyse gliedert sich in zwei Teilbereiche:

- Energieeinsparungen durch Effizienzsteigerungen in der Energienutzung
- Einsparung von fossilen Energieträgern durch den Einsatz regenerativer Energieerzeugung

Der erste Punkt bezieht sich dabei überwiegend auf die Möglichkeiten in der Wärmeversorgung von Wohngebäuden, der Gewerbe- und Industriebetriebe und aller sonstigen Gebäude und Einrichtungen. Unter dem Begriff „Einsatz regenerativer Energieträger“ wird das Potenzial zur Strom- und Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien verstanden. Hierzu zählen u.a. Sonnenenergie und Windkraft. Für die Stadt Nürnberg liegt der Schwerpunkt der Untersuchung in der regenerativen Stromerzeugung durch Photovoltaikanlagen.

4.1 Sanierungspotenzial im Sektor Wohnen

Den größten Beitrag zur Energieeinsparung kann eine konsequente Sanierung der Wohngebäude in Nürnberg leisten. Einen wichtigen Hinweis gibt hierzu die Verteilung der Gebäude auf die einzelnen Baualtersklassen. Besonders die Baujahre 1946-1970 haben mit knapp 45 % Wohnflächenanteil einen sehr großen Einfluss auf den Gebäudebestand, weisen aber mit die höchsten spezifischen Wärmeverbrauchswerte auf (vgl. hierzu **Tabelle 4-1** und

Tabelle 4-2). Bei der überwiegenden Zahl dieser Gebäude steht in naher Zukunft eine umfassende Sanierung der Gebäudehülle an.

Tabelle 4-1: *Baualtersklassen und deren Anteil am Bestand (EFH)*

Baualtersklasse	Zeitraum	Anteil am Bestand	Ausgangswert in kWh/m²*a
1	bis 1900	2 %	205
2	1901-1945	4 %	210
3	1946-1960	32 %	210
4	1961-1970	19 %	195
5	1971-1980	19 %	180
6	1981-1985	5 %	165
7	1986-1995	8 %	130
8	1996-2000	3 %	105
9	2001-2005	4 %	80
10	2006 - heute	3 %	70

Tabelle 4-2: *Baualtersklassen und deren Anteil am Bestand (MFH)*

Baualtersklasse	Zeitraum	Anteil am Bestand	Ausgangswert in kWh/m²*a
1	bis 1900	4 %	150
2	1901-1945	14 %	155
3	1946-1960	33 %	155
4	1961-1970	19 %	150
5	1971-1980	11 %	135
6	1981-1985	4 %	120
7	1986-1995	9 %	100
8	1996-2000	2 %	75
9	2001-2005	1 %	65
10	2006 - heute	2 %	60

Die Sanierung wird unterteilt in Maßnahmen an folgenden Gebäudeteilen:

- Heizungsanlage
- Fenster
- Außenwand
- Dach/ Keller

Statistisch gesehen wird eine Heizungsanlage etwa alle 20 bis 25 Jahre erneuert. Durch einen Defekt kann ein Tausch des bestehenden Heizsystems aber auch schon deutlich früher notwendig werden. Demgegenüber steht die Tatsache, dass in vielen Heizungskellern Anlagen mit einer Laufzeit von über 25 Jahren anzutreffen sind. Um den genannten Umständen Rechnung zu tragen, wird der Maßnahme „Erneuerung der Heizanlage“ eine Gauß Verteilung zu Grunde gelegt, welche den Sanierungszyklus möglichst realitätsnah wiedergeben soll. In **Abbildung 4-1** ist dieser dargestellt. Nach 25 Jahren erreicht die Sanierungsquote mit knapp 9 % das Maximum. Im Laufe der Zeit pendelt sich der Wert dann bei etwa 4,5 % ein, da sich die einzelnen Sanierungszyklen überlagern und damit keine ausgeprägten Extrema mehr entstehen. Der Betrachtungszeitraum wird auf 90 Jahre festgesetzt, da die 1946 errichteten Gebäude bis 2030 in etwa diesen Zeitraum durchlaufen. Eine Fortführung der Fortschreibung

ergibt eine weitere Verstetigung der Kurve um den Wert 4,5 %. Die Sanierungsquote gibt nur Auskunft über die Anzahl der durchgeführten Maßnahmen, nicht über den energetischen Erfolg.

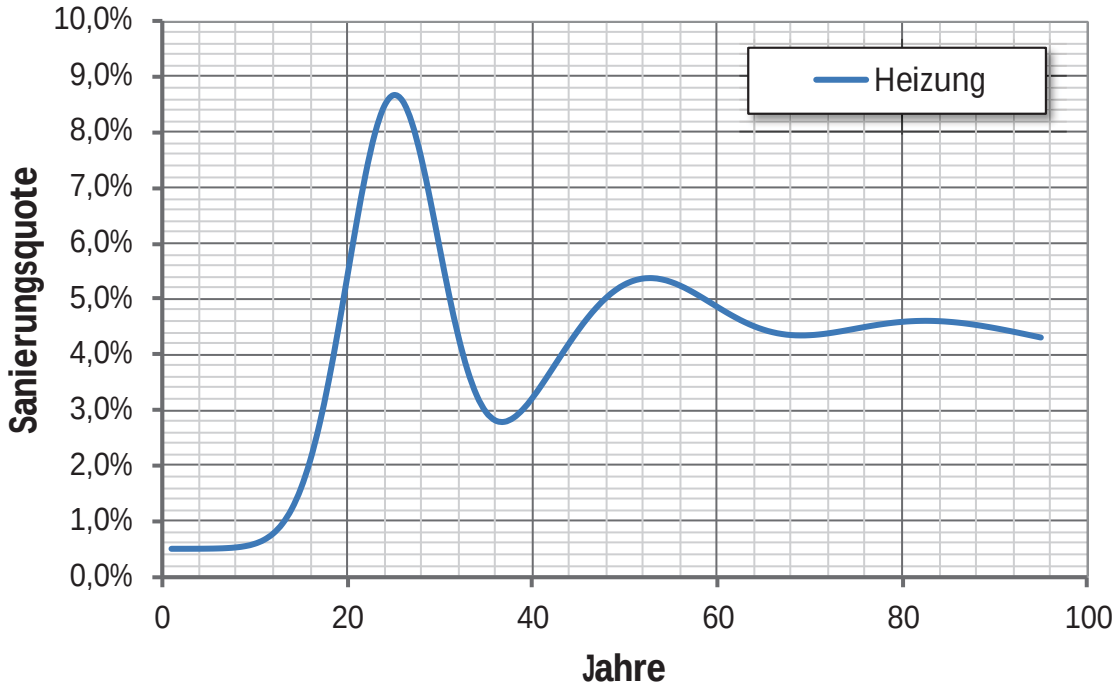


Abbildung 4-1: *Sanierungszyklus der Heizungsanlagen*

Für die weiteren Sanierungsmaßnahmen wird das Vorgehen zur Bestimmung der Sanierungsquoten analog gewählt. Dabei haben die Fenster nach 30 Jahren das Maximum und die Außenwand sowie Dach/Keller nach 40 Jahren. Dargestellt sind diese Verläufe in **Abbildung 4-2** und **Abbildung 4-3**.

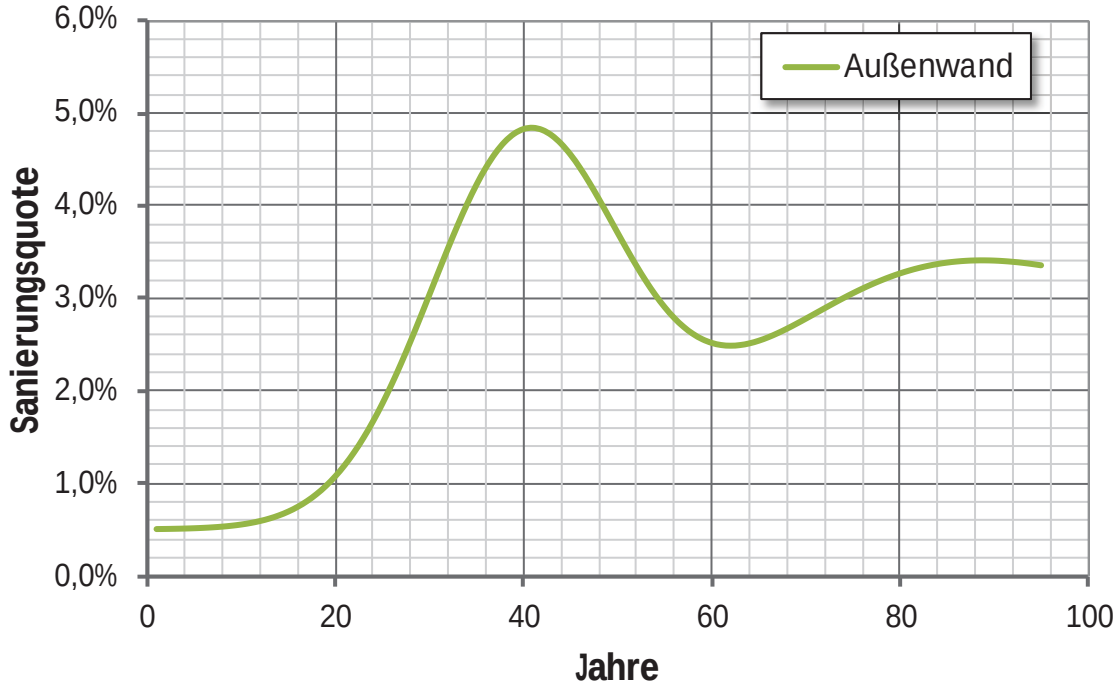


Abbildung 4-2: *Sanierungszyklus der Außenwand*

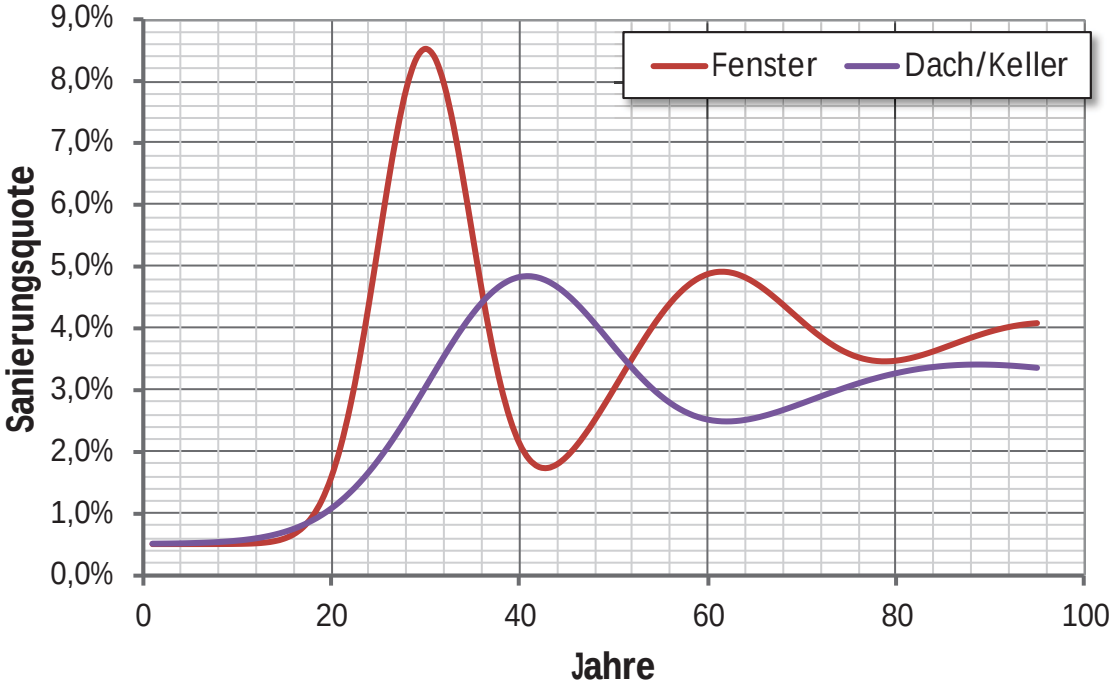


Abbildung 4-3: *Sanierungszyklus von Fenster und Dach/Keller*

Die Sanierungsraten beginnen mit dem Ende der jeweiligen Baualtersklasse. Ein 1945 errichtetes Gebäude befindet sich demnach auf dem Höhepunkt der zweiten „Fenstertausch-Welle“ (vgl. Abbildung 4-3).

4.1.1 Szenario 1 „Weiter wie bisher“

Basierend auf den Sanierungszyklen ergeben sich abhängig von der Sanierungsquote Veränderungen der spezifischen Heizenergieverbrauchswerte in den Baualtersklassen und Gebäudetypen. Im Sanierungsszenario 1 wird jährlich 1 % des Gebäudebestandes energetisch saniert. Dabei werden die Vorgaben aus der Energieeinsparverordnung (EnEV 09) für sanierte Gebäude um 30 % verfehlt. Gründe für das Nichteinhalten der EnEV sind z.B. die mangelhafte Ausführung von Sanierungsmaßnahmen (Wärmebrücken) oder das nicht den „Vorgaben“ entsprechende Nutzerverhalten der Bewohner des Gebäudes. Erfahrungen haben gezeigt, dass besonders letzteres für die Überschreitung der nach den EnEV-Vorgaben berechneten Verbrauchswerte verantwortlich ist. Für die Basiswerte bis zum Jahr 2021 hat dies die Werte aus **Tabelle 4-3** zur Folge.

Tabelle 4-3: *Spezifischer Wärmeverbrauch Szenario 1 EFH*

	spezifischer Wärmeverbrauch nach Sanierung in kWh/m²*a
Bis 2012	101,4
2012-2015	84,5
2015-2018	67,6
2018-2021	42,25
ab 2021	25,35

Durch die Fortschreibung der Ausgangswerte aus dem Jahr 2010 ergeben sich auf Basis der Sanierungsquote und des Sanierungserfolges Reduktionen bei den spezifischen Verbrauchswerten. So reduziert sich der gewichtete Mittelwert der Nürnberger Einfamilienhäuser um 36 kWh/m²*a von 178 kWh/m²*a auf 142 kWh/m²*a im Jahr 2030 (vgl. **Abbildung 4-4**). Dies entspricht einem Rückgang von ca. 20 %. Die Gewichtung des Mittelwertes wird über die prozentuale Verteilung der Wohnflächen auf die Baualtersklassen (BA) erreicht. In Nürnberg wurden ca. 70 % der Einfamilienhaus-Wohnfläche zwischen den Jahren 1946 bis 1980 errichtet (BA 3-5). Dies hat zur Folge, dass die Verbrauchsreduktion hauptsächlich über diese Baualtersklassen getragen wird. Der geringe Rückgang der spezifischen Verbrauchswerte in BA 8-10 ist für die Gesamtbetrachtung bis zum Jahr 2030 von geringer Bedeutung.

Baualtersklasse	Zeitraum	Startjahr	2010	2015	2020	2025	2030
1	bis 1900	1900	205	202	198	194	190
2	1901-1945	1945	210	202	192	180	167
3	1946-1960	1965	210	201	190	179	168
4	1961-1970	1970	195	186	175	164	153
5	1971-1980	1980	180	172	162	149	138
6	1981-1985	1985	165	159	150	138	127
7	1986-1995	1995	130	129	124	116	108
8	1996-2000	2000	105	105	103	99	92
9	2001-2005	2005	80	80	80	78	75
10	2006 - heute	2010	70	70	70	69	68
		Gesamtwert	178	171	162	152	142

Abbildung 4-4: *Entwicklung des spezifischen Heizenergieverbrauchs im EFH in kWh/m²*a*

Bei den Mehrfamilienhäusern entfallen 66 % auf den Zeitraum 1946 bis 1980. Das gewichtet Mittel liegt für die MFH bei 132 kWh/m²*a. Auch bei diesem Gebäudetyp wird der Sanierungserfolg vor allem in den Baualtersklassen 2-6 ersichtlich. Wie bei den EFH tragen die übrigen Baujahre auf Grund ihrer geringen Anzahl kaum zum Gesamtergebnis bei. Dargestellt ist die Entwicklung der spezifischen Verbrauchswerte im MFH in **Abbildung 4-5**.

Baualtersklasse	Zeitraum	Startjahr	2010	2015	2020	2025	2030
1	bis 1900	1900	150	148	146	143	139
2	1901-1945	1945	155	150	143	134	124
3	1946-1960	1965	155	149	141	133	125
4	1961-1970	1970	150	144	136	127	119
5	1971-1980	1980	135	130	122	113	104
6	1981-1985	1985	120	116	110	102	94
7	1986-1995	1995	100	99	96	90	83
8	1996-2000	2000	75	75	74	71	67
9	2001-2005	2005	65	65	65	64	61
10	2006 - heute	2010	60	60	60	59	58
		Gesamtwert	132	135	128	120	112

Abbildung 4-5: *Entwicklung des spezifischen Heizenergieverbrauchs im MFH in kWh/m²*a*

Die Basiswerte für den Sanierungsstandard können **Tabelle 4-4** entnommen werden.

Tabelle 4-4: *Spezifischer Wärmeverbrauch Szenario 1 MFH*

	spezifischer Wärmeverbrauch nach Sanierung in kWh/m²*a
Bis 2012	84,5
2012-2015	76,05
2015-2018	50,7
2018-2021	33,8
ab 2021	20,28

Insgesamt ergeben sich bis 2030 im Mittel Reduktionen von 20 kWh/m²*a, was in etwa einem Rückgang von 15 % gegenüber dem Jahr 2010 entspricht. Eine erheblich geringere Reduktion ist in BA 1 zu verzeichnen. Dies liegt daran, dass diese Gebäude unter Denkmalschutz stehen und nur unter großem Aufwand energetisch saniert werden können. Die Einsparungen sind auf bestandserhaltende Maßnahmen zurück zu führen, die eine Verbesserung des Dämmstandards mit sich bringen. Als Beispiel ist die Erneuerung der Fensterverglasung (Ersatz des Bestandes durch Wärmeschutzverglasung) zu nennen.

4.1.2 Szenario 2a „Verbesserter Dämmstandard“

Im Szenario „Verbesserter Dämmstandard“ wird angenommen, dass die EnEV-Vorgaben für die Sanierung von Wohngebäuden eingehalten werden. Damit liegt der spezifische Wärmeverbrauchswert in etwa 30 % über dem jeweiligen Neubaustandard. Im EFH beträgt die damit erzielbare Reduktion des gewichteten Mittels ca. 22 %. Der spezifische Wärmeverbrauch geht demnach von 178 kWh/m²*a auf 139 kWh/m²*a zurück (vgl. **Abbildung 4-6**).

Baualtersklasse	Zeitraum	Startjahr	2010	2015	2020	2025	2030
1	bis 1900	1900	205	202	198	193	189
2	1901-1945	1945	210	201	190	178	165
3	1946-1960	1965	210	199	188	176	165
4	1961-1970	1970	195	184	173	161	150
5	1971-1980	1980	180	171	159	146	134
6	1981-1985	1985	165	157	147	135	123
7	1986-1995	1995	130	128	123	115	106
8	1996-2000	2000	105	104	103	98	91
9	2001-2005	2005	80	80	79	78	74
10	2006 - heute	2010	70	70	70	69	68
			178	169	160	149	139

Abbildung 4-6: *Entwicklung des spezifischen Heizenergieverbrauchs im EFH in kWh / m²*a*

Im MFH liegt die Reduktion bei ca. 17 % im Jahr 2030 gegenüber dem Stand in 2010 und erreicht einen Wert von 110 kWh/m²*a (vgl. **Abbildung 4-7**). Den stärksten Rückgang weisen bei den EFH, sowie den MFH die Baualtersklassen 5 und 6 auf. Im

Vergleich zu Szenario 1 ergeben sich trotz der höheren Anforderungen an die Gebäudehülle nur geringe Verbesserungen beim spezifischen Verbrauchswert.

Baualtersklasse	Zeitraum	Startjahr	2010	2015	2020	2025	2030
1	bis 1900	1900	150	148	145	142	139
2	1901-1945	1945	155	149	141	132	122
3	1946-1960	1965	155	148	139	131	122
4	1961-1970	1970	150	142	133	124	116
5	1971-1980	1980	135	129	120	110	101
6	1981-1985	1985	120	115	108	99	91
7	1986-1995	1995	100	99	95	88	81
8	1996-2000	2000	75	75	73	70	65
9	2001-2005	2005	65	65	64	63	60
10	2006 - heute	2010	60	60	60	59	58
		Gesamtwert	132	133	126	118	110

Abbildung 4-7: *Entwicklung des spezifischen Heizenergieverbrauchs im MFH in kWh / m²*a*

4.1.3 Szenario 2b „Verbesserter Dämmstandard + hohe Dämmquote“

In diesem Szenario bleibt der Dämmstandard unverändert gegenüber Szenario 2a. Allerdings wird die Sanierungsquote von 1 % auf 2,5 % erhöht. Diese sehr ambitionierte Annahme – 1 % Sanierungsquote entsprechen einem guten Durchschnitt – führt dazu, dass bis 2050 alle vor 2010 errichteten Gebäude auf den jeweils gültigen EnEV Sanierungsstandard gebracht werden. Die Reduktion des mittleren spezifischen Verbrauchs der EFH beläuft sich in diesem Szenario auf knapp 55 %. Dabei wird in Baualtersklasse 6 der Wärmeverbrauch durch Sanierung um 63 % verringert (vgl. **Abbildung 4-8**). Interessant ist, dass sich durch die erhöhten Sanierungszyklen BA 5 und 6 energetisch auf einem besseren/ähnlichen Niveau widerfinden als die nachfolgenden Baualtersklassen. Dies ist darin begründet, dass bis zum Jahr 2030 die Außenwand, sowie Dach und Keller der neu errichteten Gebäude nicht energetisch auf den verbesserten Standard angepasst werden. Dies geschieht erst ab 2040.

Baualtersklasse	Zeitraum	Startjahr	2010	2015	2020	2025	2030
1	bis 1900	1900	205	202	198	193	189
2	1901-1945	1945	210	188	161	130	96
3	1946-1960	1965	210	183	154	125	96
4	1961-1970	1970	195	169	139	110	83
5	1971-1980	1980	180	156	128	96	65
6	1981-1985	1985	165	146	120	91	61
7	1986-1995	1995	130	125	113	92	69
8	1996-2000	2000	105	104	99	87	70
9	2001-2005	2005	80	80	78	74	65
10	2006 - heute	2010	70	70	69	67	64
		Gesamtwert	178	157	133	107	81

Abbildung 4-8: *Entwicklung des spezifischen Heizenergieverbrauchs im EFH in kWh / m²*a*

Die MFH erreichen eine Einsparung von etwa 50 % ihres heutigen spezifischen Wärmeverbrauchs. Auch hier erreichen die Gebäude der BA 5 und 6 bessere Werte als die neueren Gebäude (vgl. **Abbildung 4-9**).

Baualtersklasse	Zeitraum	Startjahr	2010	2015	2020	2025	2030
1	bis 1900	1900	150	148	145	142	139
2	1901-1945	1945	155	140	120	97	73
3	1946-1960	1965	155	136	115	94	73
4	1961-1970	1970	150	131	108	86	65
5	1971-1980	1980	135	119	97	73	50
6	1981-1985	1985	120	108	89	68	47
7	1986-1995	1995	100	97	87	71	53
8	1996-2000	2000	75	74	71	63	51
9	2001-2005	2005	65	65	64	60	53
10	2006 - heute	2010	60	60	59	58	54
		Gesamtwert	132	125	107	87	67

Abbildung 4-9: *Entwicklung des spezifischen Heizenergieverbrauchs im MFH in kWh/m²*a*

Die Basiswerte für den jeweiligen Dämmstandard der Szenarien 2a und 2b sind **Tabelle 4-5** zu entnehmen.

Tabelle 4-5: *Spezifischer Wärmeverbrauch Szenario 2a, 2b EFH / MFH*

	spezifischer Wärmeverbrauch EFH nach Sanierung in kWh/m²*a	spezifischer Wärmeverbrauch MFH nach Sanierung in kWh/m²*a
Bis 2012	78,0	65,0
2012-2015	65,0	58,5
2015-2018	52,0	39,0
2018-2021	32,5	26,0
ab 2021	19,5	15,6

Die ab dem Jahr 2021 gültigen Werte liegen im Bereich des heutigen Passivhausstandards. Dieser kann alleine mit einer Verbesserung des Dämmstandards nicht mehr realisiert werden. Hier sind Eingriffe in die Anlagentechnik, wie die Installation einer kontrollierten Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung notwendig.

4.1.4 Szenario 3 „Das umsetzbare Optimum“

Die Sanierungsquote kann selbst unter optimistischer Betrachtung nicht über 2,5 % hinaus gesteigert werden. Deshalb wird in diesem Szenario davon ausgegangen, dass die zukünftigen Energieeinsparverordnungen noch niedrigere Standards bzgl. des spezifischen Wärmeverbrauchs voraussetzen. Zu entnehmen sind diese **Tabelle 4-6**.

Tabelle 4-6: *Spezifischer Wärmeverbrauch Szenario 3 EFH / MFH*

	spezifischer Wärmeverbrauch EFH nach Sanierung in kWh/m²*a	spezifischer Wärmeverbrauch MFH nach Sanierung in kWh/m²*a
Bis 2012	60	50
2012-2015	40	30
2015-2018	25	15
2018-2021	15	12
ab 2021	15	12

Darüber hinaus wird angenommen, dass bei der energetischen Sanierung der Bestandsgebäude die Vorgaben an den Neubau erfüllt werden. Dieses ambitionierte Ziel führt dazu, dass der spezifische Wärmeverbrauch der EFH auf eine Wert von 72 kWh/m²*a abgesenkt werden kann. Die Gebäude der BA 6 weisen im Durchschnitt nur noch 49 kWh/m²*a auf (vgl. **Abbildung 4-10**). Die Reduktion liegt demnach bei ca. 60 %. Insgesamt muss allerdings davon ausgegangen werden, dass weitere Einsparungen bis zum Jahr 2050 deutlich schwerer zu realisieren sind, da die energetisch schlechten Gebäude (BA 2 – BA 6) im Zeitraum bis 2030 saniert werden.

Baualtersklasse	Zeitraum	Startjahr	2010	2015	2020	2025	2030
1	bis 1900	1900	205	201	196	192	188
2	1901-1945	1945	210	184	154	121	87
3	1946-1960	1965	210	178	146	116	86
4	1961-1970	1970	195	164	130	100	72
5	1971-1980	1980	180	152	118	84	53
6	1981-1985	1985	165	141	111	80	49
7	1986-1995	1995	130	123	108	85	61
8	1996-2000	2000	105	103	96	84	66
9	2001-2005	2005	80	79	77	72	63
10	2006 - heute	2010	70	69	68	66	62
		Gesamtwert	178	153	126	98	72

Abbildung 4-10: *Entwicklung des spezifischen Heizenergieverbrauchs im EFH in kWh / m²*a*

Bei den MFH wird ein Rückgang von 56 % erreicht. Der Durchschnitt der Gebäude in BA 6 weist mit 35 kWh/m²*a den niedrigsten spezifischen Verbrauchswert auf.

Baualtersklasse	Zeitraum	Startjahr	2010	2015	2020	2025	2030
1	bis 1900	1900	150	147	144	141	137
2	1901-1945	1945	155	136	113	89	64
3	1946-1960	1965	155	131	107	85	63
4	1961-1970	1970	150	126	99	76	54
5	1971-1980	1980	135	114	88	63	39
6	1981-1985	1985	120	103	80	58	35
7	1986-1995	1995	100	95	82	65	47
8	1996-2000	2000	75	73	69	60	47
9	2001-2005	2005	65	64	62	58	51
10	2006 - heute	2010	60	59	58	56	53
		Gesamtwert	132	121	99	78	58

Abbildung 4-11: *Entwicklung des spezifischen Heizenergieverbrauchs im MFH in kWh / m²*a*

4.1.5 Vergleich der Szenarien

Werden die Entwicklungen der spezifischen Wärmeverbräuche aller vier Szenarien verglichen, lassen sich wertvolle Informationen über die Möglichkeiten zur Energieeinsparungen im Gebäudesektor ableiten. Gleichzeitig wird ein Weg aufgezeigt, wie die vereinbarten Klimaschutzziele hinsichtlich der Vorgaben zur Effizienzsteigerung in der Gebäudedämmung erreicht werden können.

In Szenario 1, welches als Basisszenario betrachtet wird, bilden die heutigen Sanierungsquoten und moderate Anforderungen aus der Energieeinsparverordnung die Berechnungsgrundlage. Werden diese Zahlen nach dem Motto „weiter wie bisher“ fortgeschrieben, zeichnen sich nur geringe Erfolge bei der Wärmeverbrauchsreduktion ab. Die Klimaschutzziele können auf Basis dieses Szenarios nicht eingehalten werden. Szenario 2a zeigt, dass auch eine Verschärfung der EnEV-Anforderungen und die konsequente Umsetzung dieser Vorgaben nur einen geringen zusätzlichen Effekt auf die spezifischen Wärmeverbräuche haben werden. Allein die gesetzlichen Verschärfungen des Dämmstandards reichen demnach nicht aus, um die gesetzten Ziele bei der Energie- und CO_2-Einsparung zu erreichen. In Szenario 2b zeichnet sich ein anderes Bild ab. Die Erhöhung der Sanierungsquote auf 2,5 % p.a. garantiert eine extreme Verbesserung der spezifischen Wärmeverbrauchswerte im Gebäudebestand. Dadurch wird es möglich, einen großen Teil des Weges, hin zu 80 % CO_2-Reduktion bis zum Jahr 2050, zurück zu legen. Durch die Verbesserung der Dämmstandards in Szenario 3 – ab 2021 erfolgt die Sanierung auf Passivhausstandard – kann der Effekt der hohen Sanierungsquote noch verstärkt werden. **Abbildung 4-12** zeigt die Entwicklung des Wärmeverbrauchs im Sektor Haushalte.

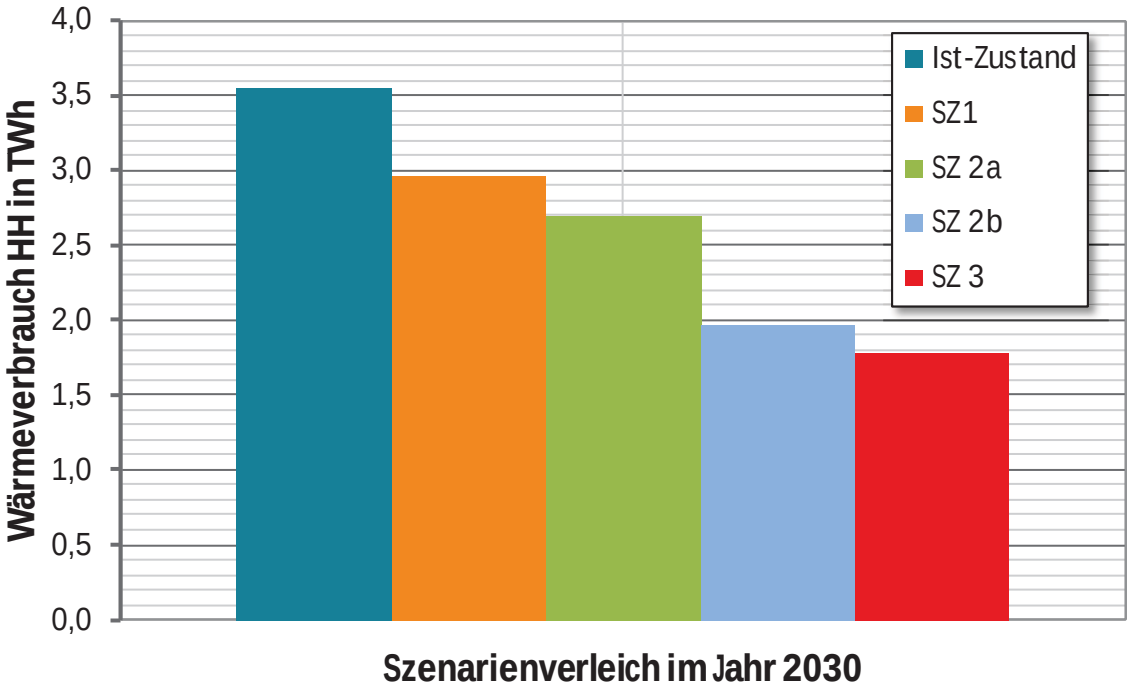


Abbildung 4-12: *Wärmeverbrauchsentwicklung im Sektor HH nach den Szenarien*

Die Umsetzung von Szenario 2b und 3 erfordert in hohem Maße die Mitwirkung aller Gebäudeeigentümer in Nürnberg. Die finanzielle Belastung durch die Sanierung wird in den meisten Fällen sehr hoch sein und vor allem bei vermieteten Objekten kommt eine energetische Verbesserung der Gebäudehülle meist nicht in Frage. Hier müssen durch die Stadt Nürnberg finanzielle Anreize geschaffen werden, um die CO_2-Vermeidungsziele zu erreichen. Nachfolgend sind einige Vorschläge aufgeführt:

- Zuschüsse zu Sanierungstätigkeiten, die über den gesetzlichen Mindeststandard hinausgehen.
- Durch Sanierung vermiedene Nebenkosten in vermieteten Objekten dürfen auf die Mieter in vollem Umfang umgelegt werden.
- Lockerung der Sanierungsbeschränkungen in Denkmal geschützten Gebäuden
- Bei Sanierung vermieteter Gebäude darf der Wohnraum erhöht werden (z.B. Zubau eines weiteren Stockwerks)
- Prämierung der besten Sanierung
- Steuervergünstigung bei energetischer Sanierung des Gebäudes (Grundsteuer)
- Günstige Darlehen für die Gebäudesanierung
- Kontrolle der durchgeführten Sanierung ggf. Rückzahlung von Zuschüssen

Über diese Maßnahmen, können vor allem im Bereich der vermieteten Objekte im Innerstädtischen Gebiet Sanierungsanreize geschaffen werden, die zur Umsetzung notwendigen Maßnahmen führen.

4.1.6 Einsparpotenzial beim Stromverbrauch

In dieser Untersuchung wird davon ausgegangen, dass der Stromverbrauch der privaten Haushalte konstant bleibt. Verbesserungen in der Energieeffizienz werden durch die Anschaffung größerer Geräte und den zusätzlichen Stromverbrauch der Informations-

und Kommunikationstechnologie (IuK) kompensiert. Die Betrachtung der letzten Jahre zeigt, dass der Stromverbrauch tendenziell weiter ansteigt. Deshalb gilt die Annahme, dass der Stromverbrauch nicht steigt auch für die optimistischen Szenarios zwei und drei. Weitere Punkte, die diese These untermauern, sind der geplante Ausbau der Elektromobilität, der zunehmende Klimatisierungsbedarf der Wohngebäude und ein zunehmender Einsatz von Wärmepumpen zur Wärmebereitstellung /**FFE-25 09** .

4.2 Einsparpotenzial im Gewerbe

Auf den Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD) entfallen ca. 40 % des Gesamtenergieverbrauches in Nürnberg. Dabei ist der Stromanteil im Vergleich zum Haushaltssektor deutlich höher. Ansonsten sind die Gebäude ähnlich den Wohngebäuden. Dies liegt zum großen Teil daran, dass sich der überwiegende Teil der gewerblichen Nutzflächen (Einzelhandel, Verwaltung, Dienstleister) in Wohngebäuden befindet. Ausnahmen bilden große Lager, wie sie z.B. am Hafen zu finden sind oder Objekte mit einer Sondernutzung wie der Flughafen oder Krankenhäuser.

4.2.1 Entwicklung des Wärmeverbrauchs

Auf Grund der starken Ähnlichkeit zu den Wohngebäuden werden die erhobenen spezifischen Verbrauchswerte für die GHD-Gebäude in den Distrikten nach den Vorgaben, wie sie im Sektor Haushalte beschrieben sind, fortgeschrieben. Die Tabelle mit der Entwicklung des spezifischen Wärmeverbrauchs befindet sich im Anhang. Dargestellt sind die aktuellen spezifischen Verbrauchswerte des Sektors GHD je Distrikt und deren Entwicklung in den Szenarien 1, 2 und 3. Dabei erfolgt die Fortschreibung der letzten beiden Szenarien mit der Annahme einer Sanierungsquote von 2,5 %. Insgesamt ergeben sich die in **Abbildung 4-13** dargestellten Entwicklungen im Wärmeverbrauch.

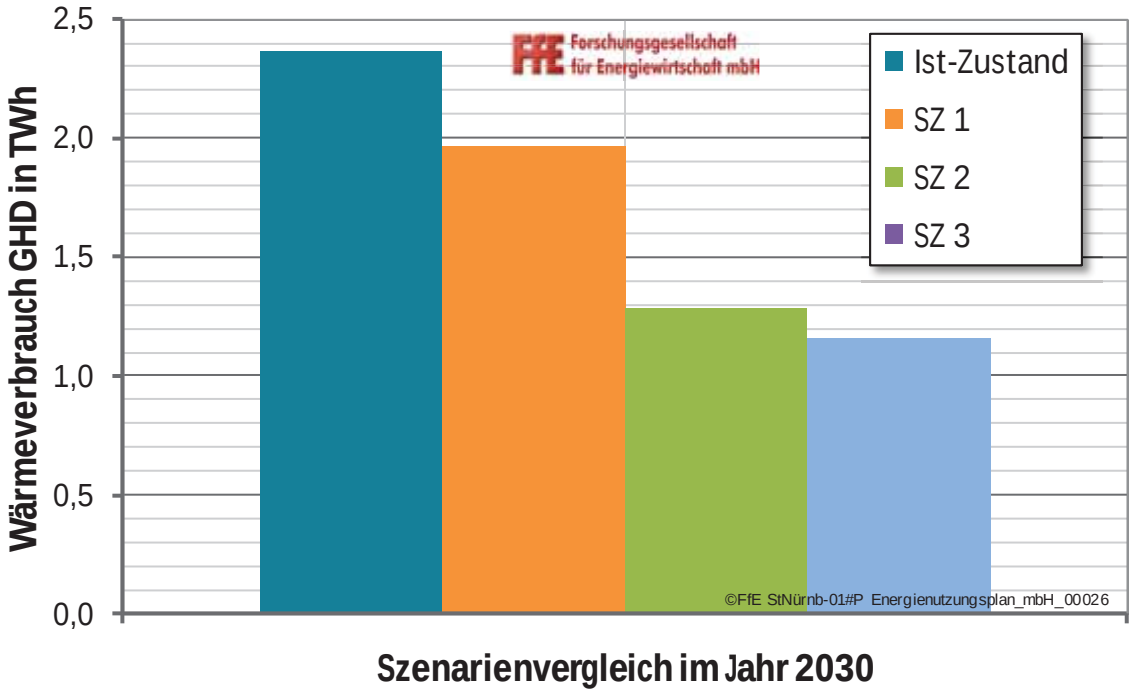


Abbildung 4-13: *Wärmeverbrauchsentwicklung im Sektor GHD nach den Szenarien*

Wie schon bei den Wohngebäuden ist die Sanierungsquote ausschlaggebend für eine signifikante Reduktion des Energieverbrauches.

4.2.2 Entwicklung des Stromverbrauchs

Die Entwicklung des Stromverbrauches wird auf Basis der Studie Zukunft Energie Deutschland 2050 (ZEN) fortgeschrieben. Hierfür wird angenommen, dass sich der Sektor GHD in Nürnberg nicht von den Strukturen unterscheidet, die in Deutschland vorherrschen. In dieser Untersuchung wurden drei Szenarien – „Buisiness as usual", „Beste Technik" und „Beste Technik und bestes Nutzerverhalten" – erstellt. Basis für die Abschätzung der einzelnen Entwicklung bildeten die Verbrauchswerte der letzten Jahre. Unter der Annahme von Effizienzsteigerungen durch den Einsatz der besten verfügbaren Technik und der Berücksichtigung des Nutzerverhaltens konnten in den Szenarien Einsparungen beim Stromverbrauch skizziert werden. So ergibt sich im Szenario 1 eine Reduktion von 15 %, in Szenario 2 von 30 % und in Szenario 3 von 40 % (vgl. **Abbildung 4-14**).

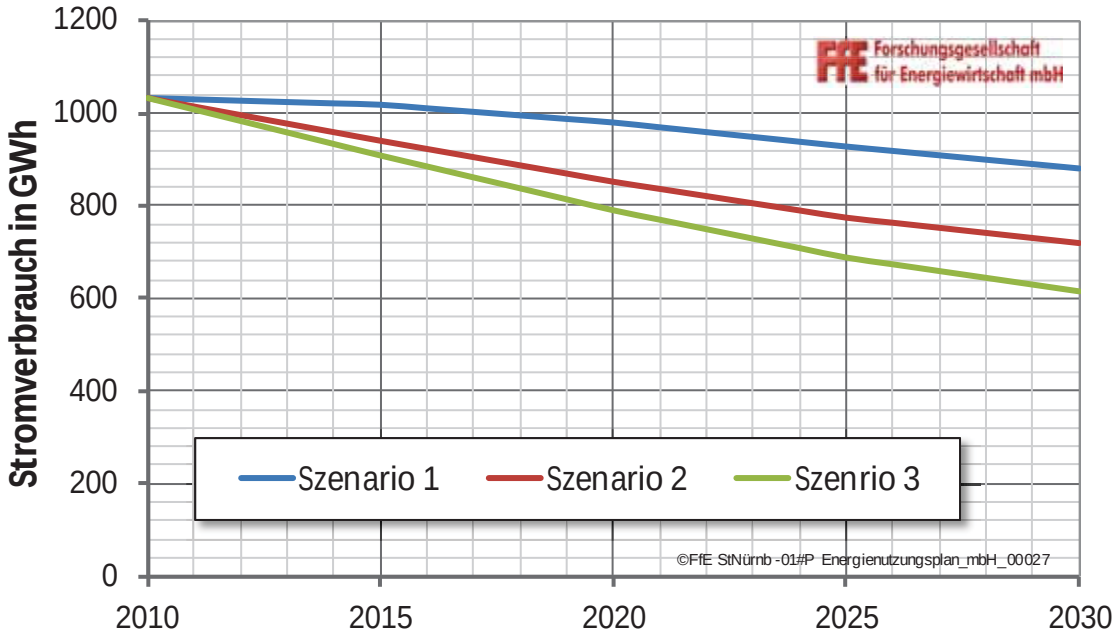


Abbildung 4-14: *Entwicklung des Stromverbrauches im Sektor GHD*

4.3 Energieeinsparpotenzial in der Industrie

Der Industriesektor gliedert sich in mehrere Zweige unterschiedlicher Größe und Energieintensität auf. Als Methodik zur Ermittlung der zukünftigen Energieverbräuche wird auf die Szenarien, wie sie in der Studie Zukunft Energie 2050 Deutschland beschrieben sind, zurückgegriffen. Da sich die Industrielandschaft in Nürnberg von

jener in Deutschland z.T. erheblich unterscheidet (vgl. **Abbildung 4-15)**, werden die Parameter aus ZEN an die vorhandenen Strukturen angepasst.

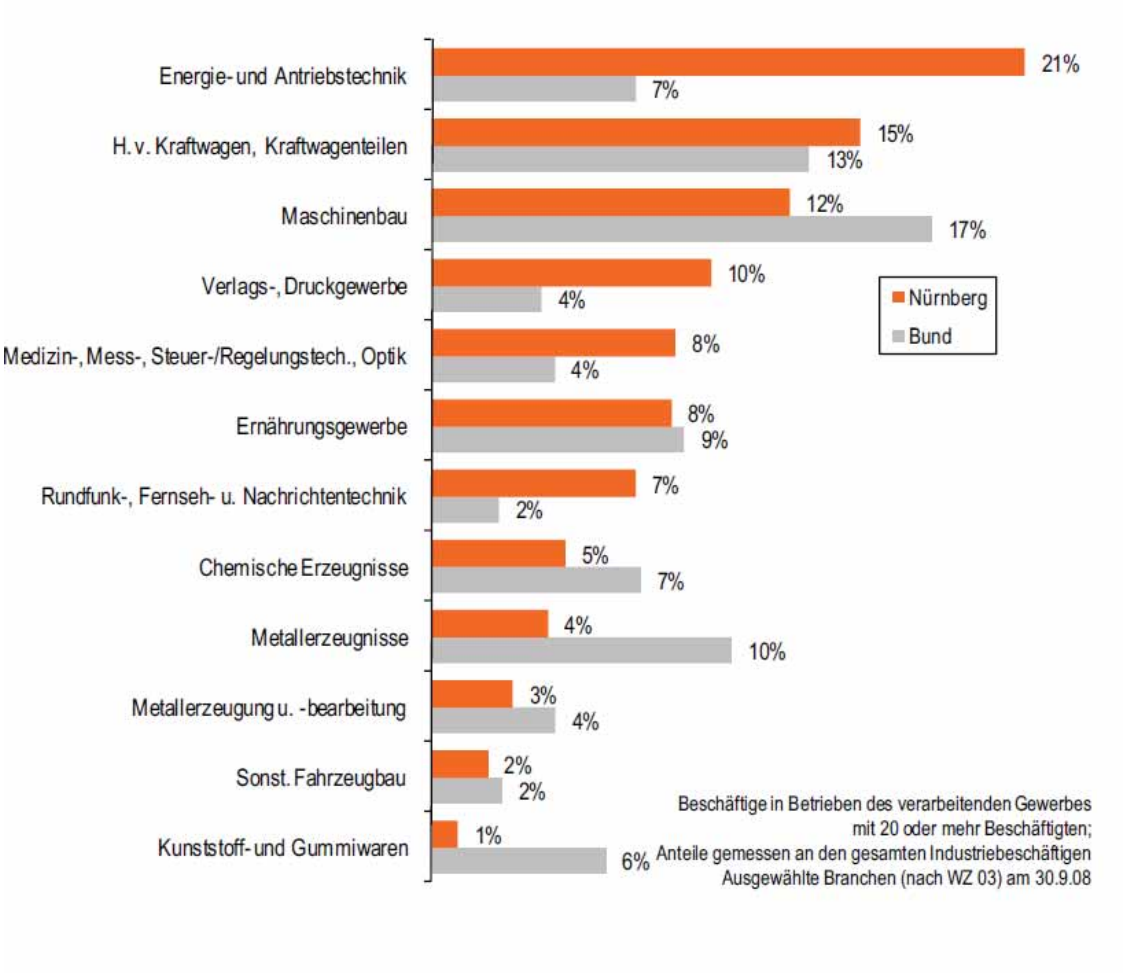


Abbildung 4-15: *Industriestruktur in Nürnberg im Vergleich zum Bundesdurchschnitt* /**N-01 09**/

4.3.1 Energieverbrauch im Jahr 2030

Schwerpunkt im Energieverbrauch liegt bei der Prozessenergie. Auf die Raumwärme entfällt ein verhältnismäßig geringer Anteil. Eine exakte Erhebung des industriellen Verbrauchs an Strom und Wärme ist flächendeckend für Nürnberg nicht möglich. Über den Versand von Fragebögen durch das Umweltamt und die Auswertung des Rücklaufes konnten etwa 30 % der industriellen Nutzfläche erfasst werden. Auf Basis dieser Ergebnisse und der Annahme, dass über die Fläche auch 30 % des Energieverbrauchs erfasst wurden, konnte der Gesamtverbrauch im Industriesektor hochgerechnet werden, welcher im Jahr 2010 bei ca. 2,4 TWh lag. Zukünftige Entwicklungen, wie Verlagerung der Produktion aus dem Stadtgebiet Nürnberg oder die Auswirkungen von Wirtschaftskrisen, können in der Fortschreibung nicht berücksichtigt werden. Basierend auf der ZEN-Studie /**FFE-25 09** / und der Anpassung der Industriestruktur auf die Nürnberger Gegebenheiten ergeben sich für die drei Szenarien Verbräuche von 2,5 TWh (SZ 1), 2,44 TWh (SZ 2), bzw. 2,4 TWh (SZ 3). Es wird davon ausgegangen, dass sich der Energieverbrauch in den nächsten Jahren nicht signifikant verändern wird. Hierfür gibt es mehrere Gründe:

- Anstieg der Produktionsmengen und damit verbundener Mehrverbrauch
- Höhere Anforderungen an den Umweltschutz erfordern durch den Einsatz von zusätzlichen Komponenten (z.B. elektrische Abgasfilter)höheren Energieeinsatz
- Effizienzmaßnahmen im Produktionsprozess schwer umsetzbar
- Hohe Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit einzelner Maßnahmen

Diesen Punkten steht die jährliche Effizienzsteigerung der Industriebetriebe gegenüber. In Deutschland liegt dieser Effizienzgewinn jährlich bei etwa 1 %. Durch die Etablierung eines lernenden Energieeffizienznetzwerkes kann dieser Wert verdoppelt werden. Doch selbst unter diesen Vorgaben und der Annahme eines optimalen Nutzerverhaltens wird der Energieverbrauch der Industriebetriebe im optimistischen Fall (SZ 3) das Niveau vom Jahr 2010 halten können. **Abbildung 4-16** zeigt die Entwicklung des Energieverbrauches bis zum Jahr 2030.

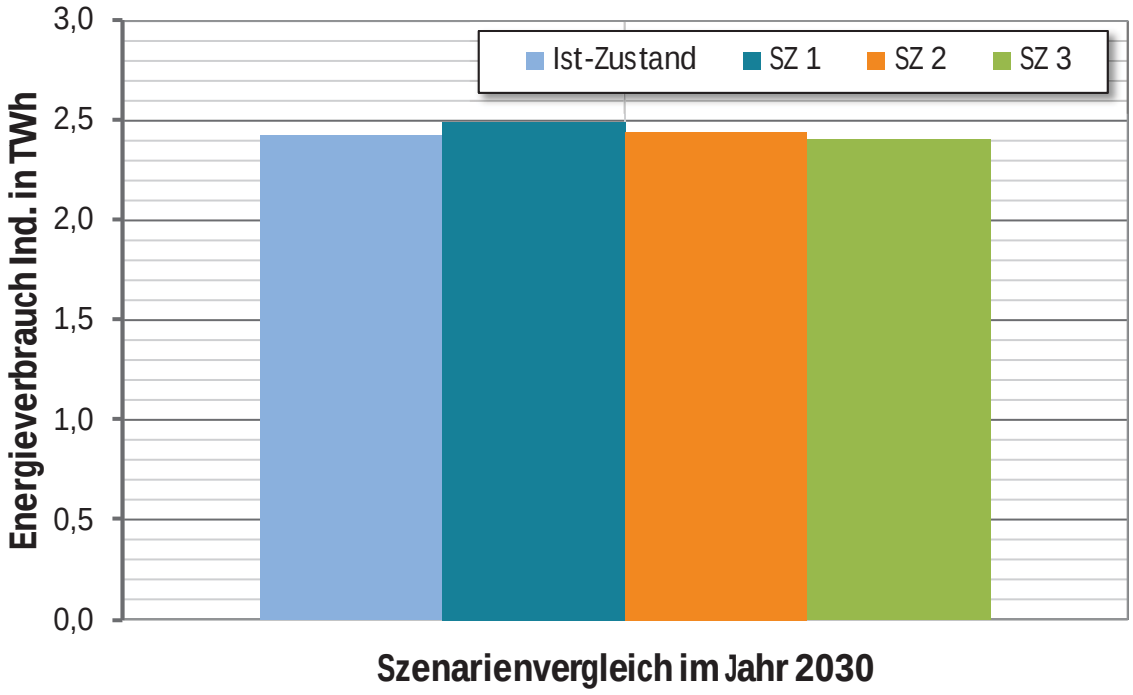


Abbildung 4-16: *Fortschreibung der Gesamtverbräuche in der Industrie*

4.4 Potenzial regenerativer Energieerzeugung

In diesem Abschnitt wird das vorhandene Potenzial zur Nutzung regenerativer Energiequellen analysiert. Dabei wird eine neutrale Betrachtung aller möglichen Energieträger vorgenommen. Grundlage für die Bestimmung des theoretisch möglichen Aufkommens an regenerativer Energie bilden der Flächennutzungsplan und an die an der FfE vorhandenen statistischen Daten. In Frage kommen für die Stadt Nürnberg sämtliche Energiequellen außer Wasserkraft, da diesbezüglich ein Ausbau im Stadtgebiet nicht möglich ist. Untersucht werden daher in erster Linie die Solarthermie und Photovoltaik. Des Weiteren werden die Biomasse und Möglichkeiten zur Nutzung der Windenergie untersucht. Der Geothermie kommt vor allem aufgrund naturräumlicher Gegebenheiten nur eine geringere Rolle zu (siehe dazu **Abbildung 4-26**).

Strom aus regenerativen Energien zu produzieren und entsprechende Anlagen wirtschaftlich zu betreiben, wird durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) der Bundesregierung gefördert. Dabei werden festgelegte Vergütungen pro Kilowattstunde Strom bezahlt, die je nach Energieträger, Anlagenart, Eigenbedarf und installierter Leistung variieren. Darauf wird in den nachfolgenden Unterkapiteln näher eingegangen.

4.4.1 Solare Strahlung

Die Region Nürnberg weist Einstrahlungswerte von durchschnittlich 1050 kWh/m² auf und liegt damit deutschlandweit im Mittelfeld. Wie in **Abbildung 4-17** ersichtlich, liegen die besten Standorte für solare Energienutzung in Deutschland bei etwa 1200 kWh/m², die schlechtesten Einstrahlungswerte erreichen 950 kWh/m².

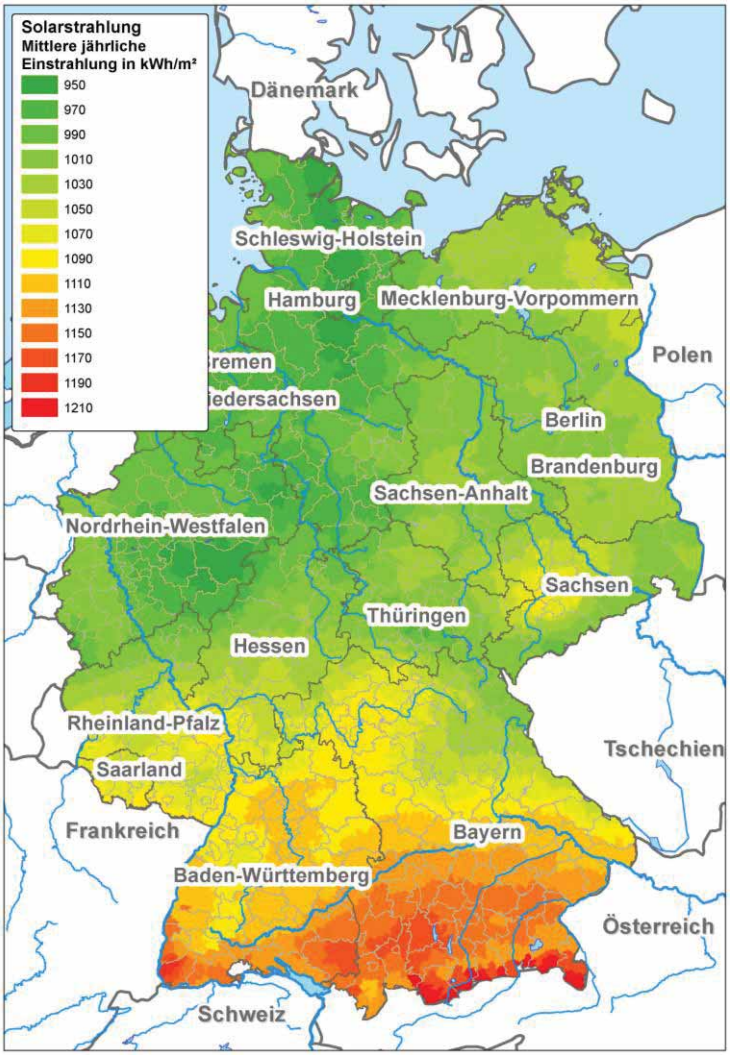


Abbildung 4-17: *Solarstrahlung in Deutschland, eigene Darstellung nach /DWD-02 04/*

Nachfolgend werden zunächst die nutzbaren Dachflächen Nürnbergs bestimmt. Anschließend werden die Potenziale für Solarthermie und Photovoltaik analysiert.

4.4.1.1 Bestimmung der nutzbaren Dachflächen in Nürnberg

Um das Potenzial für Solarthermie und Photovoltaik bestimmen zu können, müssen zunächst die vorhandenen Dachflächen des Untersuchungsgebietes ermittelt werden.

Dabei ist zu beachten, dass Solarthermie und Photovoltaik in Konkurrenz zueinander stehen, da beide die vorhandenen Dachflächen beanspruchen.

Zur Bestimmung der vorhandenen Dachflächen wurde auf das Regionenmodell /FFE-22 10/ der FfE zurückgegriffen. Demnach sind in Nürnberg nutzbare Dachflächen von ca. 8 Mio. m² vorhanden. Um von diesem Dachflächenwert auf ein entsprechendes Potenzial an installierbarer Leistung zu kommen, müssen verschiedene reduzierende Faktoren berücksichtigt werden. Dazu zählen in erster Linie

- die Verschattung durch Bäume oder Nachbargebäude sowie
- Dachaufbauten, wie z.B. Schornsteine oder Antennen.

Für die Bestimmung der geeigneten Dachflächen des Regionenmodells wird die vorhandene Fläche dementsprechend verringert: Die Verschattung der Dachflächen von Wohngebäuden wird unter Einbeziehung der Wohngebäudeart (z.B. Einfamilienhaus oder Mehrfamilienhaus) berechnet. Zusätzlich werden diese Flächen um 1,5 % reduziert, um Dachaufbauten einzubeziehen. Alle Dachflächen weiterer Gebäudetypen werden um 3 bis 6 % (je nach Gebäudetyp und dessen charakteristischer Eigenschaften) reduziert. Auch hier geht es darum, Verschattung und Dachaufbauten zu berücksichtigen. Dazu gehören

- Nebengebäude wie z.B. Garagen,
- Gebäude der Sektoren GHD und Industrie,
- Schulen, Pflegeheime, Krankenhäuser und Schwimmbäder sowie
- landwirtschaftliche Gebäude.

Insgesamt steht in Nürnberg eine Dachfläche von rund 8 km² zur Verfügung. Die nutzbare Dachfläche auf Wohngebäuden liegt bei 2,8 km² (siehe **Tabelle 4-7**).

Tabelle 4-7: *Übersicht nutzbarer Dachflächen in Nürnberg*

Gesamte nutzbare Dachfläche in Nürnberg	Nutzbare Dachfläche der Wohngebäude	Nutzbare Dachfläche der Wohngebäude abzüglich vorhandener Anlagen (PV und Solarthermie)
8,11 km²	2,77 km²	2,53 km²

Die Bestimmung der Dachflächen wir im Detail in /FFE-04 12/ und /FFE-22 10/ erläutert.

4.4.1.2 Solarthermie

Bayernweit sind derzeit 307.443 Solarthermie-Anlagen mit einer Kollektorfläche von 2.966.425 m² (Stand: Nov. 2011) beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) registriert. Diese Informationen werden über den „Solaratlas“ in Form einer Datenbank bereitgestellt /BSW-01 11/. Bayern ist damit Spitzenreiter im gesamtdeutschen Vergleich. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass nur diejenigen Anlagen erfasst sind, die eine Förderung erhalten, etwa 15 % der Anlagen bleiben daher unberücksichtigt /BWK-03 11/.

Gefördert werden solarthermische Anlagen über das seit den neunziger Jahren bestehende Marktanreizprogramm (MAP) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Solarkollektoranlagen wurden bis Ende 2011 mit bis zu 120 €/m² gefördert, eine Förderung für Anlagen bei Gebäudeneubauten ist inzwischen nicht mehr möglich. Es sollte darauf geachtet werden, dass sich die Förderbedingungen des MAP häufig ändern und hier nur der derzeitige Stand dargestellt ist. /BWK-03 11/

Baulich wird zwischen Flach- und Röhrenkollektoren unterschieden. Die deutlich häufigeren Flachkollektoren bestehen aus einem Solarabsorber, einer Wärmedämmung auf der Rückseite, einer transparenten Abdeckung an der Oberfläche sowie einem Rahmen. Normalerweise werden mehrere einzelne Kollektoren zusammengeschlossen, um die gewünschte Leistung zu erreichen. **Abbildung 4-18** zeigt beispielhaft eine Solarthermie-Anlage mit acht Flachkollektoren.



Abbildung 4-18: *Solarthermie-Anlage bei Dachau*

Solarthermie-Potenzial in Nürnberg

Entsprechend den zuvor bestimmten Dachflächen, können Bestand und Potenzial von Solaranlagen in Nürnberg bestimmt werden. Es wird dabei ausschließlich die Kategorie der Wohngebäude betrachtet, da hier der Großteil an Anlagen gebaut wird. Weiter eingeschränkt wird die potenziell nutzbare Dachfläche, da auf Mehrfamilienhäusern (MFH) im Normalfall ebenfalls nur sehr selten Solaranlagen installiert werden. Für eine solarthermische Nutzung stehen daher folgende Dachflächen zur Verfügung:

- Einfamilienhäuser (EFH),
- Doppelhaushälften (DHH),
- Reihenhäuser (RHH) und
- Zweifamilienhäuser (ZFH).

Auf Basis der Angaben des Solaratlas kann für Nürnberg eine anteilige Kollektorfläche berechnet werden /BSW-01 11/. Demnach weist Nürnberg derzeit eine Kollektorfläche

von 36.160 m² auf. Der nutzbare Wärmeertrag (nicht zu verwechseln mit dem Kollektorertrag) einer Solarthermie-Anlage liegt durchschnittlich bei 370 kWh pro m² und Jahr. Dementsprechend werden aktuell 13,38 GWh pro Jahr an Wärmeertrag über Solarthermie erreicht. /FFE-04 12/

Ausgehend von der nutzbaren Dachfläche auf Wohngebäuden (siehe Tabelle 4-7), werden nun diejenigen Flächen abgezogen, die bereits durch vorhandene Solarthermie- und PV-Anlagen beansprucht werden. Damit ergibt sich eine nutzbare Rest-Dachfläche von rund 2,5 km² im Stadtgebiet von Nürnberg. Unter der Annahme, dass auf 10 % bzw. 30 % der nutzbaren Dachfläche künftig Solarthermie-Anlagen installiert werden, könnten damit 94 GWh bzw. 281 GWh pro Jahr an Wärme erzeugt werden. Dies entspricht 1,2 % bzw. 3,6 % des Gesamtwärmeverbrauchs der Stadt Nürnberg (siehe auch Abbildung 4-23 auf Seite 48).

4.4.1.3 Photovoltaik

Ende Jahr 2010 war in Deutschland eine Leistung von 17,3 GWp an Photovoltaik-Anlagen installiert /BMWI-02 11/. Nach Angaben der Bundesnetzagentur kamen im Jahr 2011 noch einmal 7,5 GWp hinzu /BNETZA-01 12/. Diese Zahlen bestätigen die anhaltende Bedeutung der Photovoltaik in Deutschland.

In **Abbildung 4-19** ist beispielhaft eine Anlage eines sehr guten Standortes am Wank in Garmisch-Partenkirchen dargestellt.



Abbildung 4-19: *Photovoltaik-Anlage am Wank, Garmisch-Partenkirchen*

Je nach Ausrichtung und Neigung eines Daches kommen unterschiedliche Modultypen wie Poly- und Monokristalline Silizium-Module oder auch Dünnschichttechnologien zum Einsatz. Mono- und Polykristalline Siliziumzellen unterscheiden sich in Herstellungsaufwand und Wirkungsgrad. So haben Monokristalline Module einen sehr hohen Herstellungsaufwand, weisen dafür aber auch einen der höchsten Wirkungsgrade von ca. 17 % auf. Zu den Dünnschicht-Modulen zählen beispielsweise kristalline Silizium-Dünnschichtzellen oder auch CIS- bzw. CIGS-Zellen, die aus den chemischen Elementen Kupfer (Cu), Indium (In), Gallium (Ga) und Selen (Se) aufgebaut sind. CIS-

Module weisen einen geringeren Herstellungsaufwand auf als kristalline Silizium-Module, ihr Wirkungsgrad liegt bei ca. 11 %. Nachteilig ist jedoch, dass der benötigte Rohstoff Indium weltweit nur in sehr geringen Mengen vorkommt.

Für den Einsatz von Photovoltaik eignen sich neben Dachflächen auch Freiflächen. Da Freiflächen-Anlagen nur unter bestimmten Voraussetzungen gebaut werden und praktisch an jedem Standort errichtet werden können, ist eine Betrachtung nur im Einzelfall möglich.

Bestimmungen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG)

Der erzeugte Strom über Photovoltaik kann in das Stromnetz eingespeist werden und der Anlagenbetreiber erhält dafür eine Vergütung nach dem „Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG)“. Die Vergütungssätze variieren dabei je nach Anlagentyp, installierter Leistung und dem Jahr der Inbetriebnahme.

Eine Förderung von Freiflächenanlagen ist inzwischen nur noch eingeschränkt möglich: Im Juli 2010 wurde die Einspeisevergütung für landwirtschaftliche Nutzflächen aus dem EEG ausgesetzt. Seither erhalten nur noch Konversionsflächen – wie z.B. Flächen neben Autobahnen und Schienenwegen (110 m Abstand) – eine Vergütung des eingespeisten Stroms nach EEG.

Durch die Novellierung des EEG wurde die Möglichkeit geschaffen, den erzeugten Strom selbst zu verbrauchen und trotzdem einen reduzierten Vergütungssatz, zusätzlich zu den eingesparten Energiekosten zu erhalten. Durch diese Gesetzesänderung und den deutlichen Preisrückgang im Photovoltaiksektor können Dachanlagen weiterhin mit guten Wirtschaftlichkeitsaussichten betrieben werden. /EEG-02 11/

Photovoltaik im Raum Nürnberg

Der Raum Nürnberg besteht größtenteils aus Wohn- und Gewerbegebieten. Damit ergibt sich ein großes Dachflächen-Potenzial, welches für PV-Anlagen genutzt werden kann.

In **Abbildung 4-20** wird deutlich, wie der Bestand an PV-Anlagen in Nürnberg aussieht und welches Potenzial noch vorhanden ist. Bis zum Jahr 2010 wurden in Nürnberg 20,3 MW an PV-Leistung installiert. 2011 konnte zunächst von einem Zubau von etwa 3,5 MW ausgegangen werden. Aufgrund des unerwartet stärkeren Zubaus, ist jedoch inzwischen davon auszugehen, dass insgesamt ein Wert von 30 MW erreicht wird /BNETZA-01 12/. Auf Basis der in Nürnberg existierenden nutzbaren Dachfläche von ca. 8 Mio. m² kann ein entsprechendes Leistungs-Potenzial ermittelt werden (siehe auch Kapitel 4.4.1.1). Unter der Annahme, dass auf den vorhandenen Dachflächen ausschließlich PV, also keinerlei Solarthermie, ausgebaut wird, ergibt sich ein Potenzial von rund 716 MWp installierbare Leistung. /FFE-04 12//FFE-22 10/

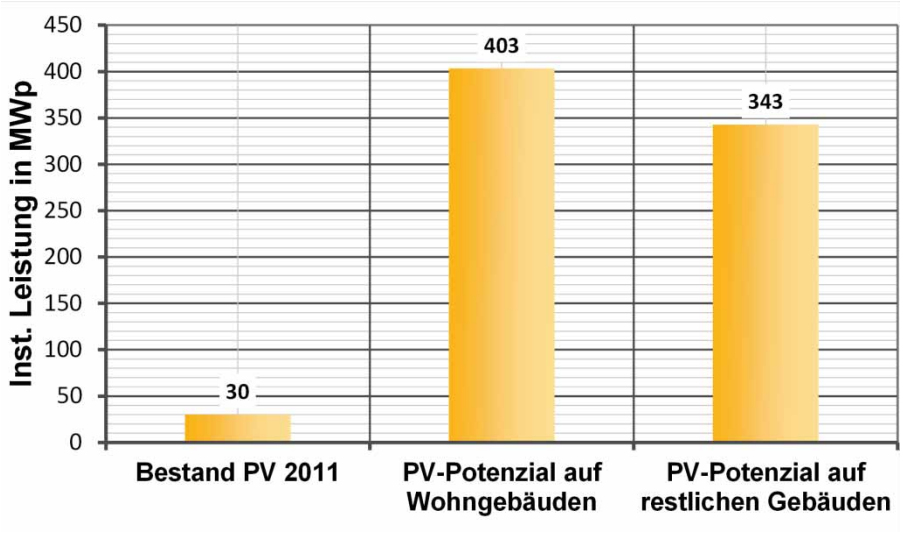


Abbildung 4-20: *Photovoltaik - Bestand und Zubau-Potenzial in Nürnberg*

Dieser sehr hohe Wert entspricht einem theoretisch möglichen Potenzial, berücksichtigt also noch keinerlei weiterführenden Überlegungen, wie z.B. technische Einschränkungen oder die Wirtschaftlichkeit einer Anlage. Auch die Dachflächen-Konkurrenz zu Solarthermie-Anlagen ist in dem hier ausgewiesenen Potenzial noch nicht berücksichtigt.

Dies zeigt auf, welche Möglichkeiten im Bereich Photovoltaik noch bestehen. Es ist dabei zu beachten, dass in der Regel Mehrfamilienhäuser sowie Block- und Zeilenbebauungen im Zentrum Nürnbergs grundsätzlich weniger für den Bau einer PV-Anlage geeignet sind, als Ein- und Zweifamilienhäuser in den Stadtrandbereichen. Dies liegt unter anderem an einer stärkeren Verschattung im Stadtzentrum aufgrund dichterer und höherer Bebauung sowie an den im Kern Nürnbergs häufig geltenden Denkmalschutzbestimmungen.

4.4.2 Biomasse

Die regenerative Nutzung der Biomasse dient in erster Linie der Wärmeerzeugung. Die regenerative Wärmeerzeugung gliedert sich dabei in netzgebundene zentrale Nahwärmesysteme wie Hackschnitzelheizwerke und Biogas-KWK-Anlagen sowie dezentrale Systeme wie Wärmepumpe, Solarthermie oder Pelletheizung (siehe **Abbildung 4-21**).



Abbildung 4-21: *Varianten von Biomasse - Hackschnitzel und Mais*

Die zentralen Systeme finden dabei in Gebieten mit einer hohen Wärmeabnahme Verwendung. In Einfamilienhaussiedlungen und Siedlungsgebieten mit geringer Wärmedichte kommen dezentrale Techniken zum Einsatz. Allen voran ist dabei die Solarthermie zu nennen (siehe auch Kapitel 4.4.1.2), da dieses System mit allen Heizungsanlagen kombiniert und in nahezu beliebiger Größe ausgelegt werden kann. Dies bedingt auch niedrigere Investitionskosten gegenüber Wärmepumpen oder Pelletanlagen.

4.4.2.1 Bestimmung der potenziell nutzbaren Flächen

Das Stadtgebiet Nürnberg hat eine Gesamtfläche von rund 186 km². Auf Basis des Flächennutzungsplans und den Landnutzungsklassen von CORINE Land Cover wurden die potenziell nutzbaren Flächen für Biomasse im Raum Nürnberg identifiziert. Etwa ein Fünftel der Fläche, rund 34 km², steht als Ackerfläche zur Verfügung, weitere knapp 41 km² entsprechen den vorhandenen Wäldern, Wiesen und Weideflächen. /CLC-01 09/

Wie in **Abbildung 4-22** ersichtlich, fallen große Teile der Wald- und Weidegebiete unter naturschutzrechtliche Bestimmungen. Die drei am häufigsten vorkommenden Schutzgebietstypen sind Naturschutzgebiete (nach § 32 BNatSchG) sowie Flora-Fauna-Habitate (FFH) und Vogelschutzgebiete (VS) nach der Europäischen Richtlinie „Natura 2000“ /BRD-02 09/.

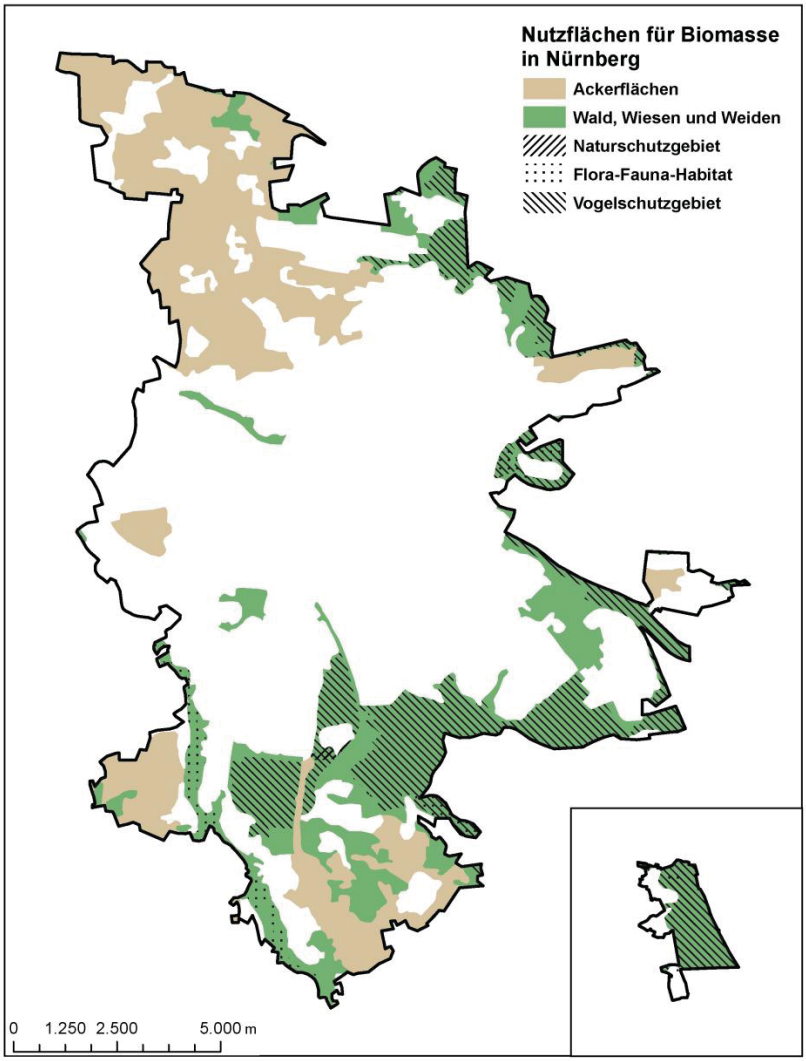


Abbildung 4-22: *Potenziell nutzbare Flächen zur Biomasse-Bereitstellung in Nürnberg*

Weiterhin fallen größere Wald- und Wiesengebiete sowie Teile der Ackerflächen unter die Kategorie der Landschaftsschutzgebiete (LSG). Diese Schutzgebietskategorie wird hier jedoch nicht extra ausgewiesen, da Land- und Forstwirtschaft grundsätzlich für den Biomasseanbau erlaubt sind und diesbezügliche Einschränkungen von Fall zu Fall unterschiedlich sein können /BRD-02 09/.

Sollten die vorhandenen Flächen der Energiegewinnung mittels Biomasse dienen, so sollten zunächst Gebiete ohne bzw. mit geringem Schutzstatus genutzt werden. Die weitere Einbeziehung von Schutzgebieten muss in jedem Fall mit den geltenden rechtlichen Bestimmungen in Einklang gebracht werden.

4.4.2.2 Biomasse-Nutzung im Stadtgebiet Nürnberg

Biomasse wird in erster Linie zur Wärmeerzeugung genutzt. Nürnberg hat einen Gesamtwärmeverbrauch von ca. 7,8 TWh.

In zwei Szenarien, siehe **Abbildung 4-23**, werden die Möglichkeiten einer Nutzung der vorhandenen Biomasse zur Wärmeerzeugung im Raum Nürnberg dargestellt. Im ersten Szenario gilt die Annahme, dass auf 10 % der vorhandenen Ackerfläche Energiepflanzen zur Biogas-Herstellung angebaut werden, in Szenario 2 steigt dieser Anteil auf 30 % an.

Die vorhandenen Wälder, rund 4.100 ha, werden in beiden Szenarien zur Hackschnitzel-Bereitstellung genutzt, wobei ausschließlich Rest- und Schwachholz genutzt werden und Schutzgebietseinschränkungen nicht berücksichtigt sind. Die Hackschnitzel-Bereitstellung über Kurzumtriebsplantagen, z.B. aus Miscanthus, Pappeln oder Weiden, wird nur im Szenario 2 betrachtet.

Des Weiteren wird pro Szenario ein wahrscheinlicher Anteil an Solarthermie ausgewiesen, da diese ebenfalls der Wärmeerzeugung dient. Im Szenario 1 werden etwa 10 % der vorhandenen Dachflächen mit Solarthermie-Anlagen bebaut, in Szenario 2 sind es 30 %.

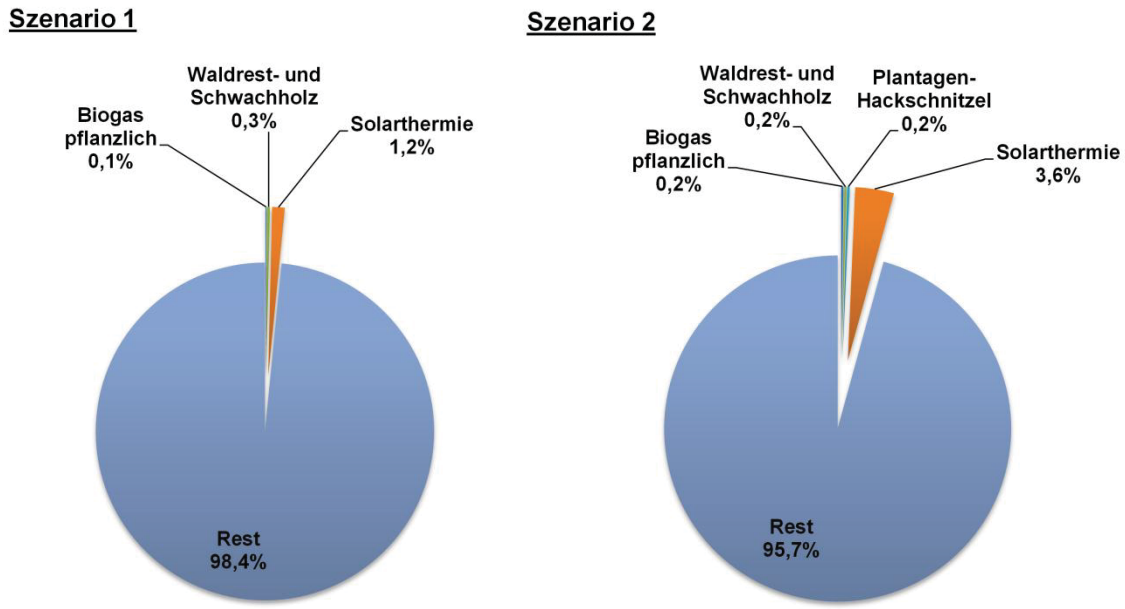


Abbildung 4-23: *Szenarien der Nutzung von Biomasse zur Wärmeerzeugung*

Aufgrund der Relation eines sehr hohen Wärmeverbrauchs im Stadtgebiet Nürnbergs und vergleichsweise wenige nutzbarer Acker- und Waldflächen, ist ersichtlich, dass die Biomasse keinen großen Beitrag am Gesamtwärmeverbrauch leisten kann. Selbst im optimistischen Szenario 2, mit einer Biomasse-Bereitstellung durch 30 % der Ackerflächen, kann nur einen sehr geringer Anteil, von nur 0,6 %, am Gesamtwärmeverbrauch Nürnbergs geleistet werden. Im Szenario 1 liegt der Anteil sogar nur bei 0,4 %.

Das Hackschnitzel-Heizwerk Sandreuth

Nahe dem Zentrum Nürnbergs befindet sich, am selben Standort wie das GuD-Heizkraftwerk Sandreuth, ein angelagertes Hackschnitzel-Heizwerk, welches Anfang November 2011 in Betrieb genommen wurde. Für dieses Projekt wurden ca. 36 Mio. € investiert.

Mit dem Hackschnitzel-Heizwerk sollen 82 Mio. kWh Fernwärme und 35 Mio. kWh Strom erzeugt werden, bei einem planmäßigen Einsatz von 6.000 h/a. Die elektrische Leistung des Biomasse-Heizkraftwerks beträgt 6 MW, hinzu kommt eine thermische Leistung von 14 MW, die ausschließlich das vorhandene Fernwärmenetz speist. Pro Jahr benötigt das Heizwerk voraussichtlich etwa 51.000 t Hackschnitzel, die sich aus

Frischholz der Landschaftspflege und Waldhackgut zusammensetzen sollen. /NERGIE-01 11/ /NERGIE-02 11/

Dieser große Bedarf an Hackschnitzeln legt nahe, eine Teilversorgung aus den Wäldern des Stadtgebiets anzustreben. Rund 1.600 ha Wald- und Weidefläche sind ohne Einschränkungen nutzbar. Die restlichen etwa 2.500 ha unterliegen verschiedenen Schutzkategorien, die dabei berücksichtigt werden müssen. Anzustreben ist daher, das vorhandene Rest- und Schwachholz der nutzbaren Wälder für das Hackschnitzel-Heizwerk Sandreuth bereitszustellen.

Biogas-Anlagen

Zum Betrieb einer Biogas-Anlage können Energiepflanzen, wie Winterweizen, Winterroggen, Mais, Ackergras oder Dauergrünland angebaut werden. Üblicherweise werden jedoch größtenteils tierische Exkremente, wie Gülle oder Festmist, verwendet. Dieses Potenzial wird im Fall Nürnbergs nicht näher untersucht, da keine Daten zu vorhandenen Viehbeständen vorliegen. Es ist jedoch davon auszugehen, dass der realisierbare Anteil am Gesamtwärmeverbrauch durch tierisches Biogas, analog zu pflanzlichem, sehr niedrig ausfallen würde (siehe Abbildung 4-23).

Aufgrund des sehr geringen Biomasse-Potenzials im Raum Nürnberg (siehe Abbildung 4-23), relativ zu dem sehr hohen Wärmeverbrauch der Stadt, erscheint der Bau einer Biogas-Anlage zunächst als nicht sehr effektive Maßnahme, um den regenerativen Anteil maßgeblich zu erhöhen. Dennoch kann diese Maßnahme sinnvoll sein, beispielsweise in Kooperation mit interessierten Nachbargemeinden, welche die entsprechenden Ackerflächen bereitstellen können.

4.4.3 Windkraft

Windkraftanlagen wurden in der Vergangenheit hauptsächlich auf dem Land (On shore) errichtet. Die Anlagenleistungen reichen dabei von einigen kW bis hin zu mehreren MW elektrische Leistung je Anlage. Im Verbund können so Wind-Kraftwerkparks mit einer Gesamtleistung von mehr als 100 MW realisiert werden. Das entspricht in etwa 10 bis 20 % der Leistung eines Großkraftwerks. Der Stand der Technik erlaubt dabei immer größere Höhen, in denen der Wind stetiger bläst, zu realisieren. Die Nabenhöhe kann durchaus bei bis zu 140 m, die Gesamthöhe bei knapp 200 m liegen. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Errichtung der Windkraftanlagen in Küstennähe (im Meer) oder seichtem Wasser (Offshore). Durch die deutlich größere Anzahl an Windstunden kann die Stromausbeute gegenüber den Onshore Anlagen bis auf das doppelte gesteigert werden.

4.4.3.1 Rechtliche Grundlagen beim Bau von Windkraftanlagen

Der Bau von Windkraftanlagen unterliegt einer Vielzahl von gesetzlichen Regelungen und Einschränkungen. So müssen für jede Windenergieanlage (WEA) eine immissionsschutzrechtliche sowie eine baurechtliche Genehmigung vorliegen. Dabei sind in erster Linie

- das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG),
- das Baurecht (BauGB, BauNVO, BayBO, Umweltverträglichkeitsprüfung),
- die Raumordnungsgesetzgebung (ROG, RoV),

- vorhandene Regional- und Bauleitpläne,
- sowie der Naturschutz (BNatSchG, BayNatSchG,)

zu berücksichtigen /STMWIVT-04 10/.



Abbildung 4-24: *Möglicher Standort von Windenergieanlagen*

Folglich müssen aufgrund von Lärmbelästigung und Schattenwurf bei der Standortplanung einer Windenergieanlage bestimmte Mindestabstände zu Siedlungsgebieten und Gewerbeflächen eingehalten werden. Außerdem spielen naturschutzrechtliche Fragestellungen eine erhebliche Rolle, also beispielsweise ob ein Gebiet unter besondere Tier- oder Pflanzenschutzbestimmungen fällt.

Auf Basis der deutschen und bayerischen rechtlichen Vorgaben bzw. Empfehlungen sollten Windräder daher einen Abstand von mindestens

- 1.000 m zu Siedlungen bzw. Wohnbebauung,
- 500 m zu Gewerbe- und Schutzgebieten sowie
- 50 m zu Straßen und Stromleitungen einhalten.

Diese Werte werden in den folgenden Untersuchungen zugrunde gelegt /STMWIVT-04 10/.

Unter Berücksichtigung sämtlicher Einschränkungen ergeben sich schließlich die sogenannten Windeignungsflächen, welche als grundsätzlich geeignet für den Bau von Windkraftanlagen eingestuft werden können.

4.4.3.2 Bestimmung der Windeignungsflächen in Nürnberg

In nachfolgender **Abbildung 4-25** wird deutlich, welche Flächen grundsätzlich für den Bau von Windkraftanlagen geeignet sind bzw. welche Bereiche ausgeschlossen werden müssen. Es wird ersichtlich, dass die kreisfreie Stadt Nürnberg größtenteils aus Siedlungs- und Gewerbeflächen besteht. Die schraffierten Bereiche entsprechen den nötigen Mindestabständen von 1.000 bzw. 500 m. Des Weiteren kann festgestellt werden, dass große Flächen des Stadtgebietes als Schutzgebiete ausgewiesen sind. So sind Schutzgebiete nach Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (FFH) sowie Vogelschutz-,

Naturschutz- und Landschaftsschutzgebiete (gemäß §32 BNatSchG) zu finden /BRD-02 01/.

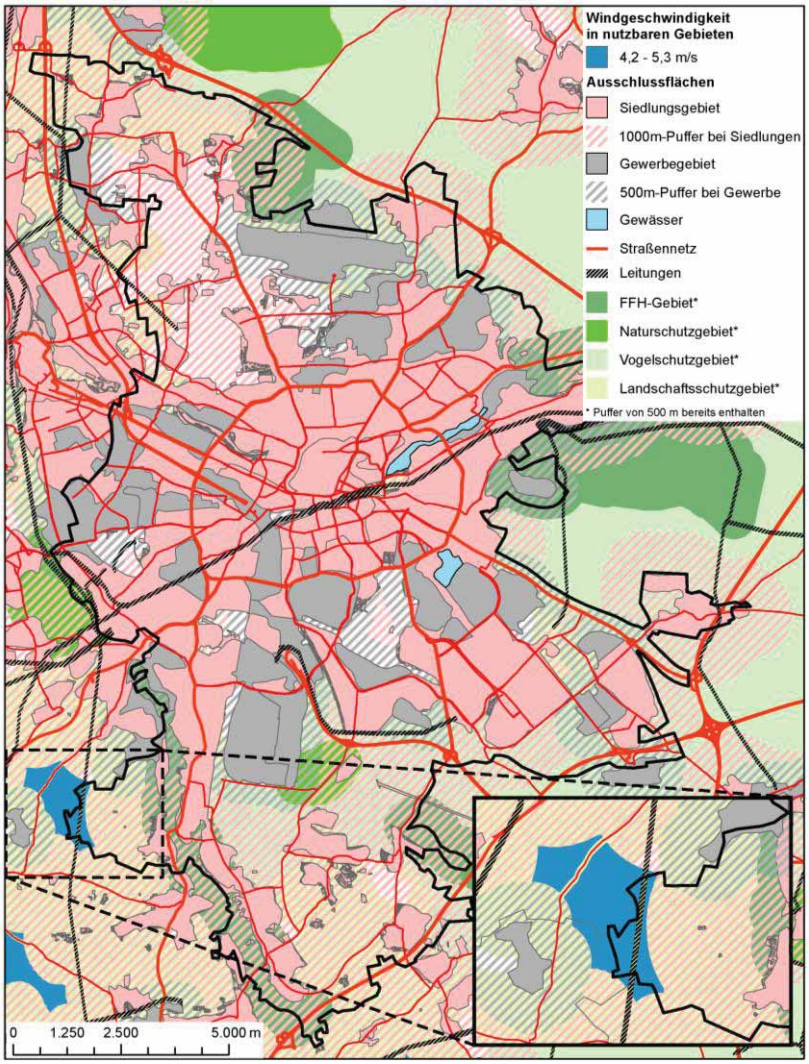


Abbildung 4-25: *Eignungs- und Ausschlussflächen für Windkraftanlagen in Nürnberg, eigene Darstellung nach /BFN-01 11/ / EEA-02 10/ /OSM-01 10/*

4.4.3.3 Windpotenzial der Stadt Nürnberg

Werden sämtliche Ausschlussflächen berücksichtigt, bleibt nur ein sehr kleiner Flächenanteil in Distrikt 552 übrig (siehe Detailkarte in Abbildung 4-25), der für den Bau von Windkraftanlagen in Frage kommt. Die Windgeschwindigkeiten liegen hier im Bereich von 4,2 bis 5,3 m/s (gemessen in 100 m Höhe über Grund) /DWD-02 11/ und entsprechen damit der Klasse IV der Windenergieanlagen nach Einteilung der International Electrotechnical Commission (IEC). Dies ist zwar die niedrigste der bestehenden Leistungsklassen, mit einer jährlichen Durchschnittswindgeschwindigkeit von 5 m/s, hat aber den Vorteil, dass WEA leichterer Bauart aufgestellt werden können, die in der Regel wesentlich kostengünstiger sind /WWEA-01 06/.

Nutzung der Windkraft innerhalb der Windeignungsflächen

In dem hier dargestellten Eignungsbereich für Windkraftanlagen im Stadtgebiet Nürnbergs, wird nun anhand eines Beispiels das Windkraftpotenzial berechnet:

Es liegt eine Windeignungsfläche von etwa 33,5 ha vor, die durch eine vorhandene Stromleitung zweigeteilt wird. Hier könnten beispielsweise drei WEA mit jeweils 3 MW Leistung, also insgesamt 9 MW, errichtet werden. Dabei wird angenommen, dass grundsätzlich 0,15 MW pro Hektar Fläche installiert werden können und ein Abstand von ca. 500 m, bei einem Rotordurchmesser von 100 m, zwischen den Anlagen eingehalten wird. Bei einer angenommenen Ausnutzungsdauer von 2.000 Stunden pro Jahr, könnten damit etwa 18 GWh Strom produziert werden. Der Gesamtstromverbrauch der Wohngebäude der Stadt Nürnberg liegt bei rund 650 GWh, es handelt sich also nur um einen relativ kleinen Anteil des Stromverbrauchs, der über Windkraft bereitgestellt werden könnte.

Wie aus Abbildung 4-25 ersichtlich, liegt der größere Anteil des nutzbaren Areals außerhalb des Stadtgebietes, in den angrenzenden Nachbargebieten der Landkreise Fürth, Roth und Schwabach. Es wäre daher zu überlegen, ein gemeindeübergreifendes Projekt durchzuführen, um eine effektivere Nutzung des vorhandenen Windpotenzials zu erreichen. Unter Einbeziehung der gesamten Windeignungsfläche der Detailkarte, ergibt sich bereits eine nutzbare Fläche von rund 155 ha.

Nutzung der Windkraft innerhalb von Windausschlussflächen

Aufgrund der stark eingeschränkten Windeignungsflächen im Nürnberger Stadtgebiet, sollten unter Umständen auch Bereiche in Erwägung gezogen werden, die bisher einem Schutzstatus oder anderer Einschränkungen unterliegen.

Naturschutz- und FFH-Gebiete sind sehr streng geschützt und können als Standorte für Windkraftanlagen normalerweise nicht genutzt werden. Im Falle von Vogelschutz- und Landschaftsschutzgebieten bestehen weniger strikte Nutzungseinschränkungen, diese könnten daher, nach Einzelfallabwägung und unter Einbeziehung der entsprechenden Behörden und Verbände, eventuell für Windkraftanlagen nutzbar gemacht werden. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, wiederum je nach Einzelfall, den Mindestabstand zu Wohngebieten und Gewerben, von 1.000 bzw. 500 m, zu verringern, um so weitere Eignungsflächen zu schaffen.

Besonders in Anbetracht aktueller Zielvorgaben der Bayerischen Landesregierung zum Ausbau der Windkraft, ist eine solche Einzelfallabwägung anzustreben /PNP-01 10/.

4.4.4 Geothermie

Nach Untersuchung der Potenziale von Solarthermie, Photovoltaik, Biomasse und Windkraft, wird abschließend auf das Geothermie-Potenzial Nürnbergs eingegangen.

Grundsätzlich kann zwischen einer oberflächennahen und einer tiefengeothermischen Nutzung unterschieden werden. Die Abgrenzung zwischen diesen beiden Formen liegt bei ca. 400 m Tiefe /STMUG-01 05/. Zur oberflächennahen Geothermie zählt in erster Linie die Nutzung von Erdwärmesonden, mittlerweile erreichen die technisch neuesten Sonden jedoch bereits den Bereich der Tiefengeothermie, der Übergang muss daher zunehmend als fließend betrachtet werden /TUB-01 05/.

4.4.4.1 Tiefengeothermie

Innerhalb der Tiefengeothermie kann zwischen zwei Systemen unterschieden werden, die je nach vorhandenem Untergrund zur Anwendung kommen. Normalerweise werden

Bereiche genutzt, deren poröse oder zerklüftete Gesteinsformationen bereits natürlicherweise mit Wasser gefüllt sind, sogenannte hydrothermale Systeme. In Gebieten, wo dies nicht der Fall ist, kann dieser Zustand mittels einer künstlichen Zerklüftung und Wasserzufuhr (Hot-Dry-Rock-Systeme, HDR) hergestellt werden. Dieses Verfahren wurde beispielsweise in Basel angewendet, befindet sich bisher aber noch in der Erprobungsphase, da noch nicht alle Problematiken, u.a. in Bezug auf das mögliche Auslösen von Erdbeben, geklärt sind /TUB-01 05/.

In nachfolgender **Abbildung 4-26** wird ersichtlich, welche Gebiete in Süddeutschland, aufgrund ihrer geologischen Eigenschaften, grundsätzlich für eine tiefengeothermische, hydrothermale Nutzung in Frage kommen (orange hinterlegte Fläche). Naturräumlich handelt es sich dabei um das Süddeutsche Molassebecken, wo bereits zahlreiche Tiefenbohrungen zu finden sind (rot eingezeichnet). Die Region Nürnberg sowie der gesamte nordbayerische Raum, liegen außerhalb dieses Gebietes und sind daher für eine derartige tiefengeothermische Erschließung nicht geeignet.

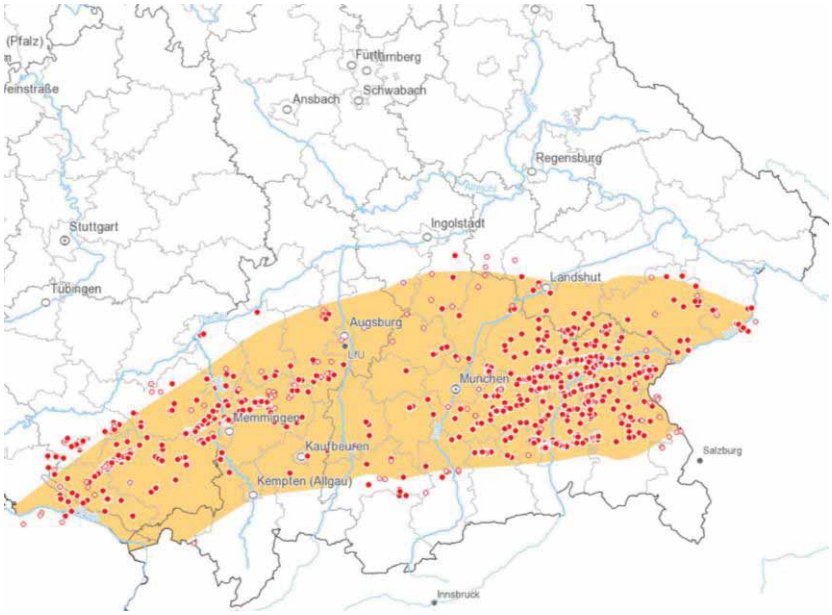


Abbildung 4-26: *Potenzial der Tiefengeothermie in Bayern*

Abgesehen vom Süddeutschen Molassebecken eignen sich in Deutschland noch der Oberrheingraben sowie das Norddeutsche Becken für eine hydrothermale Nutzung /LIAG-01 11/.

4.4.4.2 Oberflächennahe Geothermie

Wie aus **Abbildung 4-27** ersichtlich, ist in großen Teilen der Region Nürnberg der Einsatz von Erdwärmesonden grundsätzlich möglich. Erdwärmesonden nutzen die natürlich vorhandene thermische Energie aus dem Untergrund. In der Regel werden sie in Deutschland in Tiefen von 30 bis 100 m abgesenkt, da größere Tiefen aufgrund technischer und wirtschaftlicher Aspekte seltener verwendet werden /STMUG-01 11/.

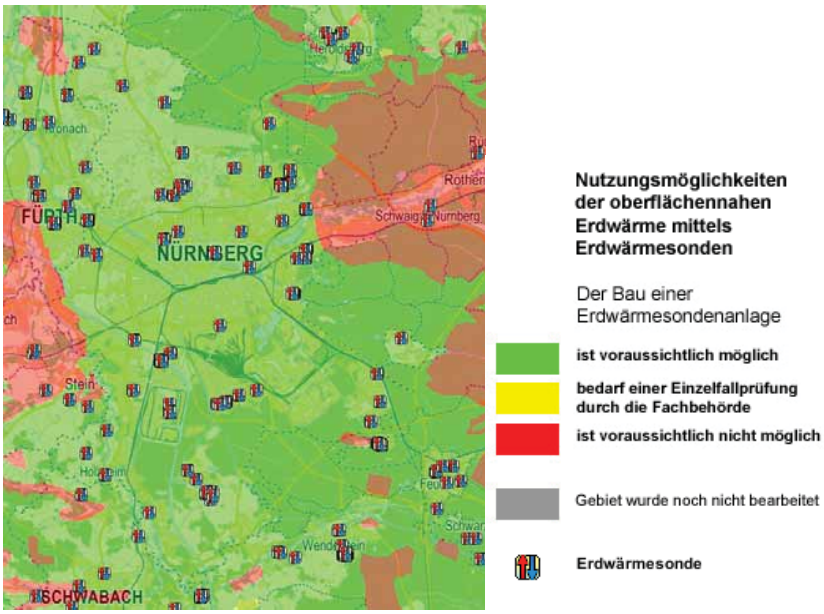


Abbildung 4-27: *Günstige Gebiete für Erdwärmesonden im Raum Nürnberg /STMUG-01 11/*

Vielerorts wird dieses Potenzial bereits genutzt. Meist wird dabei die vorhandene Energie zum Heizen und Kühlen von Gebäuden verwendet. Nur kleinere Gebiete, am östlichen und westlichen Rand der Stadt, in Richtung Fürth bzw. Schwaig, werden als weniger geeignete Fläche ausgewiesen, obwohl auch hier vereinzelte Standorte erkennbar sind.

4.5 Das KWK-Potenzial

Die kombinierte Erzeugung und Nutzung von Strom und Wärme stellt eine sehr effiziente Möglichkeit zur Nutzung fossiler und regenerativer Brennstoffe dar. Die Anwendungsgebiete sind dabei sehr vielfältig. Sie reichen von Anlagenleistungen von einigen kW in einzelnen Gebäuden über mehrere MW in Nahwärmenetzen bis hin zu mehreren 100 MW in Fernwärmenetzen. Die wichtigste Voraussetzung für den ökologisch und ökonomisch sinnvollen Betrieb dieser Anlagen liegt in der gesicherten Wärmeabnahme. Nur wenn über einen langen Zeitraum eine konstante Wärmemenge abgegeben werden kann, kommt der Einsatz eines KWK-Systems in Frage. Die Anlage reagiert also auf eine Wärmeanforderung (Wärme geführt). Eine Strom geführte KWK-Anlage muss die Möglichkeit besitzen die Wärme in größerem Umfang zwischenzuspeichern. Hier sind die Grenzen jedoch schnell erreicht, so dass die installierten KWK-Anlagen nahezu zu alle Wärme geführt betrieben werden. Sämtliche KWK-Anlagen decken den Grundlastbedarf und zum Teil die Mittellast ab, da sie durch ihre vergleichsweise hohen Investitionskosten auf lange jährliche Laufzeiten angewiesen sind.

4.5.1 Die Vorteile der KWK-Anlagen

Nach aktuellem Stand liegen die Emissionen aus der gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung aus KWK-Anlagen unter denen der getrennten Erzeugung. Dies gilt insbesondere für Erdgas- oder regenerativ betriebene KWK-Systeme.

Die Gesamteffizienz liegt mit bis zu 85 % Nutzungsgrad (Erdgas-KWK) deutlich über den Referenzsystemen aus deutschem Kraftwerksmix (Nutzungsgrad ca. 37 %) und Gasbrennwertheizung (Nutzungsgrad 90 %) (Gesamtnutzungsgrad ca. 63,5 %).

Neben der Wärmebereitstellung kann die KWK-Anlage zusätzlich zur Erzeugung von Kälte eingesetzt werden. Dies setzt das Vorhandensein eines geeigneten Verteilnetzes voraus. So kann der Betrieb der Anlage auch zu Zeiten eines geringen Wärmebedarfs gewährleistet werden (z.B. Bürogebäude im Sommer).

Ein weiterer Vorteil einer KWK-Anlage ist die Erzeugung von Eigenstrom. Bei steigendem Strompreis ist der erzeugte Eigenstromanteil der ausschlaggebende Faktor bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.

4.5.2 Die Nachteile der KWK-Anlagen

Die Vorteile der mit fossilen Brennstoffen betriebenen KWK-Anlagen werden mit zunehmendem Einsatz regenerativer Energieträger im Strommix, bzw. zur Wärmeerzeugung immer geringer. Es muss also eine Umrüstung auf regenerative KWK-Systeme stattfinden. Hier gestaltet sich die Brennstoffbereitstellung mit Ausnahme von Bio-Erdgas bei größeren Anlagen als sehr problematisch.

Durch die angestrebte Gebäudesanierung verringern sich der Wärmeabsatz und damit die Laufzeit der Anlagen, was dazu führt, dass ein wirtschaftlicher Betrieb gefährdet ist. In begrenztem Maß kann eine Nachverdichtung im Absatzgebiet diesem Problem entgegen wirken. Am Beispiel des Distriktes 492 kann die Auswirkung einer hohen Sanierungsrate auf den Betrieb eines Nahwärmenetzes nachvollzogen werden.

4.5.3 Realistisches Potenzial

Werden die Vorgaben 80 % Energie bis 2050 einzusparen umgesetzt, wird die KWK-Anwendung auf Einzelobjekte beschränkt. Das Potenzial ist demnach auf lange Sicht als rückläufig zu bewerten. Bis die Sanierung allerdings in allen Bereichen die anvisierten Einsparungen erbringt, steht mit den KWK-Systemen eine hocheffiziente Technologie zur Verfügung, deren Ausbau vor allem bei geeigneten Einzelobjekten eine hohes CO_2-Minderungspotenzial verspricht. Durch einen beschleunigten Ausbau der regenerativen Stromerzeugung verlieren die KWK-Systeme allerdings wesentlich früher ihren ökologischen Vorteil, so dass das Potenzial der CO_2-Einsparung durch den Einsatz von KWK-Systemen mit „Null“ zu bewerten ist. Die getroffenen Aussagen gelten gleichermaßen für große KWK-Anlagen wie für Mikro-KWK-Systeme. Wobei die Mikro KWK-Anlagen nicht so stark von der Sanierungstätigkeit betroffen sind, da sie meist zur Deckung von Prozesswärmeverbrauch eingesetzt werden.

4.6 Gesamtpotenzial zur Energieeinsparung und CO_2-Vermeidung

Um den CO_2-Ausstoß zu verringern, können der Energieverbrauch reduziert oder die benötigte Energie regenerativ erzeugt werden. Beide Wege weisen ein Potenzial zur CO_2-Minderung auf. Im ersten Schritt werden Möglichkeiten zur Wärme- und Stromeinsparung in allen Sektoren aufgezeigt. Im Anschluss erfolgt die Bestimmung des Potenzials zur Erzeugung regenerativer Energie auf dem Stadtgebiet von Nürnberg. Um die CO_2-Einsparung zu bestimmen werden zuerst die Energieeinsparungen aus den

Szenarien ermittelt und die einzelnen Energieträger über Kehrbezirksstatistiken der Stadt Nürnberg den Distrikten zugeordnet. Um daraus abschließend die CO_2-Emissionen berechnen zu können, ist die Kenntnis der spezifischen CO_2-Faktoren der eingesetzten Energie notwendig.

4.6.1 Die Energieträgerverteilung auf Distriktebene

In **Abbildung 4-28** sind die Kehrbezirke der Stadt Nürnberg dargestellt. Zusätzlich enthält die Karte Informationen zur Aufteilung der Feuerstätten auf Gas-, Heizöl- und Festbrennstoffanlagen.

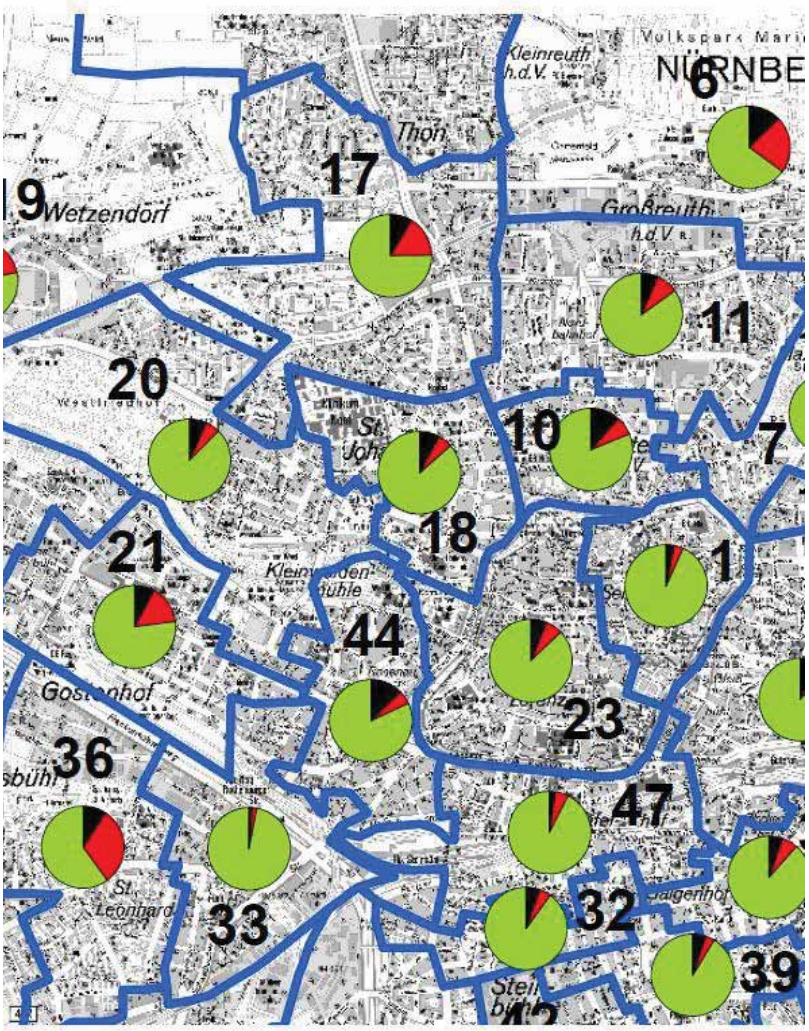


Abbildung 4-28: *Auszug aus den Kehrbezirken der Stadt Nürnberg* /**N-04 11**/

Aus den vom Umweltamt gelieferten Datensatz können neben dem Energieträger ebenso die genaue Anzahl und die zugehörige Leistungsklasse der Heizkessel entnommen werden. Durch eine Verschneidung der Kehrbezirke mit den Distrikten können die Feuerstätten über die anteilige Wohnfläche auf die 316 Distrikte verteilt werden. Der Gesamtwärmeverbrauch jedes einzelnen Distriktes kann nun unter Berücksichtigung der Fernwärme auf die Energieträger aufgeteilt werden. Dabei wird angenommen, dass in jedem mit Fernwärme versorgten Distrikt 30 % der Wärme über den

Fernwärmeanschluss bereitgestellt werden. Durch die fehlenden Aussagen zum Anschlussgrad in den einzelnen Distrikten muss auf den Durchschnittswert zurückgegriffen werden. Auf die Gas-, Öl- und Festbrennstoffheizungen entfallen 63 %, die restlichen 7 % werden über Heizstrom gedeckt. Die getroffene Annahme eines Fernwärmeanteils von 30 % in Fernwärme versorgten Gebieten ergibt eine jährliche Fernwärme von ca. 1,25 TWh, was der Wärmeauskopplung des Heizkraftwerkes Sandreuth entspricht. In Gebieten ohne Fernwärmeversorgung wird dieser Anteil durch Gas-, Öl-, bzw. Festbrennstoffheizungen gedeckt. Damit ergibt sich ein Energieträgereinsatz von 1,1 TWh Fernwärme, 3,5 TWh Erdgas, 1,3 TWh Heizöl, 0,7 TWh Festbrennstoff und 0,5 TWh Heizstrom. In Summe wendet die Stadt Nürnberg ca. 7,1 TWh Energie für die Wärmebereitstellung auf. Der Stromverbrauch wird über flächenspezifische Referenzwerte für die drei Sektoren bestimmt. Es ergibt sich dabei eine Summe von jährlich etwa 2,8 TWh Strom. Die exakte Verteilung der eingesetzten Energieträger auf die jeweiligen Distrikte kann dem Anhang entnommen werden. Die **Abbildung 4-29** zeigt die Energieträgerverteilung für Gesamt-Nürnberg. Die Eingangswerte für die einzelnen Grafiken wurden durch Aufsummierung der Ergebnisse aus den einzelnen Distrikten generiert.

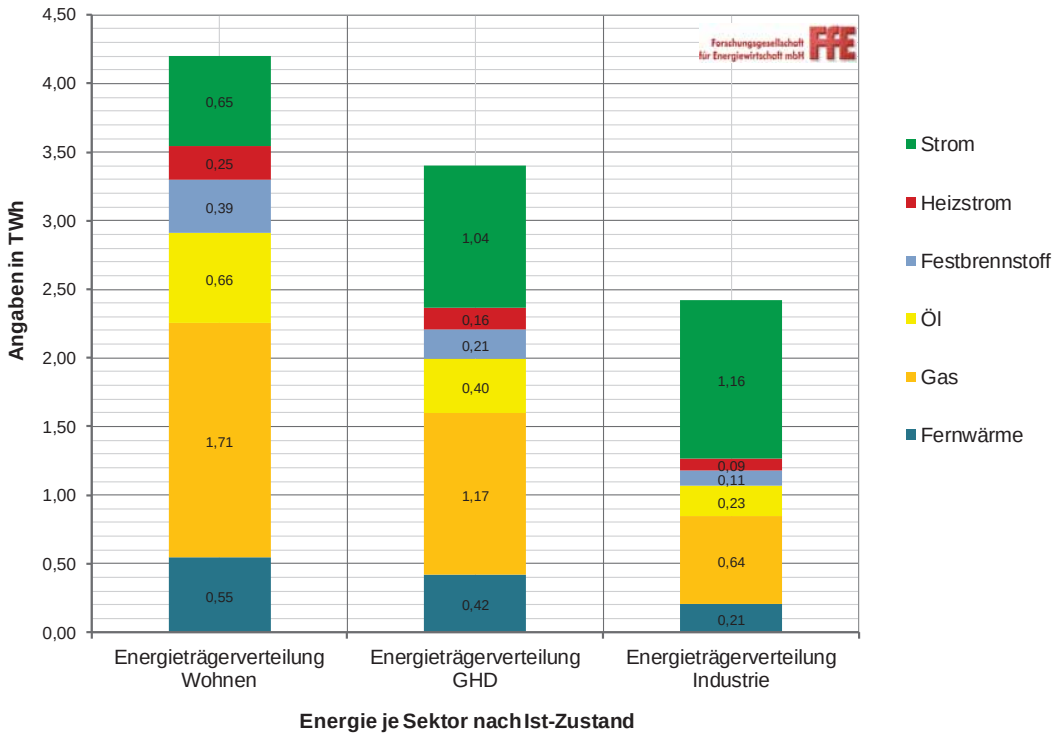


Abbildung 4-29: *Energieträgerverteilung der Sektoren in TWh Ist-Zustand*

4.6.2 Die Emissionen der einzelnen Energieträger und deren Entwicklung

Für die Energieträgerverteilung und deren Entwicklung bis zum Jahr 2030 CO_2-Emissionen bedarf es der spezifischen CO_2-Faktoren. Zu diesem Zweck wird die Gemis Datenbank Version 4.7 verwendet /**ÖKO-01 11** /. In dieser öffentlich verfügbaren Datenbank sind sämtliche relevanten Werte für die unterschiedlichen Wärmeerzeugungstechnologien, sowie für den Strom hinterlegt. Einzig der CO_2-Faktor der Fernwärme aus dem Heizkraftwerk Sandreuth wird separat aus den Umweltberichten des Energieversorgers N-ERGIE (Stand 2007) bestimmt. Der Wert von

207 g/kWh errechnet sich durch die anteilige Verteilung der Gesamtemissionen auf den erzeugten Strom und die Wärme (IEA - Methode). Für die Bilanzierung der Wärmeversorgung wird nach dem Territorialprinzip – die Emissionen werden an ihrem Entstehungsort bilanziert – vorgegangen. Durch andere mögliche Bilanzierungsvarianten können davon abweichende Ergebnisse berechnet werden. So entstehen z.B. Emissionen von 0 g/kWh für die Fernwärme durch die Umlegung des gesamten am Standort Sandreuth entstehenden CO_2 auf die erzeugte Strommenge. Im Gegensatz zur Wärme, deren Verteilung über das Fernwärmenetz auf das Versorgungsgebiet in Nürnberg beschränkt ist, wird der Strom, der in das Stromnetz eingespeist wird und damit in ganz Deutschland und darüber hinaus zur Verfügung steht, nicht nach dem Territorialprinzip betrachtet. Hier wird zur besseren Vergleichbarkeit mit anderen Städten, Regionen und Kommunen der D-Mix mit 547 g/kWh verwendet. Insgesamt ergeben sich aus der Berechnung über die spezifischen Emissionswerte und den im Heizkraftwerk Sandreuth erzeugten Energiemengen auf den ersten Blick Emissionen, die über den tatsächlichen liegen. Durch die Berücksichtigung der Stromgutschrift in der Gesamtemissionsbetrachtung für Nürnberg wird der reale Wert deutlich unterschritten. Näheres kann dem jeweiligen Kapitel entnommen werden. Detaillierte Informationen über einige der gängigen Berechnungsmethoden können **/FFEGMBH-05 10/** entnommen werden. Für die einzelnen Energieträger ergeben sich für den Ist-Zustand die in **Tabelle 4-8** aufgelisteten CO_2-Faktoren. **Tabelle 4-9** zeigt die Entwicklung bis zum Jahr 2030.

Tabelle 4-8: *CO_2-Faktoren Stand heute*

Energieträger	CO2-Faktor in g/kWh	Quelle
Gas	225	Gas-Brennwert DE 2010, Gemis
Öl	319	Öl-Brennwert DE 2010, Gemis
Kohle	382	Braunkohle-Brikett Heizung DE 2010, Gemis
Fernwärme	207	Aus dem Umweltbericht 09/10 der N-ERGIE AG
Holz	7	Gemis
Pellet	19	Gemis
Hackschnitzel	18	Holz-HS-Waldholzheizung 50 kW, Gemis
Solarthermie	39	Solarkollektor Flach DE 2010, Gemis
Strom	547	Strom-Bonus el mix-DE 2010, Gemis

Tabelle 4-9: *CO_2-Faktoren Stand 2030*

Energieträger	CO2-Faktor in g/kWh	Quelle
Gas	221	Gas-Brennwert DE 2030, Gemis
Öl	308	Öl-Heizung DE 2030, Gemis
Kohle	382	Braunkohle-Brikett Heizung DE 2010, Gemis
Fernwärme	207	Aus dem Umweltbericht 09/10 der N-ERGIE AG
Holz	7	Gemis
Pellet	12	Gemis
Hackschnitzel	12	Holz-HS-Waldholzheizung 50 kW, Gemis
Solarthermie	30	Solarkollektor Flach DE 2030, Gemis
Strom	198	Strom-Bonus el mix-DE 2030, Gemis

Beim Vergleich der CO_2-Faktoren im Jahr 2010 mit dem Jahr 2030 kann ein leichter Rückgang der spezifischen Emissionen in der Wärmebereitstellung aus Gas, Öl,

Festbrennstoff und Solarthermie festgestellt werden. Da für Kohle in Gemis keine Daten für 2030 vorliegen, wird der Wert von 2010 beibehalten. Der Emissionswert für die Nürnberger Fernwärme bleibt ebenfalls konstant, da keine Aussagen zur Entwicklung der Erzeugungsstruktur getroffen werden können. Die Stromgutschrift ist hier nicht berücksichtigt und wird in **Kapitel 4.6.4** näher erläutert. Im Gegensatz zu den Energieträgern zur Wärmeerzeugung ist bei der Stromerzeugung ein sehr deutlicher Rückgang des CO_2-Faktors zu erwarten. Begründet ist dies in den Ausbauszenarien zur regenerativen Stromerzeugung. Einen zusätzlichen Effekt wird der geplante Umstieg von Kohle auf Erdgas haben. Durch diese Effekte reduzieren sich die Emissionen bei der Stromerzeugung um ca. 64 %. Dieser Brennstoffwechsel darf allerdings unter keinen Umständen dazu verleiten, die Einsparziele aus den Augen zu verlieren.

4.6.3 Die Gesamtemissionen der Stadt Nürnberg nach Energieträger

Werden die Energieverbräuche der Stadt Nürnberg mit den spezifischen CO_2-Faktoren bewertet, ergibt sich die in **Abbildung 4-30** dargestellte Verteilung der Gesamtemissionen. Um dieses Ergebnis zu erhalten, wurde die Summe über die einzelnen Distrikte gebildet.

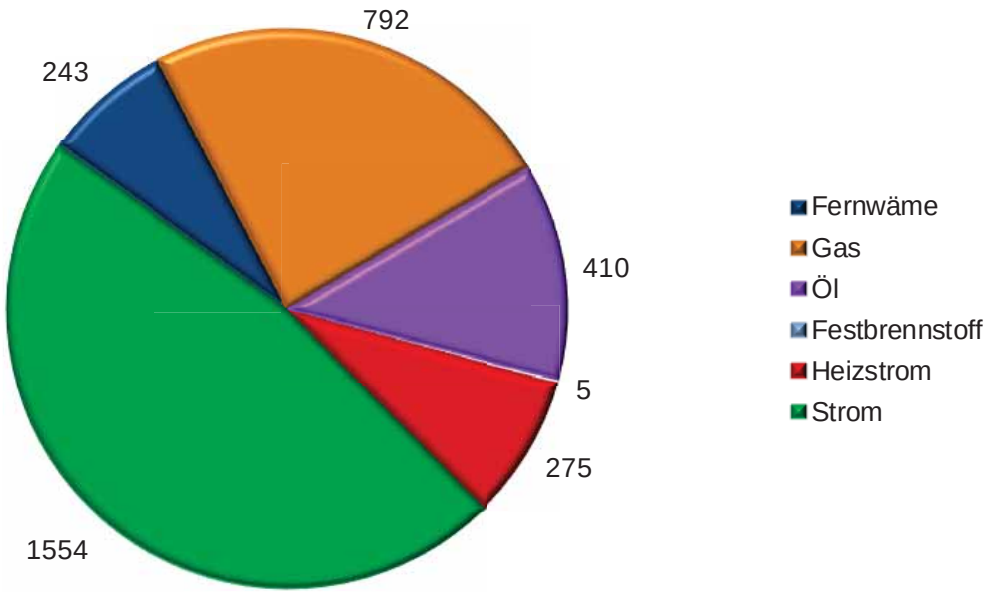


Abbildung 4-30: *Gesamt CO_2-Emissionen der Stadt Nürnberg in 1.000 Tonnen Ist-Zustand*

4.6.4 Die CO_2-Emissionen aufgeteilt nach Sektoren und Energieträgern

Ist-Zustand

Nachdem die Energieträgerverteilung und die CO_2-Faktoren bestimmt wurden, können die heutigen CO_2-Emissionen der einzelnen Sektoren auf Distriktebene berechnet werden. Datengrundlage liefert das statistische Jahrbuch 2009 der Stadt Nürnberg. Darin ist der prozentuale Anteil der einzelnen Energieträger für den Sektor Wohnen beschrieben. Für den Sektor GHD wird die identische Verteilung angenommen. Der Rest der verbleibenden Energie entfällt demnach auf die Industriebetriebe. Über diese

Annahmen kann der Energieverbrauch den einzelnen Distrikten, aufgeteilt auf die Energieträger, zugeordnet werden. Durch die Bewertung mit den CO_2-Faktoren ergeben sich die aus dem Energieverbrauch resultierenden CO_2-Emissionen. Die Ergebnisse des Ist-Zustandes sind für Gesamt-Nürnberg in **Abbildung 4-31** dargestellt.

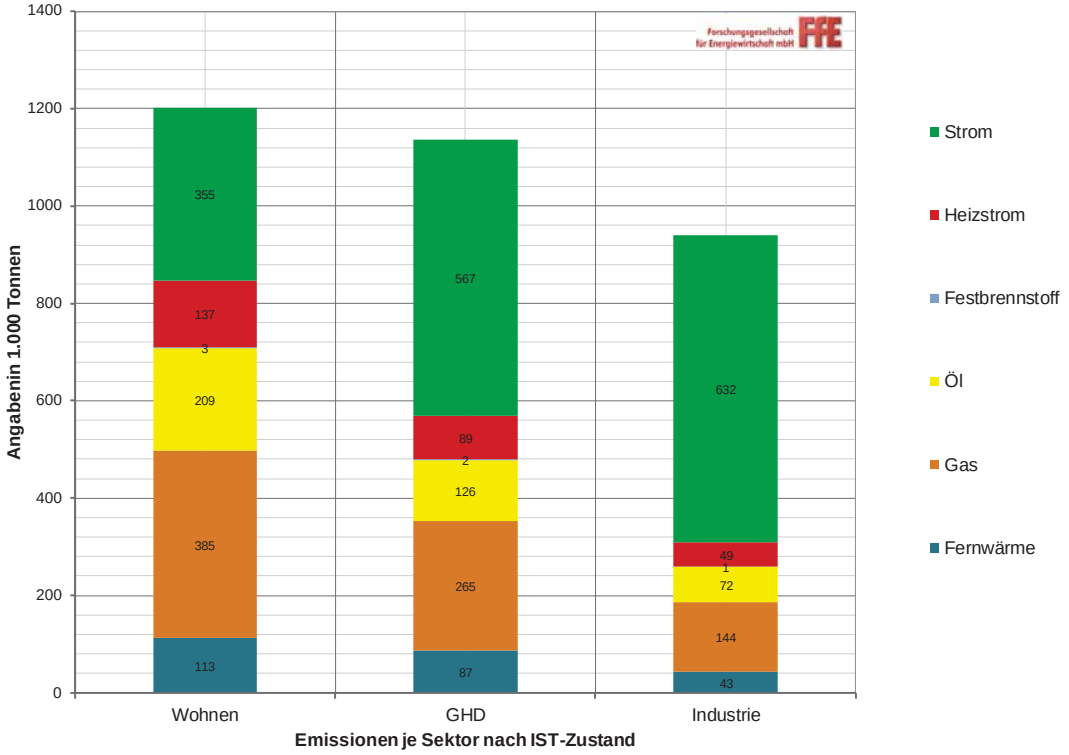


Abbildung 4-31: *CO_2-Emssionen der Sektoren in 1.000 Tonnen Ist-Zustand*

Die Abbildungen zeigen die stark unterschiedliche Bedeutung des Stromes in den drei Sektoren. Während durch Strom im Sektor Haushalte nur etwa 30 % der Emissionen verursacht werden, sind es bei GHD bereits 50 % und in der Industrie knapp 70 %. Der prozentuale Anstieg gegenüber der eingesetzten Energiemenge ist auf den „schlechten“ CO_2-Faktor des Stromes zurückzuführen. Eine erzeugte kWh Strom verursacht 547 g CO_2, während bei der Bereitstellung einer kWh Wärme aus einem Gas-Brennwertkessel nur 225 g CO_2 emittiert werden. Dies führt dazu, dass bei der Umrechnung von Energieverbrauch auf die absoluten Emissionen die Energieform Strom schlechter gestellt wird. In gleichem Maße sinken die Emissionen bei der Wärmebereitstellung durch den geringeren Wärmeverbrauch in den Sektoren GHD und Industrie. Interessant ist auch, dass die Festbrennstoffheizungen trotz ihres Anteils an der Energiebereitstellung kaum CO_2-Emissionen aufweisen. Eine Analyse der Kaminkehrerstatistik hat ergeben, dass als Festbrennstoff nahezu ausschließlich Holz zum Einsatz kommt, welches in Einzelfeuerstätten mit einer Nennleistung von weniger als 15 kW (z.B. Schwedenofen, Kaminofen) verbrannt wird. Vor-Ort emittieren die Holzheizungen allerdings eine erhebliche Menge CO_2 und Luftschadstoffe (z. B. Feinstaub). Insgesamt ergeben sich für den Sektor Wohnen CO_2-Emissionen von 1,2 Mio t, 1,1 Mio.t entfallen auf den Sektor GHD und 0,9 Mio.t auf die Industrie. Somit ergeben sich Gesamtemissionen für die Stadt Nürnberg von 3,2 Mio.t CO_2.

Das Heizkraftwerk Sandreuth

Die Fernwärme in Nürnberg wird nahezu ausschließlich über das Heizkraftwerk Sandreuth bereitgestellt. Das Gas- und Dampf (GuD) –Kraftwerk hat im Jahr 2007 943.063 MWh Strom und 1.242.931 MWh Wärme erzeugt. Dabei wurden 462.768 t CO_2 emittiert. Durch die Erzeugung der Energie in einem Kraft-Wärme-Kopplungsprozess und der damit verbundenen sehr guten Ausnutzung des Brennstoffes Erdgas, können dem Heizkraftwerk über die Stromgutschrift-Methode CO_2-Emissionen gutgeschrieben werden. Die Höhe des CO_2-Faktors liegt für diese Berechnung bei 821 g/kWh (Verdrängungsmix) pro erzeugter kWh Strom im KWK-Prozess /**FFE-30 09**/. Davon ausgehend, dass über das GuD Sandreuth im Jahr 2010 eine unveränderte Strommenge gegenüber 2007 eingespeist wurde, ergibt sich eine CO_2-Gutschrift von 0,77 Mio.t. /**NERGIE-03 11**/. Dies führt bei dem Vergleich der realen jährlichen Emissionen von ca. 460.000 t CO_2 mit der Gutschrift zu einem „negativen“ Wert von jährlich -307.000 t CO_2 für das Heizkraftwerk Sandreuth.

Aus dieser Berechnung ergeben sich für Nürnberg CO_2-Emissionen von 2,5 Mio.t pro Jahr (Stand 2010).

Szenario 1

Im Szenario 1 greifen die Sanierungsmaßnahmen am Gebäudebestand und es erfolgt eine Reduktion des Stromverbrauchs im GHD-Sektor. In der Industrie ist ein leichter Anstieg des Energieeinsatzes bis zum Jahr 2030 zu verzeichnen. Werden die prognostizierten Energieverbräuche mit den CO_2-Faktoren aus dem Jahr 2030 (vgl. Tabelle 4-9) bewertet ergeben sich die in **Abbildung 4-32** beschriebenen sektoralen Gesamtemissionen.

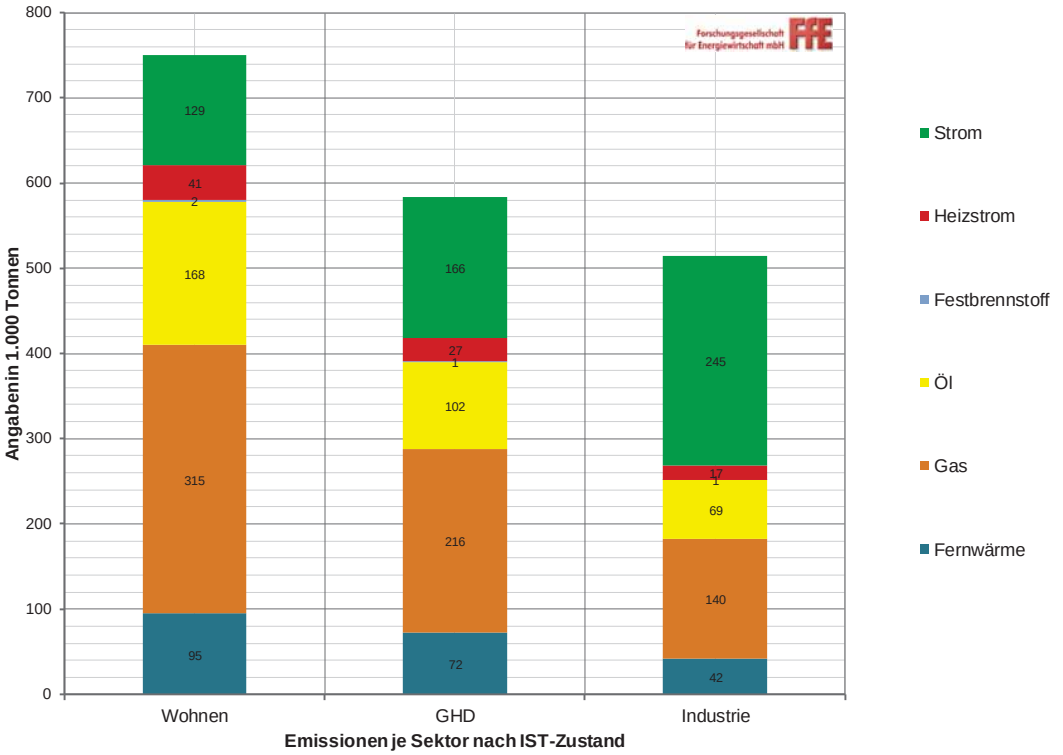


Abbildung 4-32: *CO_2-Emssionen der Sektoren in 1.000 Tonnen nach SZ1*

Der Vergleich des Szenarios mit dem Ist-Zustand zeigt einen starken Rückgang der strombedingten Emissionen bis zum Jahr 2030. Dies ist allerdings nur bedingt auf die im GHD-Sektor erzielten Einsparungen zurück zu führen. Einen wesentlich bedeutenderen Effekt hat die Reduktion der spezifischen CO_2-Emissionen beim D-Mix (der D-Mix beschreibt die durchschnittlichen CO_2-Emissionen für eine in Deutschland erzeugte kWh Strom). Der CO_2-Faktor für Strom sinkt von 547 g/kWh in 2010 auf 198 g/kWh im Jahr 2030. Die Minderung des CO_2-Ausstoßes bei der Wärmebereitstellung wird durch die Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle erreicht. Insgesamt ergeben sich nach den Vorgaben aus Szenario 1 für die Sektoren Wohnen CO_2-Emissionen von 0,75 Mio. Tonnen, GHD 0,58 Mio. Tonnen und Industrie 0,51 Mio. Tonnen. Davon ausgehend, dass im Jahr 2030 das GuD-Sandreuth 0,8 TWh Strom und 1,0 TWh Fernwärme erzeugt, ergibt sich mit dem CO_2-Faktor von 739 g/kWh für den Verdrängungsmix eine Stromgutschrift von ca. 0,6 Mio.t. Die Reduktion von 821 g/kWh auf 739 g/kWh basiert auf der vereinfachenden Annahme, dass im Jahr 2030 die Mittellastkraftwerke, aus deren Emissionen der Verdrängungsmix berechnet wird, mit einem einer Nutzungsgradverbesserung von 10 % betrieben werden.

Szenario 2

In Szenario 2 sinkt der Wärmeverbrauch durch die verschärften Sanierungsstandards und die deutlich erhöhte Sanierungsquote (von 1 % auf 2,5 %) erheblich. Auch der Stromverbrauch im Sektor GHD ist durch den Einsatz der effizientesten Technologie bei einer Ersatzinvestition weiter rückläufig. In der Industrie bleibt der Energieverbrauch durch ständige Verbesserung der Energieeffizienz bei gleichzeitiger Erhöhung der Ausbringungsmenge nahezu konstant. Insgesamt ergeben sich CO_2-Emissionen von 0,54 Mio. Tonnen im Sektor Haushalte 0,4 Mio. Tonnen bei GHD und 0,5 Mio. Tonnen in der Industrie. Die Gutschrift über den Verdrängungsmix wird gegenüber 2010 um 20 % reduziert, da davon auszugehen ist, dass zusätzlich zu den Effizienzsteigerungs-maßnahmen im bundesweiten Kraftwerkspark auch eine zunehmende Umstellung von Kohle auf Erdgas stattfinden wird. Nach Abzug der Stromgutschrift von ca. 0,39 Mio.t werden in Nürnberg noch ca. 1,05 Mio.t CO_2 ausgestoßen. In **Abbildung 4-33** bis Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. ist die Verteilung der Emissionen auf die Sektoren in Szenario 2 dargestellt.

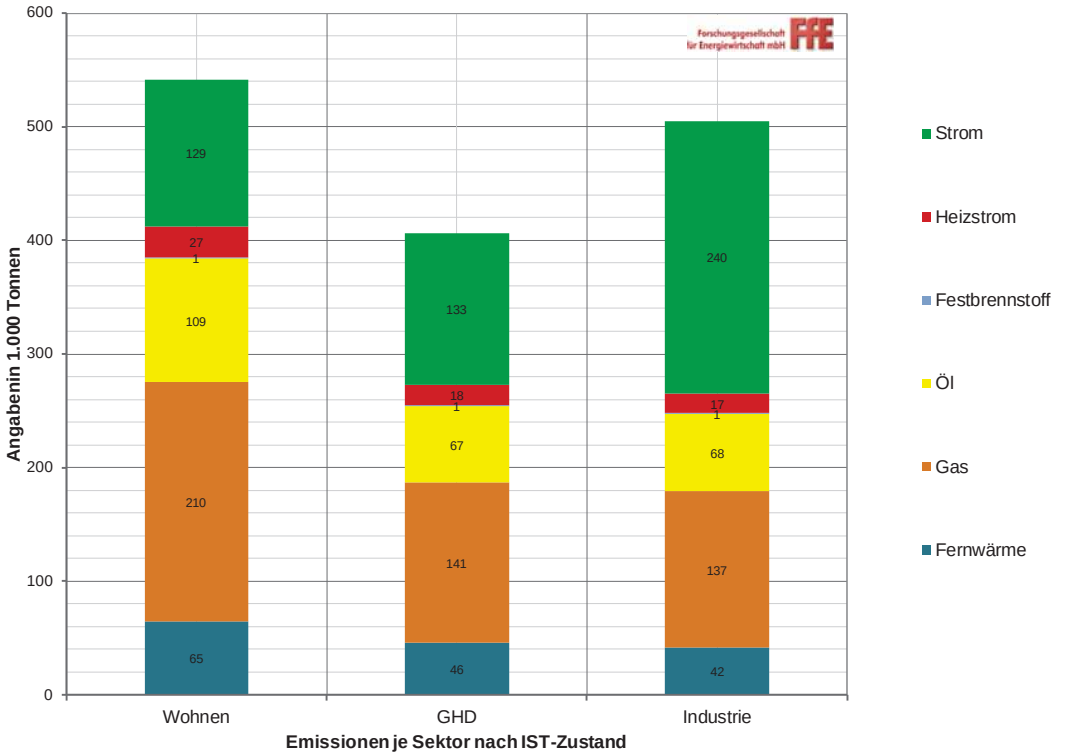


Abbildung 4-33: *CO_2-Emssionen der Sektoren in 1.000 Tonnen nach SZ2*

Szenario 3

Abschließend werden die CO_2-Emissionen der Stadt Nürnberg im Szenario 3 dargestellt. Durch eine weitere Verschärfung des Sanierungsstandards aus den Energieeinsparverordnungen und der Annahme eines vorbildlichen Nutzerverhaltens, werden die Einsparungen aus Szenario 2 nochmals übertroffen. Einzig der Stromverbrauch im Sektor Haushalte bleibt weiterhin konstant, da der Einsatz effizienter Technik zur Gebäudeklimatisierung und der weitere Ausbau der Informations- und Kommunikationstechnologie einen Anstieg des Stromverbrauches mit sich bringen. Die CO_2-Emisionen im Bereich Haushalte reduzieren sich gegenüber dem Jahr 2010 um knapp 60 % auf 0,5 Mio. Tonnen, während der Energieverbrauch um ca. 42 % (2,4 TWh) sinkt. Im GHD-Sektor gehen die CO_2-Emissionen um 68 % auf 0,37 Mio. Tonnen und der Energieverbrauch um 52 % (1,77 TWh) zurück. Die Industrie verzeichnet eine Reduktion der CO_2-Emissionen um 48 % auf 0,49 Mio. Tonnen, bei einem geringfügigen Rückgang des Energieverbrauchs um ca. 1 % auf 2,38 TWh. Die Stromgutschrift wird um 30 % gegenüber 2010 reduziert, da durch den starken Ausbau der Off-shore Windkraftanlagen auch regenerative Erzeugungsanlagen zunehmend verdrängt werden. Dies verringert den CO_2-Faktor für den Verdrängungsmix auf 574 g/kWh. Insgesamt ergibt sich eine Gutschrift von 0,54 Mio.t CO_2, was zu einer Gesamtemission von ca. 1,02 Mio. Tonnen CO_2 führt. **Abbildung 4-34** bis Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. zeigen die CO_2-Emissionen der Stadt Nürnberg im Jahr 2030 nach Szenario 3.

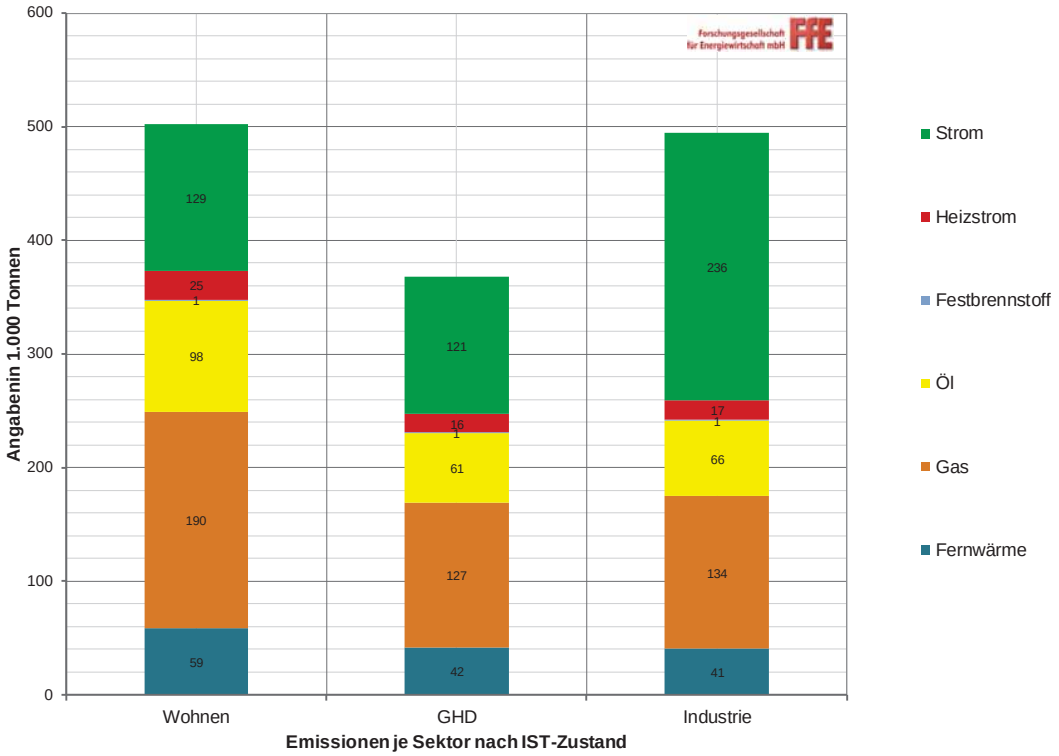


Abbildung 4-34: *CO_2-Emssionen der Sektoren in 1.000 Tonnen nach SZ3*

4.6.5 Vergleich der Szenarien

Der Vergleich der einzelnen Entwicklungspfade gibt einen Überblick, welche Erfolge durch die Umsetzung der Vorgaben aus den Szenarien bei der Energie- und CO_2-Einsparung erzielt werden können. **Abbildung 4-35** zeigt mögliche CO_2-Emissionen der Stadt Nürnberg im Jahr 2030. Die Emissionen aus dem Heizkraftwerk Sandreuth werden in dieser Darstellung nicht berücksichtigt. Begründet ist dieses Vorgehen in dem Umstand, dass eine einheitliche Bewertung und ein Vergleich der CO_2-Emissionen mit weiteren Studien auf Grund der vielfältigen Bewertungsmethoden für Strom und Wärme aus KWK nicht möglich sind. An dieser Stelle sei auf die Veröffentlichung in **/FFEGMBH-05 10/** hingewiesen. Die Bandbreite an möglichen CO_2-Emssionen für die Fernwärme reicht durch die unterschiedlichen Berechnungsmethoden von negativen Emissionswerten (z.B. Stromgutschriftmethode) über „Null“-Emissionen bis zu den in den Kapiteln 4.6.2 ff. angegebenen Werten.

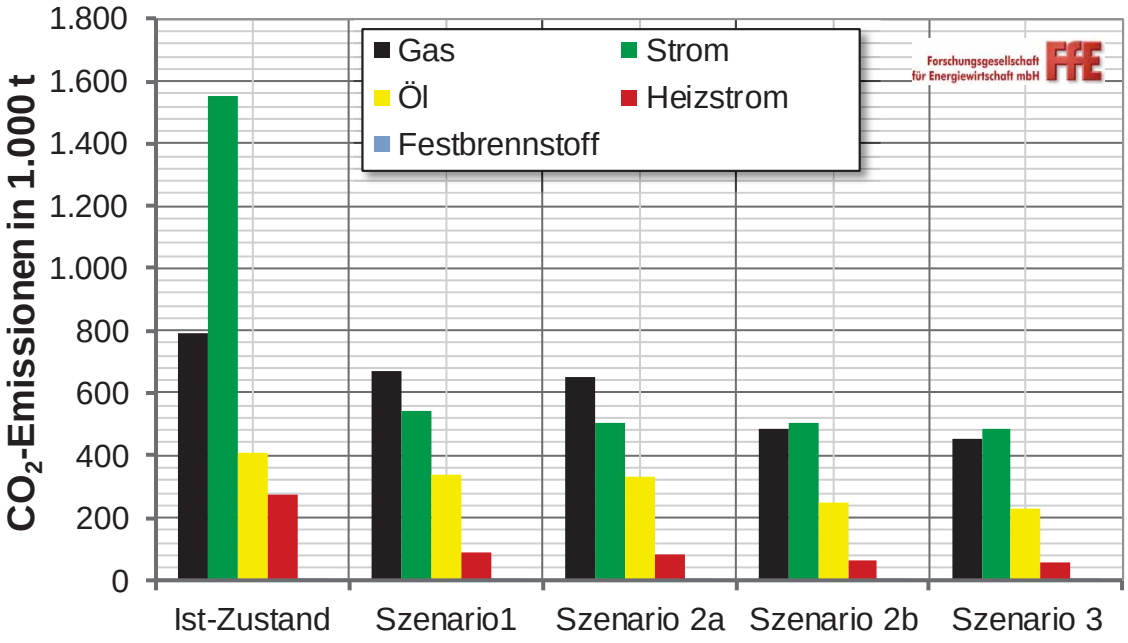


Abbildung 4-35: *Vergleich der Emissionsentwicklung in den Szenarien*

Auffallend ist der starke Rückgang der aus dem Stromverbrauch resultierenden Emissionen. Aus den geringen Unterschieden, die sich von Szenario 1 bis Szenario 3 abzeichnen, kann der Schluss gezogen werden, dass die Verbesserung nahezu vollständig über den CO_2-Faktor des deutschen Strommixes erreicht wird. Deutlich geht dies aus **Abbildung 4-36** hervor. Unter den optimistischen Annahmen aus Szenario 3 kann der Stromverbrauch in Nürnberg lediglich um 14 % gegenüber dem Jahr 2010 gesenkt werden, wohingegen die CO_2-Emissionen um ca. 70 % zurückgehen.

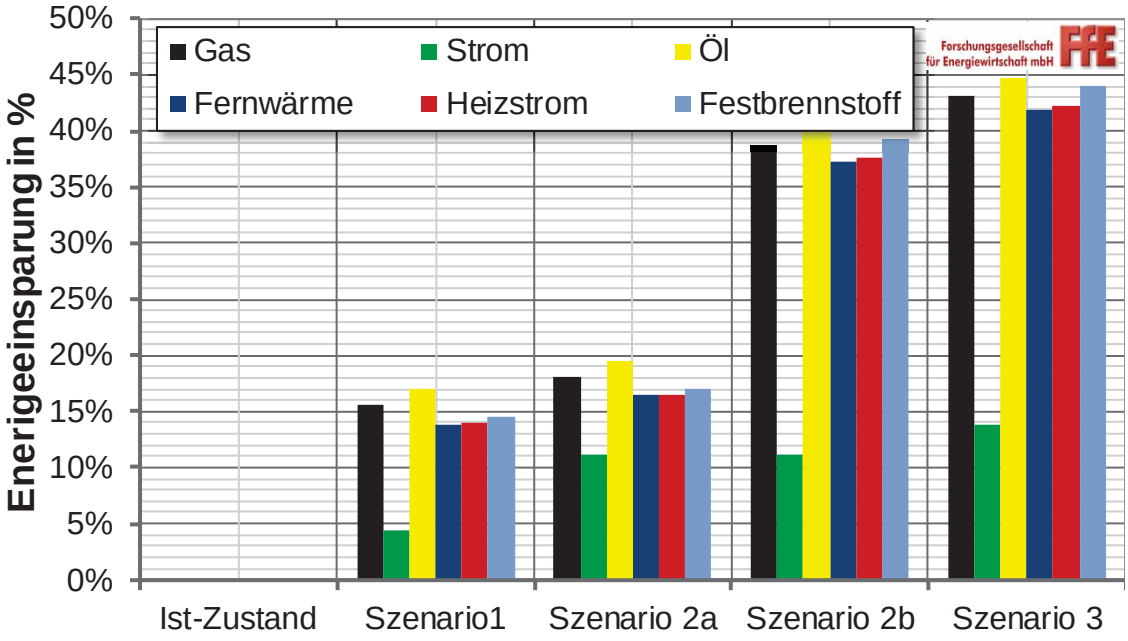


Abbildung 4-36: *Prozentuale Energieeinsparung in den Szenarien*

Die Einsparungen bei der Wärmebereitstellung belaufen sich in Szenario 1 und 2a in Summe etwa auf 15 %, bzw. 18 %. In den Szenarien 2b und 3 kann dieser Wert auf 39 %,

bzw. 44 % gesteigert werden. Als Ergebnis lässt sich festhalten, dass alleine die Verschärfung des Sanierungsstandards nur geringe Auswirkungen auf die Energieeinsparungen hat. Der Unterschied von Szenario 1 zu Szenario 2 ist die Reduktion des Energieverbrauchs sanierter Gebäude um 30 %. Vielmehr bewirkt die Erhöhung der Sanierungsquote einen spürbaren Anstieg der Energieeinsparung (21 %) und damit auch einen Rückgang der CO_2-Emissionen. Die Sanierungsquote wurde bei unveränderten EnEV-Anforderungen im Szenario 2b auf 2,5 % erhöht (Szenario 2a 1 %). Der notwendige Energieeinsatz in den jeweiligen Szenarien ist in **Abbildung 4-37** dargestellt. Insgesamt können nach den Vorgaben des Szenarios 3 ca. 3,5 TWh Energie (35 %) gegenüber dem Jahr 2010 (10 TWh) eingespart werden.

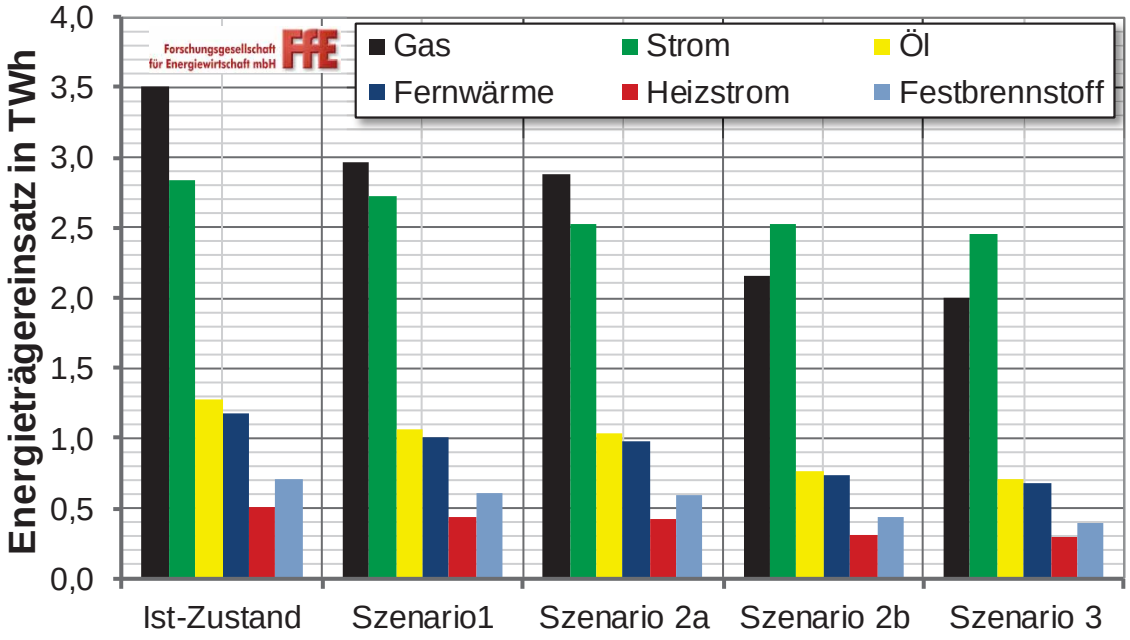


Abbildung 4-37: *Überblick über den verbleibenden Energieeinsatz im Jahr 2030*

5 Maßnahmen auf Distriktebene

In folgendem Kapitel werden konkrete Maßnahmen für Nürnberg auf Distriktebene vorgeschlagen.

Um dabei sinnvolle und umsetzbare Aussagen treffen zu können, werden zunächst Distrikt-Cluster gebildet, d.h. Gruppen von ähnlich aufgebauten Distrikten. Anschließend wird aus jedem Cluster ein Referenzdistrikt ausgewählt und dieser im Detail auf Zellebene untersucht. Die Ergebnisse des Referenzdistrikts können schließlich auf die Distrikte des jeweiligen Clusters übertragen werden.

5.1 Distrikt-Gruppierung nach Siedlungstypen

Die Gruppierung (Cluster) der Distrikte erfolgt über eine Aufteilung der Wohnfläche auf Siedlungstypen (vgl. **Tabelle 5-1**).

Tabelle 5-1: *Für die Gruppierung verwendete Siedlungstypen*

	Siedlungstypen
1	Streusiedlung
2	Einfamilienhaussiedlung
3	Dorfkern
4	Reihenhaussiedlung
5	Zeilenbebauung 3- bis 5-geschossig
6	Hochhäuser und große Zeilenbebauung
7	Städtische Blockrandbebauung
8	Citybebauung hoher Dichte
9	Historische Altstadt
10	Gewerbegebiete
11	Sonstige (Friedhöfe, Sportplätze etc.)

Insgesamt ergeben sich acht Cluster, aus denen wiederum ein stellvertretender Referenzdistrikt ausgewählt wird. Die Siedlungstypen 1-3 werden dabei zu einer Einheit zusammengefasst. Hauptkriterium ist dabei ein überwiegender Anteil eines oder mehrerer Siedlungstypen an der Gesamtwohn- bzw. Nutzfläche. Weiterhin muss der Distrikt eine ausreichend große Fläche aufweisen, um repräsentativ für das gesamte Cluster zu stehen. Als Beispiel ist in **Abbildung 5-1** der Distrikt 492 ausgewählt. Er stellt den Referenzdistrikt für ein ländlich geprägtes Gebiet dar. Typisch für diesen Cluster sind die Verteilung der Wohnfläche auf die ersten vier Siedlungstypen und ein Anteil an gewerblicher Nutzfläche. Die fehlende Fernwärmeversorgung ist ein weiteres wichtiges Merkmal dieser Kategorie. Nach Auswahl des Distriktes werden Maßnahmen zur CO_2-Einsparung erarbeitet, welche in leicht modifizierter Form stellvertretend für den gesamten Cluster gelten. So ist es möglich, für nahezu alle 316 Distrikte Vorschläge zur Verminderung des CO_2-Ausstoßes abzuleiten. Nicht betrachtet werden Distrikte, die einer Sondernutzung unterliegen, wie beispielsweise der Flughafen.

krg_diss_i	diss_flaeche	grundflaeche	freiflaeche	wohn_flaech	nfl_flaeche	st1	st2	st3	st4	st5	st6	st7	st8	st9	st10	st11	rw	ww	pw	Haupt-ST	Neben-ST	FW-An	id_diss_gruppen
901	235.457	29.588	10	33.240	15.375	39 %	27 %	0 %	0 %	0 %	13 %	0 %	0 %	0 %	19 %	2 %	82 %	13 %	5 %	1	2	nein	st1_2-6_nein
482	995.918	57.042	128.597	59.808	15.697	57 %	16 %	0 %	10 %	8 %	0 %	0 %	0 %	0 %	7 %	2 %	82 %	13 %	5 %	1	2	nein	st1_2-6_nein
944	405.781	30.604	69.774	33.388	8.555	74 %	18 %	0 %	6 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	1 %	1 %	83 %	13 %	5 %	1	2	nein	st1_2-6_nein
553	598.190	28.940	32.377	25.557	5.105	43 %	13 %	16 %	15 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	4 %	8 %	84 %	12 %	4 %	1	3	nein	st1_2-6_nein
790	4.731.127	235.125	1.815.476	217.255	71.397	55 %	0 %	26 %	11 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	4 %	4 %	82 %	12 %	6 %	1	3	nein	st1_2-6_nein
551	660.572	57.308	48.018	54.268	24.377	55 %	1 %	22 %	4 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	10 %	7 %	81 %	12 %	7 %	1	3	nein	st1_2-6_nein
542	724.167	56.780	182.735	51.026	22.237	61 %	0 %	21 %	5 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	8 %	4 %	81 %	12 %	7 %	1	3	nein	st1_2-6_nein
611	864.063	82.331	275.130	87.072	24.538	63 %	1 %	24 %	2 %	3 %	2 %	0 %	0 %	0 %	3 %	2 %	81 %	13 %	5 %	1	3	nein	st1_2-6_nein
550	1.019.020	29.741	251.189	22.865	10.953	69 %	0 %	17 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	14 %	81 %	11 %	7 %	1	3	nein	st1_2-6_nein
972	795.411	50.377	443.363	40.451	10.174	75 %	0 %	20 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	4 %	83 %	12 %	5 %	1	3	nein	st1_2-6_nein
380	1.426.105	156.130	500.631	142.818	95.368	35 %	0 %	0 %	34 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	29 %	2 %	79 %	11 %	10 %	1	4	nein	st1_2-6_nein
494	2.753.369	172.741	1.725.840	159.075	60.039	35 %	0 %	22 %	25 %	0 %	1 %	0 %	0 %	0 %	14 %	3 %	80 %	13 %	7 %	1	4	nein	st1_2-6_nein
940	426.305	93.629	0	103.156	41.246	36 %	0 %	0 %	27 %	7 %	7 %	0 %	0 %	0 %	22 %	1 %	81 %	13 %	7 %	1	4	nein	st1_2-6_nein
952	357.976	54.017	58.412	73.118	15.501	37 %	14 %	7 %	25 %	3 %	0 %	6 %	0 %	0 %	7 %	1 %	82 %	14 %	4 %	1	4	nein	st1_2-6_nein
492	1.923.852	214.744	192.609	234.878	57.495	48 %	5 %	4 %	23 %	1 %	4 %	0 %	0 %	0 %	4 %	11 %	82 %	13 %	5 %	1	4	nein	st1_2-6_nein
483	1.369.231	197.179	295.961	213.236	59.603	58 %	1 %	5 %	22 %	2 %	1 %	0 %	0 %	0 %	7 %	3 %	82 %	12 %	5 %	1	4	nein	st1_2-6_nein
540	724.489	58.158	100.833	81.328	12.710	60 %	0 %	7 %	15 %	0 %	13 %	0 %	0 %	0 %	0 %	5 %	83 %	14 %	3 %	1	4	nein	st1_2-6_nein
533	601.743	84.002	69.534	93.035	27.178	61 %	0 %	9 %	17 %	9 %	0 %	0 %	0 %	0 %	2 %	3 %	82 %	13 %	5 %	1	4	nein	st1_2-6_nein
942	964.448	112.143	105.690	136.262	31.126	68 %	1 %	2 %	19 %	7 %	0 %	0 %	0 %	0 %	1 %	3 %	83 %	13 %	4 %	1	4	nein	st1_2-6_nein
291	365.393	65.433	42.772	101.892	13.404	68 %	0 %	0 %	18 %	11 %	0 %	0 %	0 %	0 %	2 %	0 %	83 %	15 %	3 %	1	4	nein	st1_2-6_nein
841	540.821	72.071	18.685	84.937	12.374	71 %	0 %	0 %	25 %	4 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	85 %	12 %	3 %	1	4	nein	st1_2-6_nein
531	462.473	57.230	145.143	61.642	20.292	75 %	0 %	8 %	8 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	6 %	3 %	81 %	13 %	6 %	1	4	nein	st1_2-6_nein

Abbildung 5-1: *Auswahl des Referenzdistriktes für das ländlich geprägte Cluster*

Im Folgenden werden die Rahmendaten der Referenzdistrikte und die Maßnahmen für eine nachhaltige Energieversorgung näher beschrieben.

5.2 Auswahl der Referenzdistrikte

Entsprechend der beschriebenen Gruppierung und in Absprache mit den Auftraggebern des vorliegenden Konzeptes, wurden acht Referenzdistrikte ausgewählt und detailliert in Bezug auf Energieeinsparungs-Maßnahmen untersucht. Diese Betrachtung steht stellvertretend für alle 316 Distrikte der Stadt Nürnberg. Zu Clustern zusammengefasst wurden die Distrikte mit Hauptsiedlungstyp 1-3, 5 und 6 sowie 7 und 8. Eigene Cluster bilden die Distrikte mit Hauptsiedlungstyp 4, 10 und 11. Der Siedlungstyp 9 kommt nicht vor. Für jeden dieser Bereiche werden die ausgewählten Beispieldistrikte detailliert auf die wirtschaftliche Eignung einzelner CO_2-Einsparungsmaßnahmen untersucht.

Dem Anhang kann die technische Bewertung aller Distrikte in Bezug auf die Einzelmaßnahmen entnommen werden. Um die Wirtschaftlichkeit einzelner Maßnahmen abzuschätzen, können die Beispiele aus **Kapitel 5.4** als Referenz herangezogen werden.

Dabei werden folgende Varianten untersucht:

- Nahwärmeversorgung,
- Einsatz von Solarthermie,
- Wärmepumpen,
- Pelletheizungen
- Sanierungsmaßahmen

Die Bewertung der Eignung der Distrikte für eine Nahwärmeversorgung gliedert sich in drei Bereiche auf.

- (+) Mehr als 70 % der Grundfläche sind für die Nahwärme geeignet
- (o) Teile des Distrikts sind für die Nahwärme geeignet (20 %-70 %)
- (-) Nur einzelne Gebäude sind für eine Versorgung über KWK geeignet

Die Eignung für Solarthermie und Wärmepumpen hängt von dem Anteil an Einfamilienhäusern ab. Für Mehrfamilienhäuser kommen beide Technologien nicht in Betracht. Im Fall der Solarthermie führt die Frage wer die Investition trägt und wie sie umgelegt wird, meist zu einem Scheitern des Bauvorhabens. Dieses Beispiel beschreibt generell die „Vermieter/ Mieter-Problematik“. Dem Vermieter entstehen durch die Sanierung, bzw. die Installation effizienter Technologien nur Kosten, da er die Betriebskosten ohnehin auf die Mieter umgelegt. Der Mieter hingegen akzeptiert eine Mieterhöhung nicht in dem Maße, das notwendig wäre um eine Refinanzierung der Investition zu erreichen. Die Wärmepumpe stößt bei Mehrfamilienhäusern auf Grund ihrer beschränkten Leistung sehr schnell an die technischen Grenzen. Für Pelletheizungen wird der Betrachtungsraum auf kleine MFH (< 6 Wohneinheiten) ausgedehnt. Bei größeren Gebäuden treten zunehmend logistische Probleme bei der Anlieferung und der Lagerung der Pellets auf, die den Einsatz dieser Technologie erschweren.

Die Maßnahmen zur Gebäudesanierung werden wiederum in drei Kategorien unterteilt:

- (+++) Der spezifische Wärmeverbrauchswert von mehr als 3/4 der Wohnflächen liegt über 140 kWh/m²
- (++) Der spezifische Wärmeverbrauchswert von mehr als 1/4 und weniger als 3/4 der Wohnflächen liegt über 140 kWh/m²
- (+) Der spezifische Wärmeverbrauchswert von weniger als 1/4 der Wohnflächen liegt über 140 kWh/m²
- ( ) Im Distrikt wird der spezifische Wärmeverbrauchswert von 140 kWh/m² nicht erreicht, es besteht demnach nur punktueller Sanierungsbedarf

Diese Aufteilung bewirkt, dass Distrikte mit hohem Anteil an Wohnfläche der Baualtersklassen 1-4 ein hohes Sanierungspotenzial aufweisen.

Alle Distrikte werden nach diesen Kriterien bewertet. Die folgende Beschreibung der Referenzdistrikte dient dazu, zusätzlich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen an repräsentativen Beispielen aufzuzeigen.

5.3 Erläuterungen zum Anhang

Anhang 1

Im Anhang 1 sind alle Distrikte der Stadt Nürnberg in ihrer nummerischen Reihenfolge aufgelistet. Der Tabelle können folgende Informationen entnommen werden:

- Die beiden charakteristischen Siedlungstypen (Haupt- und Nebensiedlungstyp),
- das Vorhandensein einer Fernwärmeversorgung,
- die Zusammensetzung der Distrikt-Flächen (bebaute Grundfläche, Wohnfläche, Nutzfläche)
- der Anteil von Ein- und kleinen Mehrfamilienhäusern an Wohn- und Nutzflächen,
- der Wärmeverbrauch 2010 ,

- die Wärmedichte bezogen auf die bebaute Grundfläche,
- die Eignung/ Notwendigkeit der Distrikte in Bezug auf Nahwärme, Gebäudesanierung, Solarthermie, Wärmepumpe, Pelletheizung

Anhang 2

Anhang 2 beschreibt die Entwicklung des Wärme- und Stromverbrauchs nach den Szenarien 1 und 3. Ebenso ist die Entwicklung der CO_2-Emssionen jedes einzelnen Distriktes in der Tabelle enthalten.

Anhang 3

Der Tabelle in Anhang 3 kann die Verteilung der gebäudespezifischen Wohnflächenverteilung entnommen werden. So entfallen beispielsweise 19 % der vorhandenen Wohnfläche der Einfamilienhäuser der Baualtersklasse 1 auf den Siedlungstyp Dorfkern, 12 % auf die Reihenhausbebauung, 5 % auf Villen, 28 % auf Einzel- und Doppelhausbebauung, sowie 36 % auf sonstige Siedlungsstrukturen (vgl. Zeile 1).

Anhang 4

Die Tabelle in Anhang 4 beschreibt die Verteilung der Wohnflächen auf die einzelnen Siedlungsstrukturen. So setzt sich die Wohnfläche in der Siedlungsstruktur Dorfkern zu 9 % aus EFH der Baualtersklasse 1 zusammen, 6 % entfallen auf EFH der BA 2, usw.

Anhang 5

Dem Anhang 5 können die für die Berechnung ermittelten Stockwerkszahlen der einzelnen Siedlungsstrukturen entnommen werden.

Anhang 6

Anhang 6 gibt die Clusterung der einzelnen Distrikte nach Haupt- und Nebensiedlungstyp vor. Die Aufteilung der Cluster ist in **Kapitel 5.2** beschrieben. Die rot markierten Zeilen sind die im nächsten Kapitel näher beschriebenen Referenzdistrikte.

5.4 Detailanalyse der Referenzdistrikte

Im folgenden Abschnitt werden einzelne Maßnahmen für die ausgewählten Referenzdistrikte auf ihre Wirtschaftlichkeit untersucht.

5.4.1 Distrikt 492 – Das ländlich geprägte Gebiet

Der Distrikt 492 mit einer Gesamtfläche von knapp 2 km² liegt im südlichen Stadtgebiet von Nürnberg. Er weist eine Wohnfläche von 235.000 m² und eine Gewerbefläche von 57.500 m² auf. Bezogen auf die Gesamtfläche ergibt sich eine Wärmedichte von 22 kWh/m². Der Gesamtwärmeverbrauch betrug im Jahr 2010 ca. 52 GWh, wobei 59 % über Erdgas, 21 % über Heizöl und der Rest über sonstige Energieträger (regenerativ, Heizstrom) gedeckt wurde. Das linke Bild der **Abbildung 5-2** zeigt den Gesamtwärmeverbrauch je Gebäude im Distrikt 492. Die Analyse dieser Karte gibt erste Hinweise auf mögliche Standorte für ein Hackschnitzelheizwerk (HHW) oder ein Blockheizkraftwerk (BHKW). Besonders geeignet für den Ausgangspunkt eines

Nahwärmenetzes sind Großverbraucher (rot markierte Gebäude). Ein weiterer wichtiger Indikator ist die Wärmedichte der einzelnen Siedlungsstrukturen, wie sie im rechten Bild der Abbildung 5-2 dargestellt ist. Hier sind vor allem die roten/ orangen (60 kWh/m² bis > 80 kWh/m²) Gebiete von entscheidender Bedeutung für den wirtschaftlichen Betrieb einer Nahwärmeversorgung. Insgesamt ergibt sich für diese Siedlungsquartiere eine Wärmedichte von 65 kWh/m². In Summe ergibt sich ein Wärmeverbrauch aller Gebäude im Anschlussbereich von 22,5 GWh. Dabei entfallen ca. 17,3 GWh auf die Wohngebäude, 2,0 GWh auf GHD, 1,5 GWh auf die Schule, 1,1 GWh auf das Altenheim und 0,6 GWh auf die Kirche.



Abbildung 5-2: *Gesamtwärmeverbrauch und Wärmedichte im Distrikt 492, eigene Darstellung nach /GOOGLE-01 11/*

Aus den Gebäudetypen, den ansässigen Gewerbebetrieben und deren Verbräuchen kann für das potenzielle Versorgungsgebiet ein Wärmelastgang berechnet werden (vgl. **Abbildung 5-3**). Als erste Abschätzung wird die Grundlastanlage auf 30 % der Maximalleistung ausgelegt. In diesem Fall entspricht dies 2,4 MW. Unter

Berücksichtigung der Verluste bei der Erzeugung und Übertragung der Wärme (Netzverluste) wird die Leistung auf 3,0 MW erhöht.

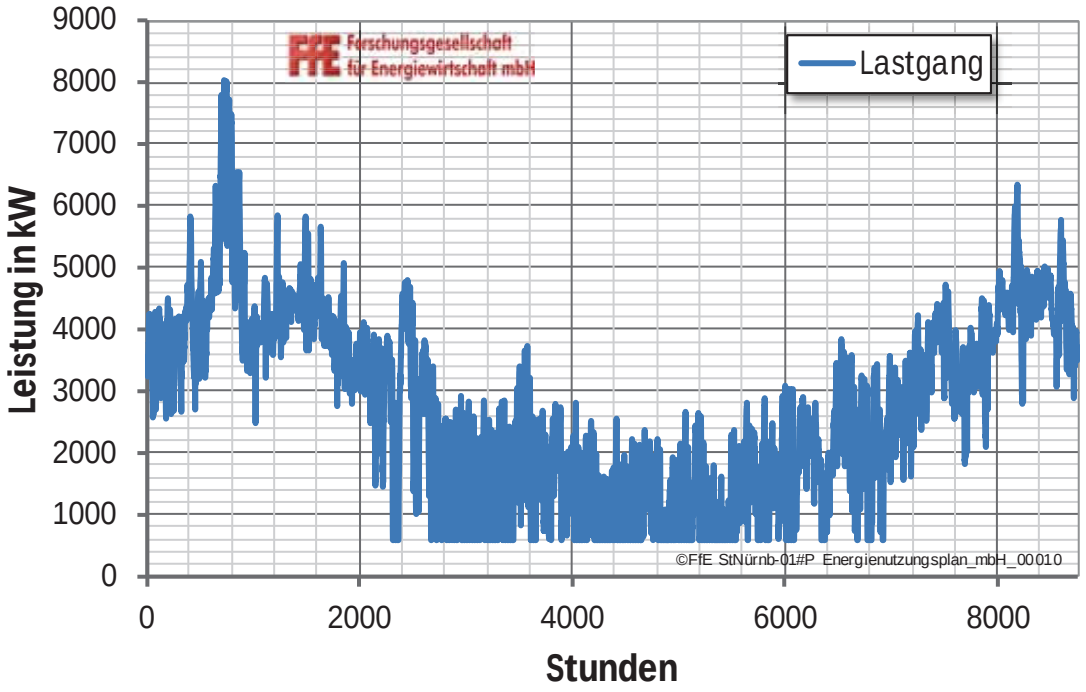


Abbildung 5-3: *Wärmelastgang des Nahwärmeversorgungsgebietes in Distrikt 492*

Der Spitzenlastkessel (SLK) zur Deckung der Maximalleistung und als Redundanz für die Grundlastanlage wird auf 10,0 MW ausgelegt, um die Erzeugungsverluste (ca. 10 %) und die Übertragungsverluste (ca. 10 %) ausgleichen zu können. Der Betrieb dieses Systems erfolgt mit Erdgas. Unter Berücksichtigung der anfallenden Verluste müssen ca. 28 GWh Energie eingesetzt werden. Bei dieser Auslegung der Anlagen ergibt sich im Falle des HHW eine jährliche Laufzeit von 7.000 h, der Gas-SLK ist 610 h/a in Betrieb. Demzufolge werden 21 GWh Wärme über Hackschnitzel und 6,7 GWh über Erdgas benötigt. Das Nahwärmenetz wird mit einer Länge von 2.000 m angenommen. **Abbildung 5-4** zeigt eine mögliche Verlegung der Leitungstrasse und den Standort der Wärmeerzeugungsanlagen.



Abbildung 5-4: *Mögliche Leitungstrasse und Standort des HHW, eigene Darstellung nach /N-02 11/*

Geschätzt ergeben sich Investitionen in Höhe von 2.500.000 €, die Betriebskosten belaufen sich im ersten Jahr auf etwa 480.000 €. Die geschätzten Fördermittel betragen knapp 450.000 €. Weiter wird davon ausgegangen, dass zu Beginn ein Anschlussgrad von 30 % erreicht wird, der sich im Laufe von zehn Jahren auf das Maximum von 80 % erhöht. Dies beruht auf der Annahme, dass sich ein Teil der Einwohner sofort für einen Anschluss an die Nahwärme entscheidet und die übrigen im Zuge der Heizungserneuerung. Über den Absatz der Wärme können im ersten Jahr ca. 730.000 € erlöst werden. Der wichtigste Punkt bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist die Entwicklung des Wärmeabsatzes. Durch die Sanierungsquote gibt es große Unterschiede in den Szenarien. Während unter den getroffenen Annahmen nach Szenario 1 ein wirtschaftlicher Betrieb der Anlage gegeben ist (**Abbildung 5-5**), kann im Szenario 3 kein positives Ergebnis während der Laufzeit erzielt werden (**Abbildung 5-6**).

- Energiepreissteigerung (Brennstoffe, Strom, Wärme) 4 %
- Kapitalzins: 3,39 %
- Teuerungsrate (z.B. Wartung/ Instandhaltung) 2,0 %
- Gaspreis: 5,57 ct/kWh
- Wärmepreis_ 7,5 ct/kWh
- Hackschnitzelpreis: 4,0 ct/kWh

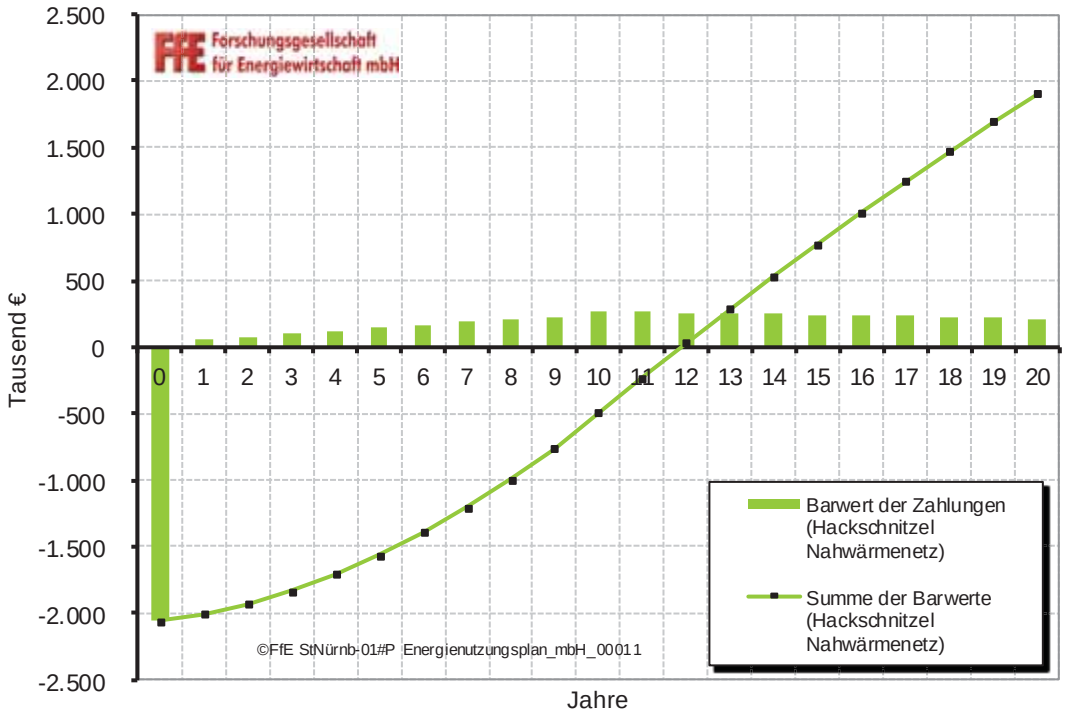


Abbildung 5-5: *Wirtschaftlichkeit des HHW nach Szenario 1*

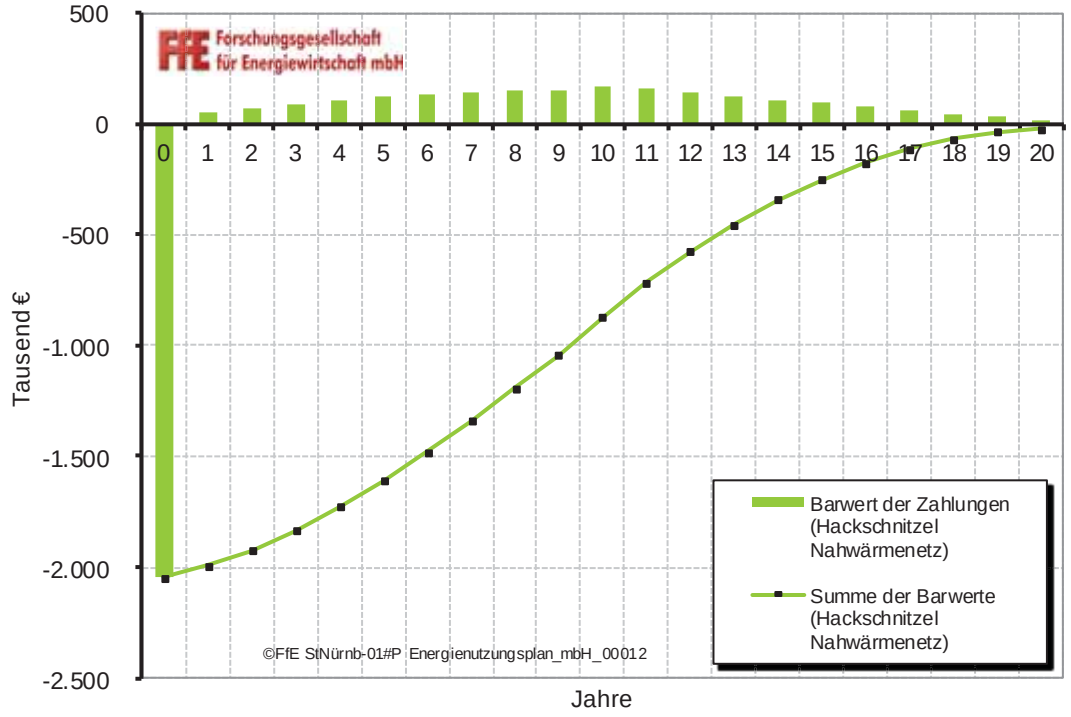


Abbildung 5-6: *Wirtschaftlichkeit des HHW nach Szenario 3*

Werden die Heizkosten unter den getroffenen Annahmen für einen Einfamilienhausbesitzer gegenüber gestellt, ist der Nahwärmeanschluss die günstigste Alternative, gefolgt von Erdgas und Heizöl (vgl. **Abbildung 5-7**).

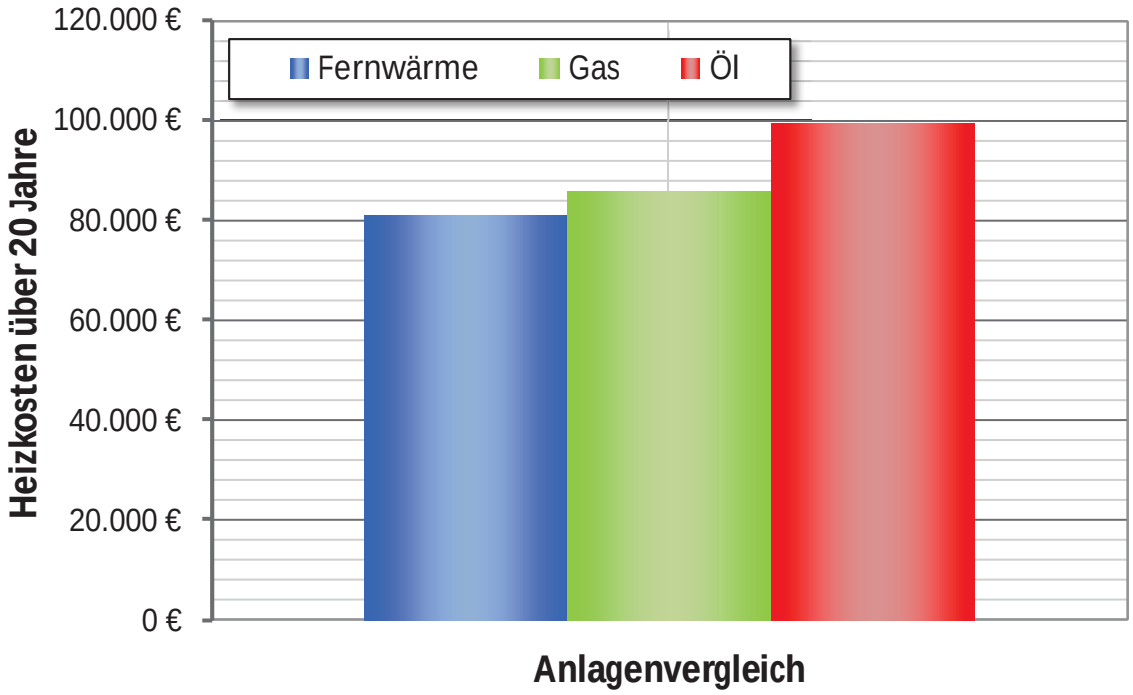


Abbildung 5-7: *Heizkostenvergleich verschiedener Wärmeversorgungstechnologien*

In **Tabelle 5-2** sind die Annahmen für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zusammengefasst dargestellt. Die Brennstoff- und Betriebskosten sowie die Erlöse beziehen sich auf das erste Jahr. Bis zum zehnten Jahr steigen die jährlich anfallenden Kosten für den Betrieb (inkl. Brennstoff) der Anlage auf 1,7 Mio €, die Erträge liegen dann bei 2,7 Mio €.

Tabelle 5-2: *Annahmen zur Wirtschaftlichkeitsberechnung*

Annahmen zur Wirtschaftlichkeit	
Zinssatz	3,39%
Teuerungsrate	2,00%
Abschreibungsdauer	20 Jahre
Investitionskosten	2,5 Mio €
Brennstoffkosten	380.000 €
Betriebskosten	100.000 €
Preissteigerung Gas	4%
Preissteigerung Hackschnitzel	4%
Erlöse	520.000 €

Die Gesamtemissionen der Wärmebereitstellung des Distriktes liegen bei etwa 10.000 t CO_2. Werden 16,8 GWh über Hackschnitzel an die Gebäude geliefert, reduzieren sich die Gesamtemissionen um knapp 4.000 t.

Da das erklärte Ziel die Energieeinsparung ist, muss davon ausgegangen werden, dass die Kombination von Nahwärmenetz und Hackschnitzelheizwerk über einen erweiterten Betrachtungszeitraum von 40 Jahren (Lebensdauer des Netzes) nicht wirtschaftlich zu betreiben ist. Als Maßnahmen für diesen Distrikt sind demnach in erster Linie die Förderung der energetischen Sanierung der Gebäudehülle und die Deckung des

verbleibenden Wärmeverbrauchs über dezentrale Technologien (Solarthermie, Wärmepumpe) zu ergreifen.

Zusätzlich ist ein evtl. vorhandenes Gasnetz zu beachten. Aus wirtschaftlicher Sicht ist der parallele Betrieb eines Gas- und Nahwärmenetzes nicht sinnvoll. Bei der ökologischen Betrachtung muss in Zukunft allerdings auf einen Mix der verschiedenen regenerativen Energieträger gesetzt werden. So hat das Gasnetz den Vorteil, dass Bioerdgas ohne zusätzlichen Aufwand an die Verbraucher geliefert werden kann. Der Einsatz fester Brennstoffe wird dadurch ausgeklammert. Es kann durchaus auch wirtschaftlich sinnvoll sein, anstatt der Erneuerung des Gasnetzes ein Wärmenetz zu verlegen, da damit ein flexiblerer Einsatz von Energieträgern gewährleistet werden kann.

Eine weitere Möglichkeit ein Gasnetz durch ein Nahwärmenetz zu ersetzen besteht darin, dass sich einzelne Verbraucher zu einer Versorgungsgemeinschaft zusammenschließen und ihren Wärmeverbrauch über kleine Nahwärmeinseln decken. Nach und nach können diese Inseln zu einem Nahwärmenetz zusammenwachsen. Welcher Energieträger zur Wärmeerzeugung dabei zum Einsatz kommt wird in diesem Fall individuell bestimmt.

5.4.2 Distrikt 20 – Der Gewerbedistrikt im Zentrum von Nürnberg

Der Distrikt 20 besteht zu knapp 50 % aus einer Gewerbegebiet ähnlichen Struktur (Siedlungstyp 10). Die zweite Hälfte ist geprägt durch städtische Blockrandbebauung (Siedlungstyp 7). Das Verhältnis von Wohn- zu Nutzfläche liegt allerdings bei 1:17,5. Das bedeutet, dass nur etwa 13.000 m² Wohnfläche 230.000 m² Nutzfläche gegenüber stehen. Geprägt ist der Distrikt durch Hotels, Banken, Schulen und einem größeren Betrieb. Die Entwicklung der Wärmeverbrauchsdichte nach den Szenarien 1 und 3 ist in **Abbildung 5-8** dargestellt. Deutlich wird, dass sich nach Szenario 1 keine erkennbaren Veränderungen ergeben, nach Szenario 3 sinkt die Wärmedichte im Nord-Osten des Distriktes ab. Insgesamt ergeben sich Einsparungen durch die Gebäudesanierung von knapp 9 GWh, bzw. 25 GWh gegenüber dem Ist-Zustand von 81 GWh.



Abbildung 5-8: *DS 20 - Wärmeverbrauch und Wärmeverbrauchsdichte 2010 und 2030, eigene Darstellung nach /GOOGLE-01 11/*

Die Aufteilung des heutigen Energieeinsatzes und die damit verbundenen CO_2-Emissionen sind in **Abbildung 5-9** und **Abbildung 5-10** dargestellt.

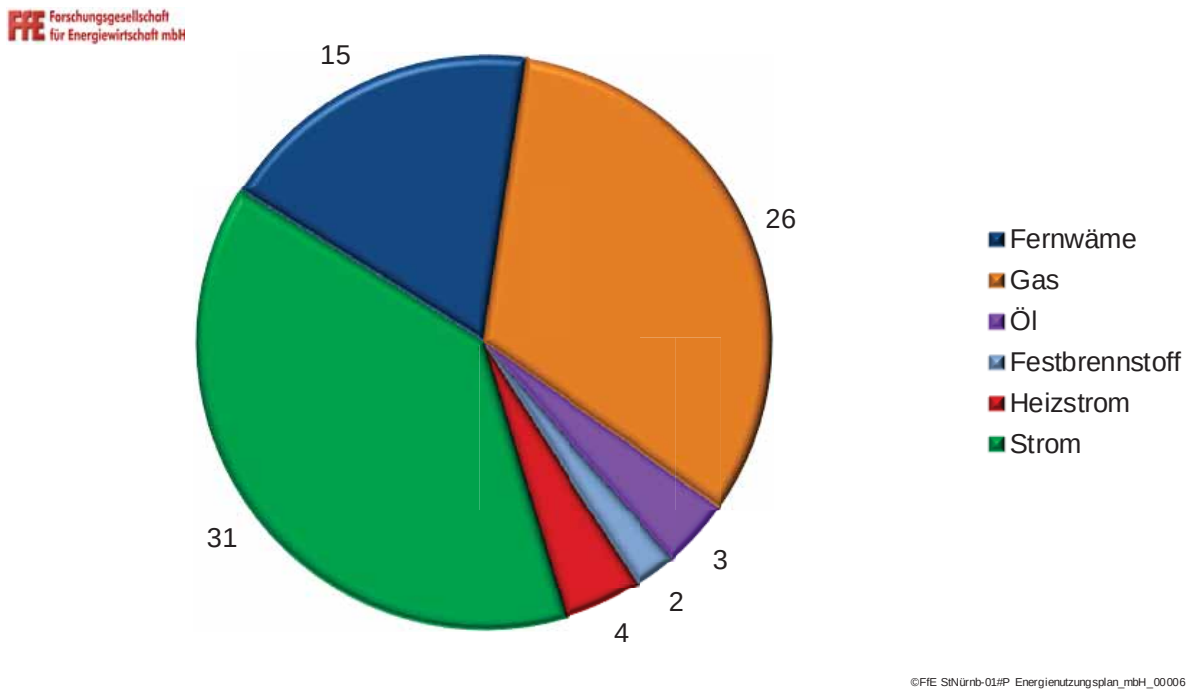


Abbildung 5-9: *Energieträgereinsatz Distrikt 20 in GWh (2010)*

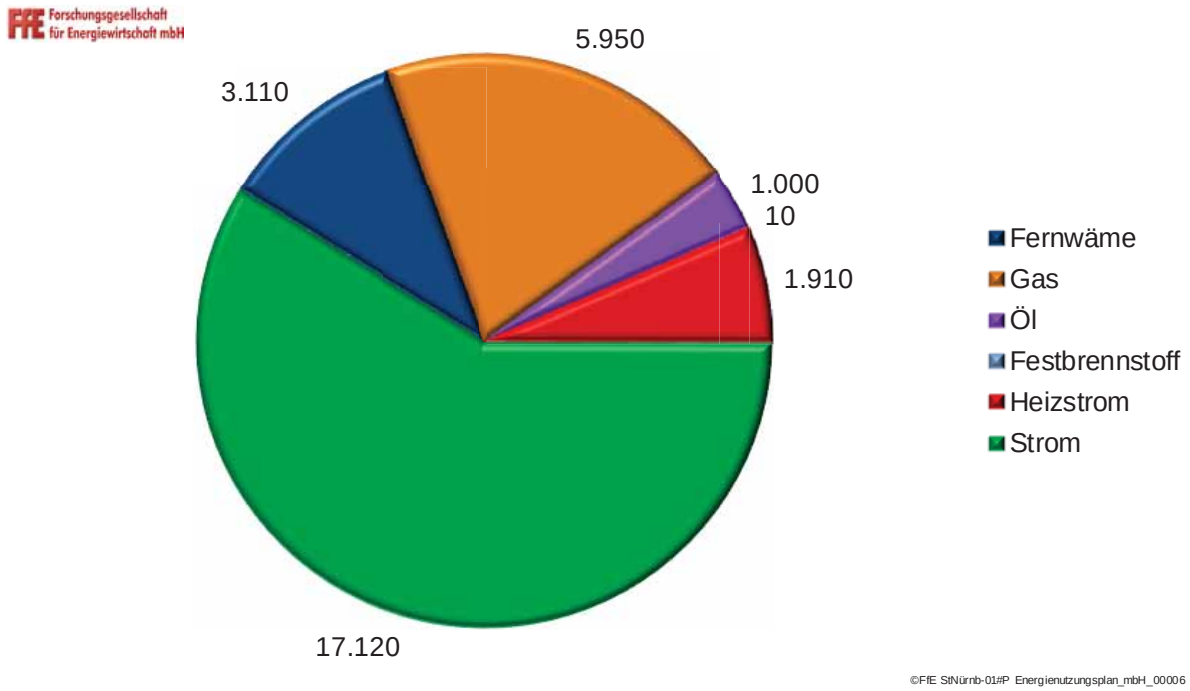


Abbildung 5-10: *CO_2-Emissionen im Distrikt 20 in Tonnen (2010)*

Als Maßnahmen für die Reduktion des Energieverbrauchs und CO_2-Ausstoßes kommt in erster Linie die Gebäudesanierung in Frage. Auch die Nachverdichtung nicht Fernwärme versorgter Häuser oder die Installation von Photovoltaikanlagen sind Möglichkeiten die CO_2-Bilanz zu verbessern. Der Einsatz regenerativer Wärmequellen (Solarthermie, Hackschnitzel, Wärmepumpe, etc.) wird wegen der Konkurrenzsituation zur Fernwärme nicht in Betracht gezogen.

5.4.3 Distrikt 272 – Städtische Blockrandbebauung als Mischgebiet

Der Fernwärme versorgte Distrikt besteht hauptsächlich aus Blockrandbebauung. Durch die Nähe zum Nürnberger Zentrum weist er mit knapp 52.500 m² noch einen hohen Anteil gewerblicher Nutzfläche auf. Die Wohnfläche beträgt gut 170.000 m². Dieses Flächenverhältnis charakterisiert den Mischdistrikt. Die Wärmedichte beträgt 175 kWh/m²und liegt damit um das sechs-fache über der Wärmedichte des ländlich geprägten Distriktes. Insgesamt hat der Distrikt eine Fläche von 0,24 km². In Summe entsprechen die Wohn- und Nutzfläche der Grundfläche. Diese Flächenverteilung ist durch die mehrstöckigen Gebäude bedingt. Den Gesamtwärmeverbrauch und die Entwicklung der Wärmedichte zeigt **Abbildung 5-11**. Demnach reduziert sich der der Wärmeverbrauch nach Szenario 1 von 42 GWh auf ca. 35 GWh, in Szenario 3 wird ein Rückgang auf 22 GWh erreicht. Die Wärmedichte geht auf 146 kWh/m² bzw. 92 kWh/m² zurück. Als Maßnahmen zur CO_2- und Energieeinsparung kommt an erster Stelle die Gebäudesanierung in Frage. Auch eine Nachverdichtung des Fernwärmenetzes oder ein Umstieg von Dampf auf Heißwasser führen zu einer Steigerung der Effizienz und damit zu einem Rückgang der CO_2-Emissionen. Auf Grund der mangelnden Daten zum Nürnberger Fernwärmenetz können die Maßnahmen nicht weiter quantifiziert werden. Für eine exakte Abschätzung der Wirtschaftlichkeit und die detaillierte Planung einer zukünftigen Versorgungstruktur werden im Folgenden die notwendigen Eingangsdaten benannt:

Variable Parameter

- Wärmepreisentwicklung
- Strompreisentwicklung
- Brennstoffpreisentwicklung
- Auslastung des Heizkraftwerkes
- Netzauslastung / Wärmeabsatz

Fixe Parameter

- Abschreibung der Anlagen
- Reinvestitionen
- Kapitalzinsen
- Betriebskosten (Personal / Wartung- und Instandhaltung)

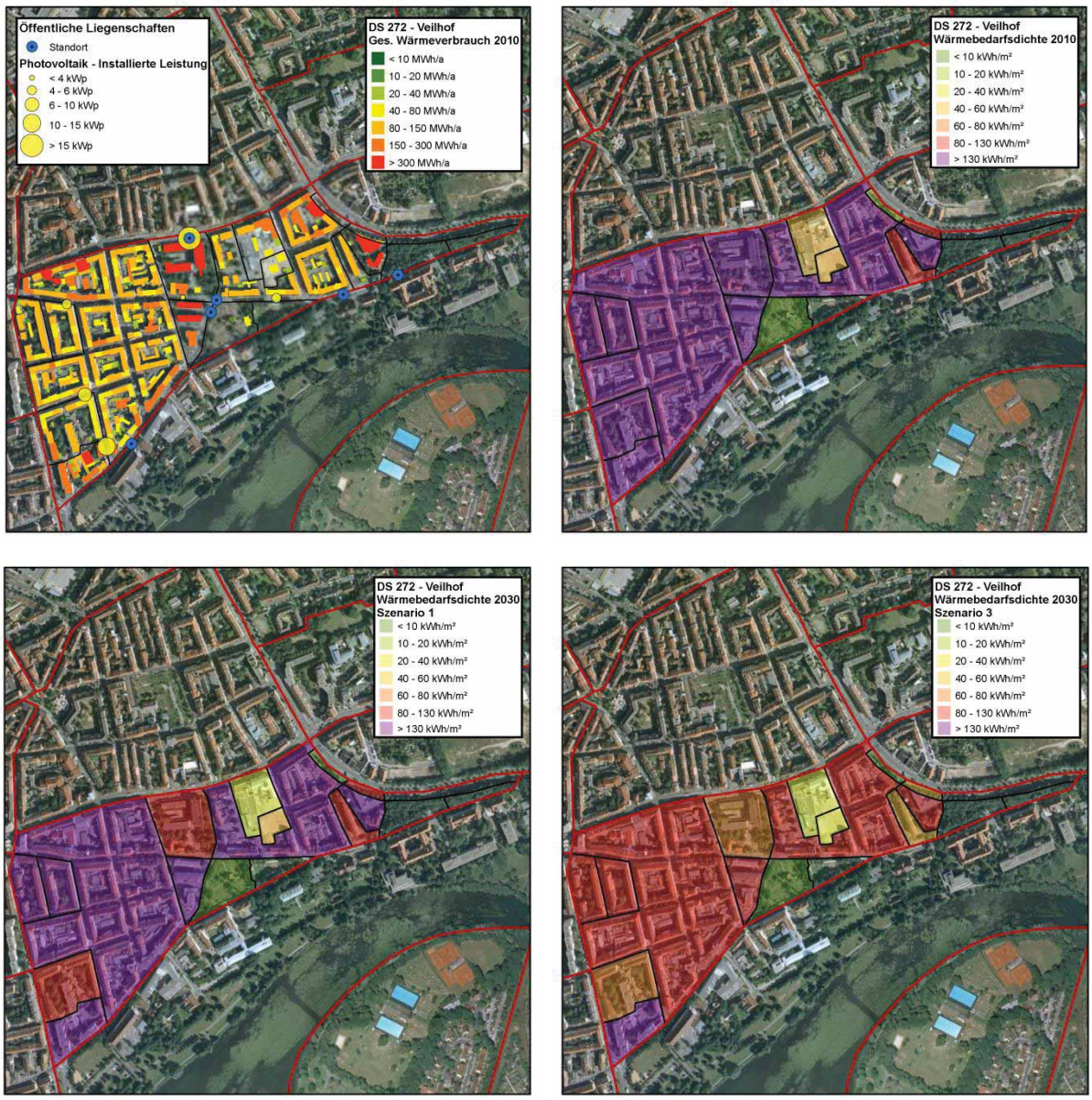


Abbildung 5-11: *DS 272 - Wärmeverbrauch und Wärmeverbrauchsdichte 2010 und 2030, eigene Darstellung nach /GOOGLE-01 11/*

Es gilt die Aussage aus **Kapitel 5.4.2**, dass durch die Sanierungsmaßnahmen eine sehr große Menge Energie- und CO_2- eingespart werden kann, der Betrieb bzw. die Neuinvestition in ein Fernwärmenetz allerdings zunehmend unwirtschaftlich wird. Für weitere Untersuchungen kann der in **Abbildung 5-12** gezeigte simulierte Wärmelastgang des Distriktes verwendet werden.

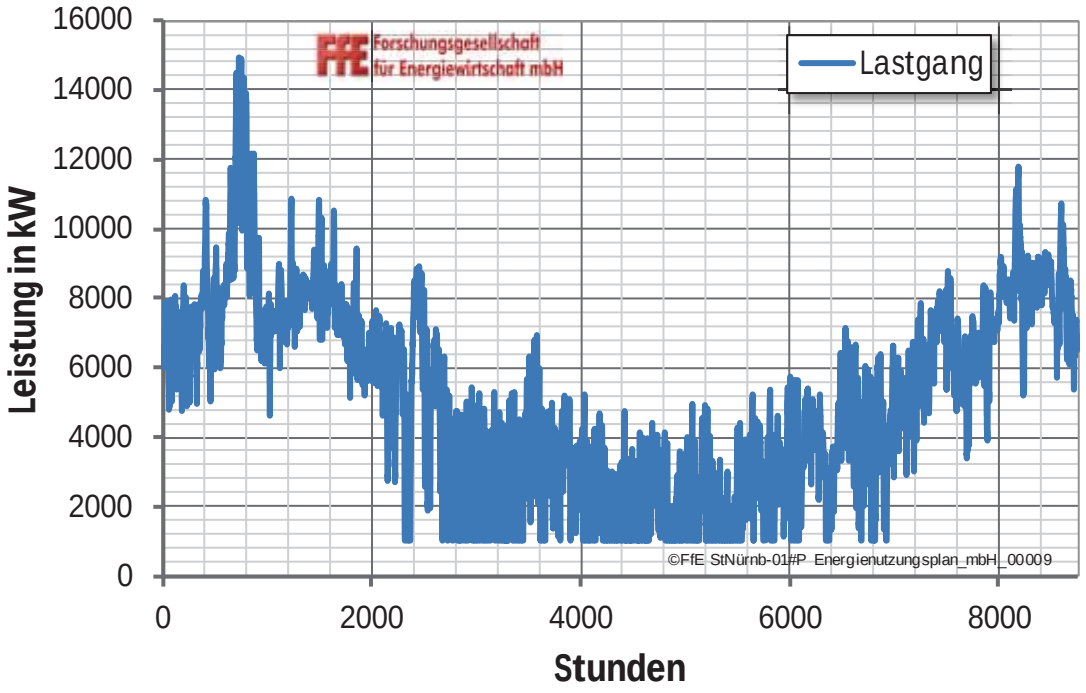


Abbildung 5-12: *Simulierter Wärmelastgang des Distriktes 272*

5.4.4 Distrikt 371 – Zeilenbebauung

Der Distrikt 371 setzt sich aus einer 3- bis 5-geschossigen Zeilenbebauung und Hochhäusern zusammen. Dieser Distrikt liegt im Bereich Langwasser Südwest und hat einen Anschluss an die Fernwärme. Für die folgende Betrachtung wird davon ausgegangen, dass das Gebiet der Zeilenbebauung nicht an die Fernwärme angeschlossen ist. Daraus ergeben sich verschiedene Maßnahmen für eine effiziente und nachhaltige Energieversorgung. Betrachtet werden die folgenden Varianten:

- Pelletkessel in jedem Gebäude (Dezentrale Versorgung)
- Gas-Brennwertkessel in jedem Gebäude (Dezentrale Versorgung)
- Sole-Wasser Wärmepumpe in jedem Gebäude (Dezentrale Versorgung)

Die Auswertung beschränkt sich auf die 3 stöckigen Zeilenbauten. Diese Gebäude haben eine Wohnfläche von etwa 1.000 m² und einen spezifischen Verbrauch (Raumwärme und Warmwasser) von 150 kWh/(m²*a). Insgesamt ergibt sich demnach ein jährlicher Wärmeverbrauch von 150.000 kWh je Haus. Die Auswertung der Verbräuche – 24 Gebäude dieser Kategorie befinden sich in dem untersuchten Gebiet – ergibt den in **Abbildung 5-13** dargestellten Jahreslastgang. Der zeitlich aufgelöste Wärmeverbrauch eines einzelnen Gebäudes ist **Abbildung 5-14** zu entnehmen.

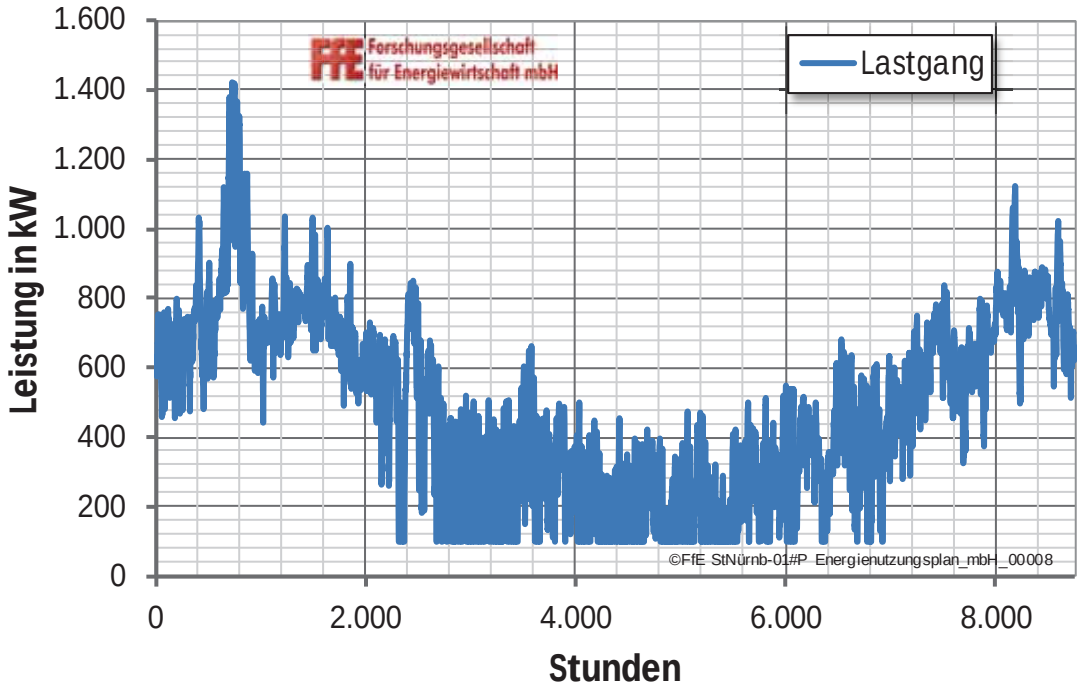


Abbildung 5-13: *Jahreslastgang Zeilenbebauung im Distrikt 371*

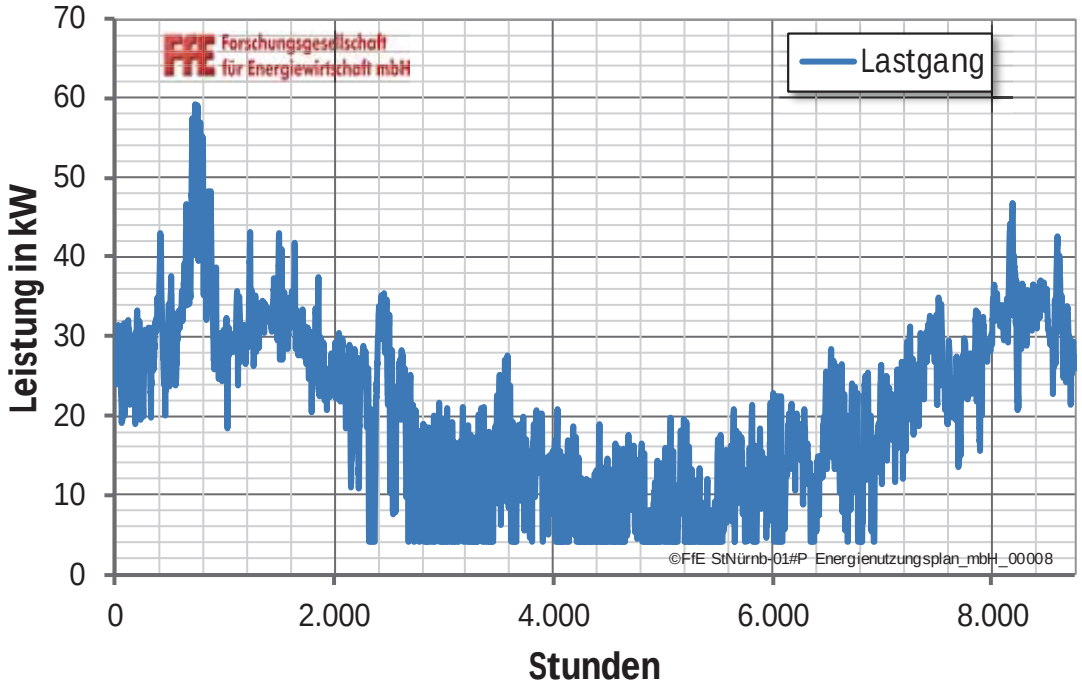


Abbildung 5-14: *Jahreslastgang eines Reihenhauses im Distrikt 371*

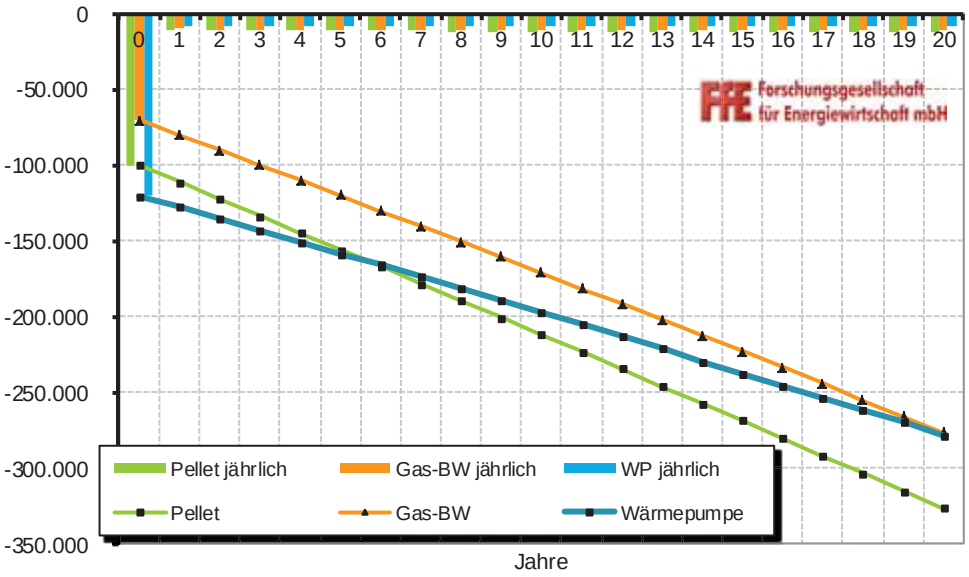


Abbildung 5-15: *Wirtschaftlichkeitsvergleich der drei Varianten*

Für die Abschätzung der Wirtschaftlichkeit werden folgende Annahmen getroffen:

- Investition Pellet 100.000 €
- Investition Gas-Brennwert 70.000 €
- Investition Wärmepumpe inkl. Bohrung 120.000 €
- Brennstoffkosten Pellet je kWh 5,0 ct /**CAR-01 12/**
- Brennstoffkosten Gas je kWh 5,57 ct / **NERGIE-01 12/**
- Stromkosten für die Wärmepumpe 16,86 ct /**NERGIE-02 12/**

Alle weiteren Parameter zu den Preissteigerungen sind analog zu den übrigen Wirtschaftlichkeitsabschätzungen. Weiter wird unterstellt, dass das Gebäude in den nächsten 20 Jahren, abgesehen von Bestandserhaltenden Maßnahmen, energetisch nicht saniert wird. Dieser Annahme liegt zu Grunde, dass die Erneuerung der Heizanlage erst nach einer Dämmmaßnahme erfolgen sollte, um eine Überdimensionierung des Kessels zu vermeiden. Deshalb erfolgt die Umstellung des Heizsystems immer zuletzt und der Wärmeverbrauch bleibt daher über den Betrachtungszeitraum konstant. Das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsabschätzung ist in **Abbildung 5-15** zu sehen. Es zeigt sich, dass auf Grund des derzeit niedrigen Erdgaspreises die Gas-Brennwerttherme (Gas-BW) das wirtschaftlichste System ist, gefolgt von der Wärmepumpe (WP) und der Pelletanlage. Werden energetische Sanierungsmaßnahmen durchgeführt, verschieben sich die Werte weiter zu Gunsten der Gas-BW Lösung, da bei sinkendem Wärmeverbrauch die Investitionskosten an Bedeutung gewinnen. Eine CO_2-Einsparung durch einen Energieträgerwechsel kann unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten deshalb nur schwer erreicht werden und bedarf der zusätzlichen Förderung durch die Stadt Nürnberg. Eine weitere Möglichkeit ist die Förderung von thermischen Solaranlagen auf diesen Gebäuden. Hierdurch kann ein wertvoller Beitrag zur regenerativen Wärmeerzeugung geleistet werden. Dabei können Einsparungen im Falle einer solaren Warmwasserbereitung von ca. 10 % (ca. 15.000 kWh) des Gesamtverbrauches erreicht werden. **Abbildung 5-16** Zeigt die Veränderung der Wärmedichten nach den Vorgaben aus den Sanierungsszenarien.

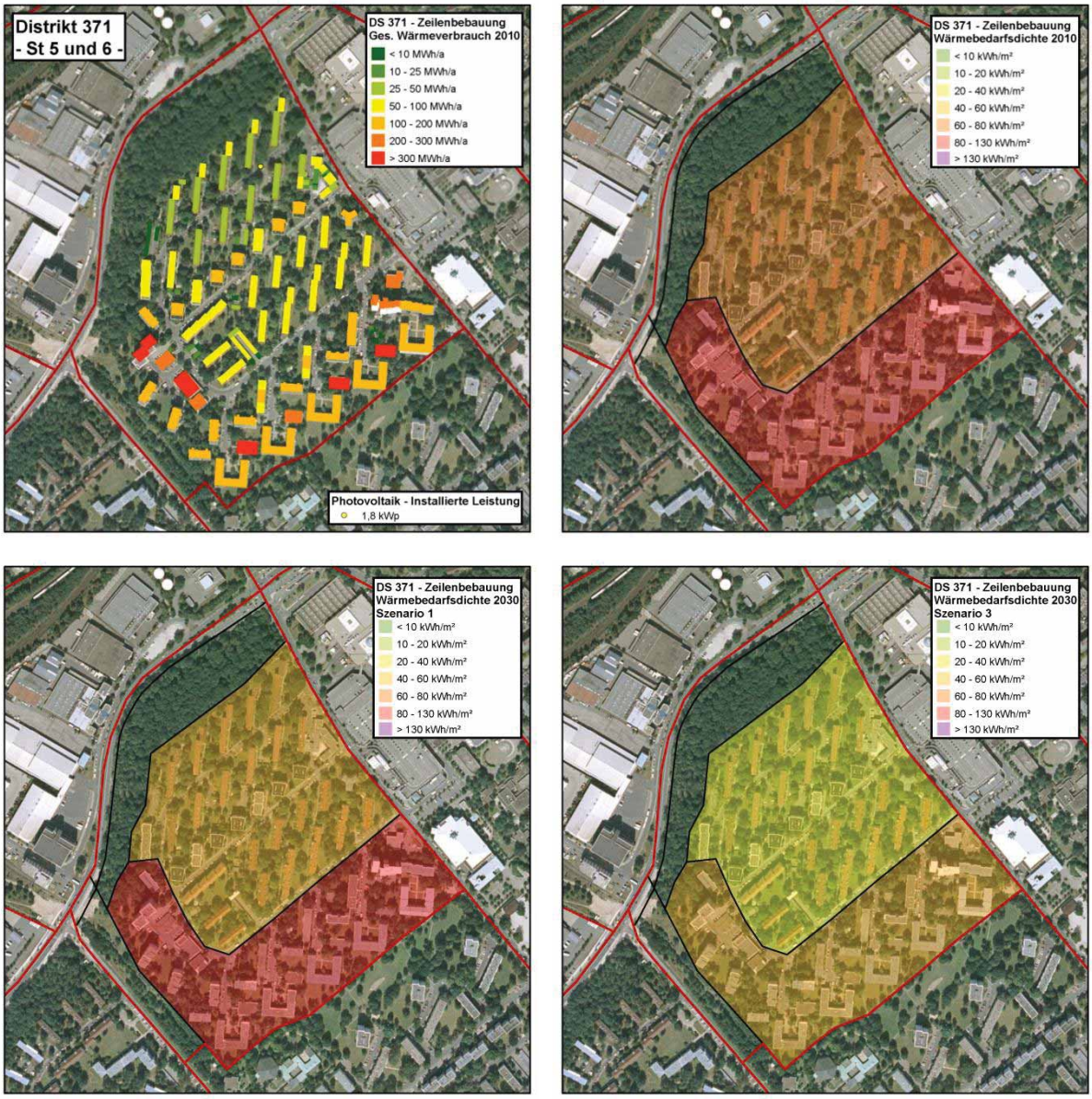


Abbildung 5-16: *DS 371 - Wärmeverbrauch und Wärmeverbrauchsdichte 2010 und 2030, eigene Darstellung nach /GOOGLE-01 11/*

5.4.5 Distrikt 410 – Neubaugebiet Brunecker Straße

Im Distrikt 410 (an der Brunecker Straße) ist eine Umnutzung geplant. Es soll ein Neubaugebiet mit rund 90 ha Fläche entstehen. Die aktuelle Planung sieht vor, dass Wohnraum für ca. 5.000 Personen geschaffen wird. In erster Linie sollen Reihenhäuser und Zeilenbebauung entstehen. Es wird angenommen, dass nur etwa ein Drittel der 90-Hektar-Fläche tatsächlich mit Wohngebäuden bebaut wird, ein weiteres Drittel mit Gebäuden des GHD-Sektors. Auf Basis dieser Grunddaten ist anzunehmen, dass etwa 2.000 Wohneinheiten gebaut werden, die eine geschätzte Wohnfläche von insgesamt 300.000 m² ergeben. Für den Bereich GHD werden ebenfalls rund 300.000 m² Nutzfläche zur Verfügung stehen. Hauptsächlich sollen hier weniger energieintensive Nutzungsarten wie beispielsweise Büroräume oder Verkaufsflächen zum Einsatz kommen. Die restliche Fläche wird u.a. für Straßen, Wege, Parkplätze und Grünflächen benötigt.

Prognose des Wärmeverbrauchs

Auf Basis der genannten Kennzahlen, kann ein voraussichtlicher Wärmeverbrauch berechnet werden:

Die bisherigen Planungen sehen vor, den Baustandard EnEV+30% anzuwenden. Das bedeutet eine 30-prozentige Verbesserung hinsichtlich des Energieverbrauchs im Vergleich zum aktuellen EnEV-Standard. Der Baualtersklasse 10 liegen die spezifischen Werte von 70 kWh/(m²*a) für EFH und 60 kWh/(m²*a) für MFH zugrunde (vgl. Tabelle 3-3). Eine 30-prozentige Verbesserung hat zur Folge, dass neue spezifische Verbrauchswerte von 49 kWh/(m²*a) für EFH und 42 kWh/(m²*a) für MFH angenommen werden können. Für Wohngebäude kann damit ein voraussichtlicher Wärmeverbrauch von 13,3 GWh/(m²*a) berechnet werden.

Für den GHD-Sektor werden die spezifischen Werte ebenfalls um 30 % gesenkt. Damit werden für Büroräume 105 kWh/(m²*a), für Laden- und Verkaufsflächen 113 kWh/(m²*a) und für Lager und Garagen 55 kWh/(m²*a) angenommen (vgl. Tabelle 3-4). Pauschal wird angenommen, dass 150.000 m² als Büroräume, etwa 100.000 m² als Laden- und Verkaufsfläche und rund 50.000 m² als Lager, Garagen und für Sonstiges genutzt werden. Für den GHD-Sektor ergibt sich damit ein prognostizierter Wärmeverbrauch von 29,8 GWh/(m²*a).

In **Abbildung 5-28** ist der Wärmeverbrauch und die Wärmeverbrauchsdichte des Distrikts 410 im aktuellen Zustand dargestellt. Das geplante Neubaugebiet an der Brunecker Straße ist hier noch nicht berücksichtigt. Es ist davon auszugehen, dass einige der hier dargestellten Gebäude bestehen bleiben werden. Voraussichtlich werden dies u.a. die Gebäude südlich der Gleise sowie das Eisenbahnausbesserungswerk nördlich der Gleise sein. Daher werden weitere 10 GWh/a Wärmeverbrauch für diese alten Gebäude des Distrikts angenommen. Insgesamt ergibt sich demnach ein Gesamtwärmeverbrauch des Distrikts 410 von 53,1 GWh pro Jahr.

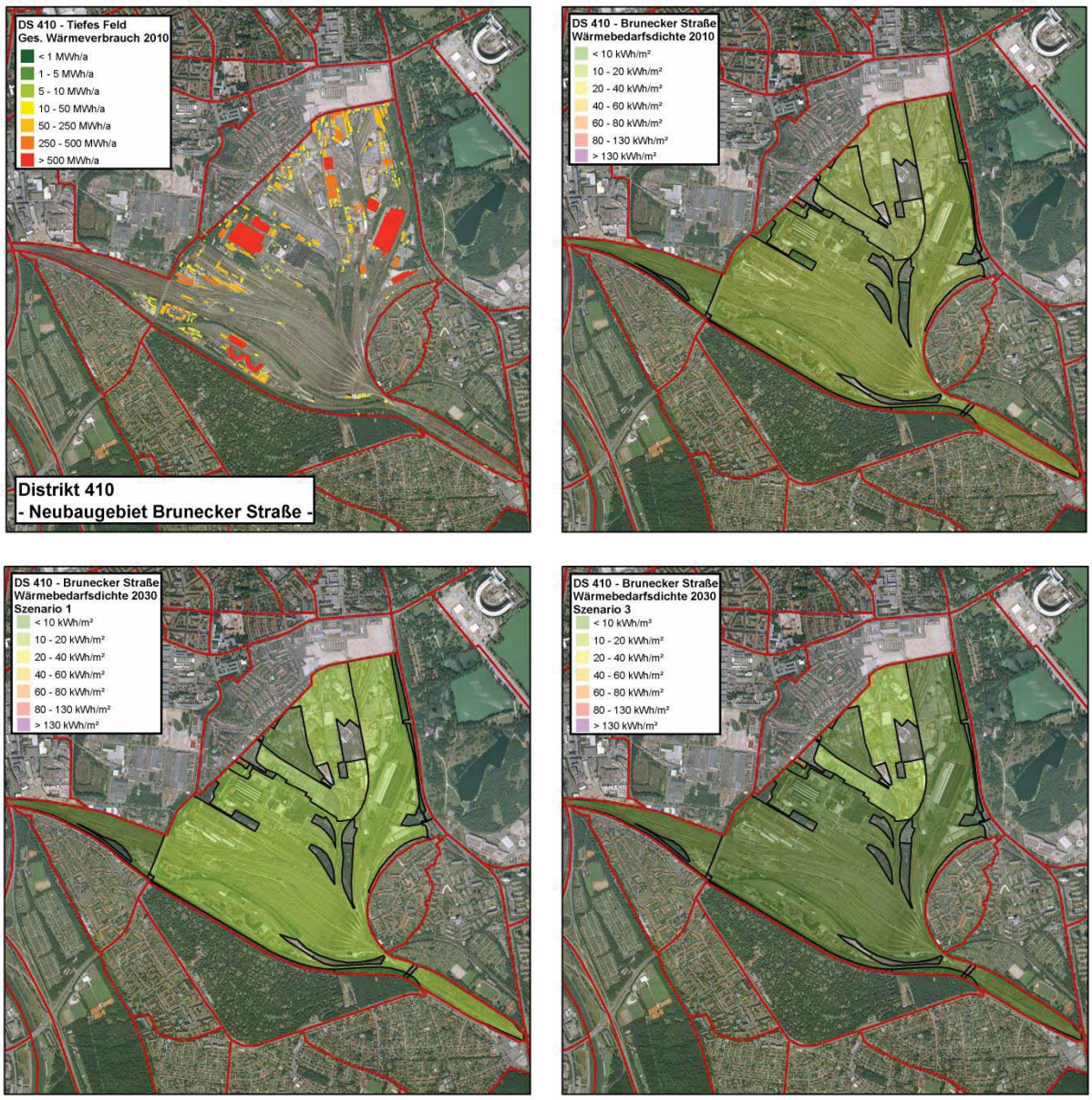


Abbildung 5-17: *DS 410 - Wärmeverbrauch und Wärmeverbrauchsdichte 2010 und 2030, eigene Darstellung nach /N-02 11/*

Hackschnitzel-Nahwärmenetz

Da dem Neubaugebiet an der Brunecker Straße eine Umnutzung zugrunde liegt, kann hier von einem Bau „auf der grünen Wiese“ gesprochen werden. Es bietet sich die Möglichkeit, mit sehr günstigen Netzkosten eine nachhaltige Energieversorgung zu realisieren. Im Vergleich zu dicht bebauten Stadtvierteln sinken die Netzkosten pro Meter Leitung um etwa die Hälfte, da die Verlegung gleichzeitig mit der weiteren nötigen Infrastruktur (z.B. Telefonleitung, Stromleitung, Wasserleitung) erfolgen kann. Ein mögliches Nahwärmenetz ist damit vergleichsweise kostengünstig realisierbar.

Auf Basis der geplanten Gebäudetypen und deren Verbräuchen kann für das Neubaugebiet ein Wärmelastgang prognostiziert werden (vgl. **Abbildung 5-29**). Als erste Abschätzung wird die Grundlastanlage auf ca. 30 % der Maximalleistung ausgelegt. In diesem Fall entspricht dies 4,5 MW.

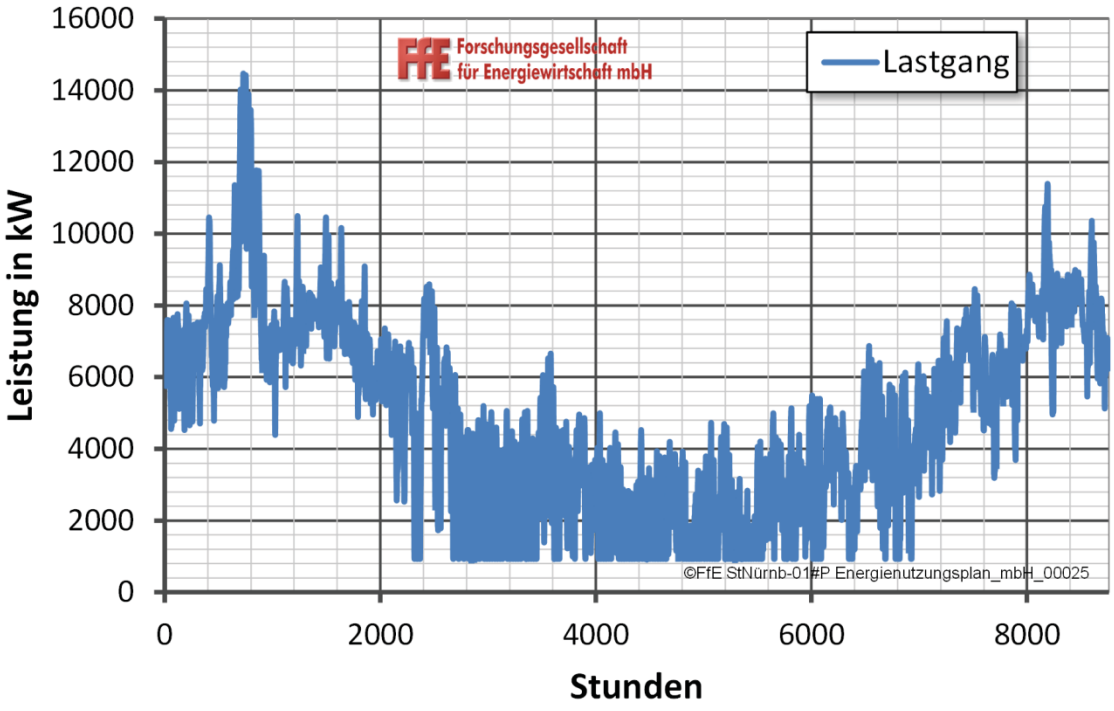


Abbildung 5-18: *Lastgang für das Neubaugebiet Brunecker Straße*

Der Spitzenlastkessel (SLK) zur Deckung der Maximalleistung und als Redundanz für die Grundlastanlage wird auf 7 MW ausgelegt, um die Erzeugungsverluste (ca. 10 %) und die Übertragungsverluste (ca. 10 %) ausgleichen zu können. Der Betrieb dieses Systems erfolgt mit Erdgas. Unter Berücksichtigung der anfallenden Verluste müssen ca. 47,3 GWh Energie eingesetzt werden. Bei dieser Auslegung der Anlagen ergibt sich im Falle des HHW eine jährliche Auslastung (Volllaststunden) von 6.700 h, der Gas-SLK ist rund 1.300 h/a in Betrieb. Demzufolge werden 27 GWh Wärme über Hackschnitzel und 20 GWh über Erdgas erzeugt.

Das Nahwärmenetz wird mit einer geschätzten Länge von 7.000 m ausgelegt, was bei 300 €/m zu Netzkosten von 2.100.000 € führt. **Abbildung 5-31** zeigt die Wirtschaftlichkeitsberechnung des Nahwärmenetzes im Neubaugebiet Brunecker Straße. Im 10. Jahr amortisieren sich die nötigen Investitionskosten. Die Kosten für die nötigen Übergabestationen sind hier nicht mit einberechnet, da eine Kostenübernahme durch den Kunden bzw. Wohnungskäufer vorausgesetzt wird.

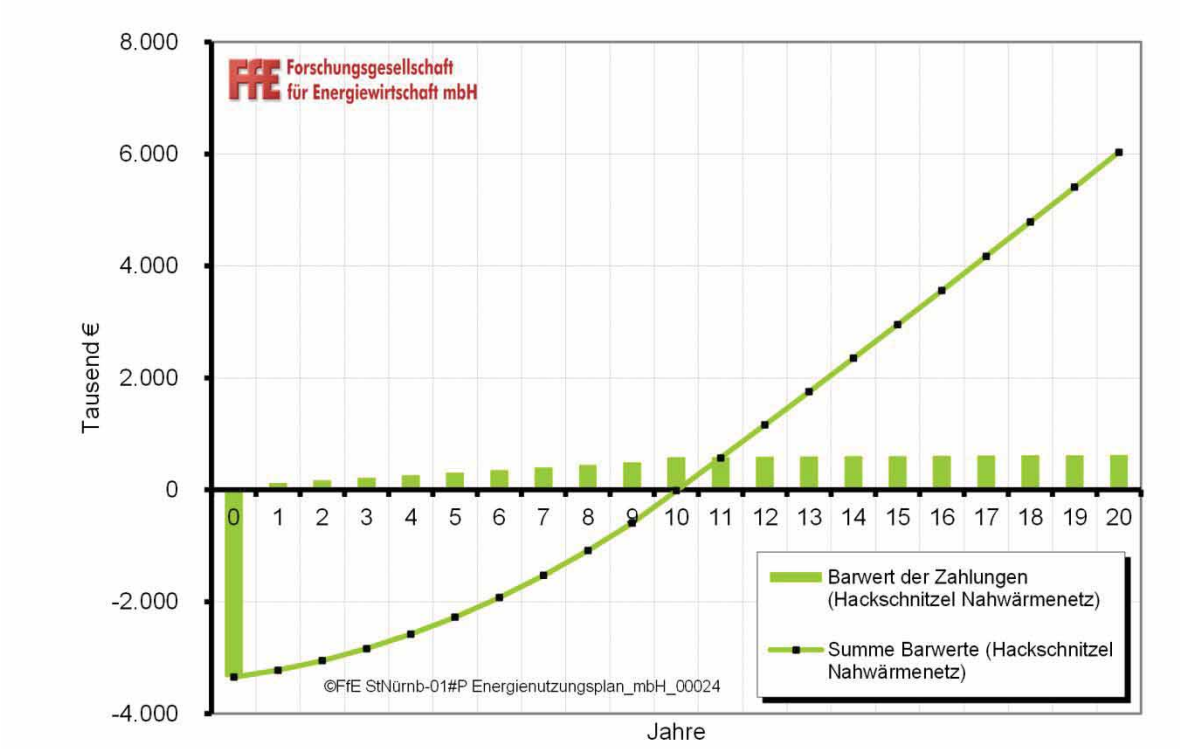


Abbildung 5-19: *Tiefes Feld - Wirtschaftlichkeit des Hackschnitzel-Nahwärmenetzes*

Fernwärme-Anschluss

Der Distrikt 410 liegt fast komplett im Versorgungsgebiet des Fernwärmenetzes der Stadt Nürnberg. Daher liegt es nahe auch das Neubaugebiet mit Fernwärme zu versorgen, da die nötige Infrastruktur bereits vorhanden ist. Dies wäre eine kostengünstige und ebenfalls leicht realisierbare Alternative zum Hackschnitzel-Nahwärmenetz (siehe auch Kapitel 5.4.7).

5.4.6 Distrikt 472 / 473 – Das Hafengebiet

Das Hafengebiet ist ausschließlich geprägt durch Betriebe aus dem GHD-Sektor und Industrieunternehmen. Der Hafen ist nicht an das Fernwärmenetz der Stadt Nürnberg angeschlossen. Die **Abbildung 5-20** und **Abbildung 5-21** zeigen den aktuellen Energieverbrauch der Distrikte 472 und 473. Der Verbrauchsschwerpunkt liegt beim Einsatz von elektrischer Energie. In Summe werden in diesem Gebiet jährlich ca. 60 GWh Strom verbraucht. Damit entfallen etwa 2 % des Nürnberger Stromverbrauchs auf den Hafen. An zweiter Stelle des Energieverbrauchs liegt Erdgas mit 52 GWh und Öl mit ca. 17 GWh. Nach der Bewertung mit den jeweiligen CO_2-Faktoren ergeben sich jährliche Emissionen von knapp 54.000 t CO_2 (1,6 % der Gesamtemissionen).

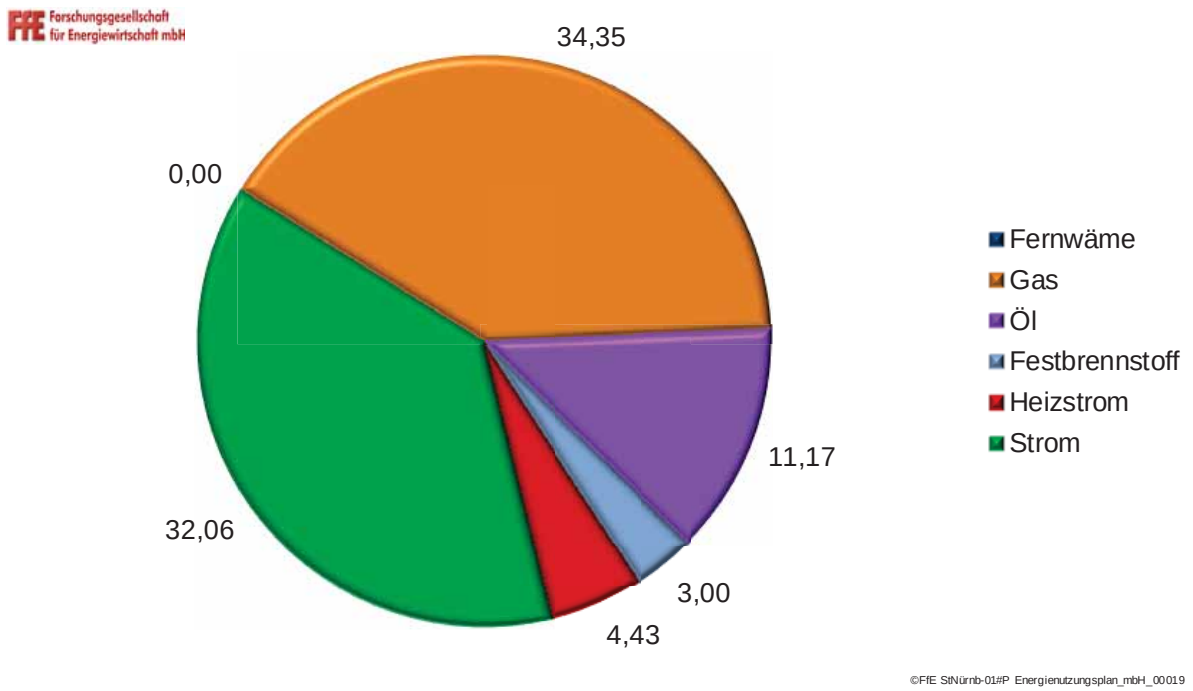


Abbildung 5-20: *Energieverbrauch in GWh GHD (2010)*

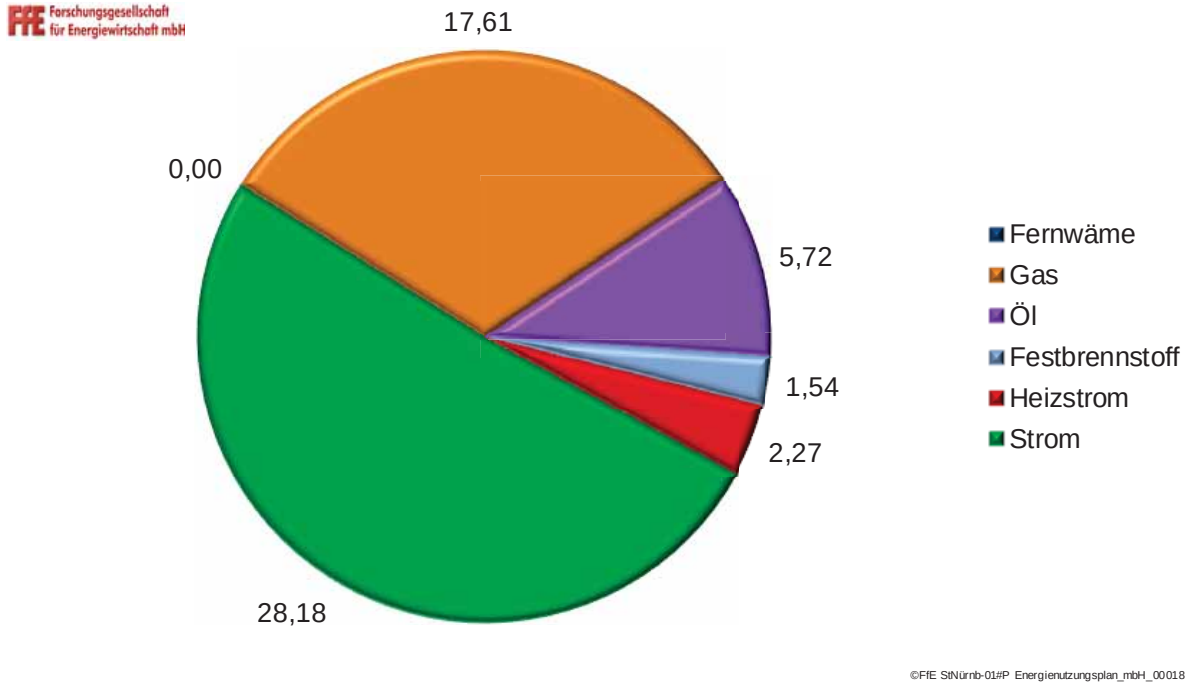


Abbildung 5-21: *Energieverbrauch in GWh Industrie (2010)*

Durch die Effizienzmaßnahmen im Sektor GHD können deutliche Einsparungen im Strom- und Wärmeverbrauch erzielt werden. Erreicht wird diese Reduktion durch eine konsequente energetische Verbesserung der Gebäudehülle und den Einsatz hocheffizienter Technologien (z.B. elektrische Antreibe, Beleuchtung, IT,….). Als Maßnahme dieses Potenzial zu heben wird vorgeschlagen, dass Effizienznetzwerke nach dem LEEN Standard / **LEEN-01 12**/ für die ansässigen Industrie- und Gewerbebetriebe zu initiieren. Über Lerneffekte und die fortwährende Betreuung der Unternehmen

können so Effizienzgewinne, die deutlich über dem Bundesdurchschnitt liegen, generiert werden. Im Sektor GHD führt das zu Einsparungen im Strom- und Wärmeverbrauch, bei der Industrie kann hierdurch zumindest der Ausgangszustand von 2010 gehalten werden (vgl. **Abbildung 5-22** und **Abbildung 5-23**).

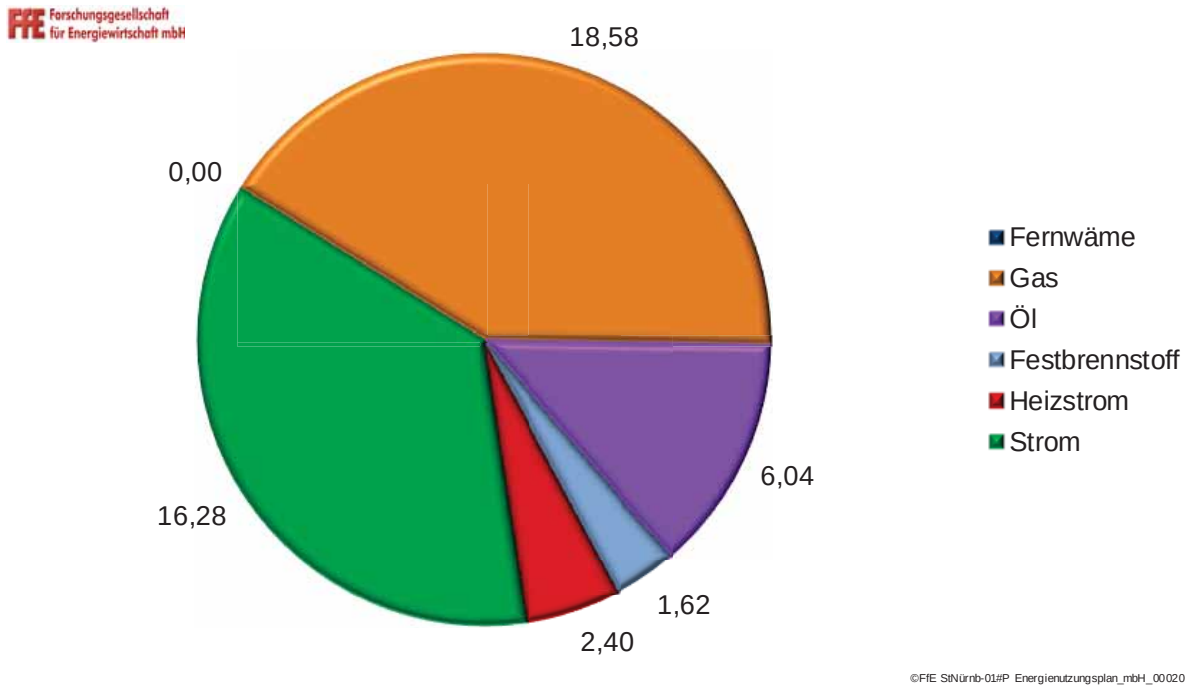


Abbildung 5-22: *Energieverbrauch in GWh GHD Szenario 3*

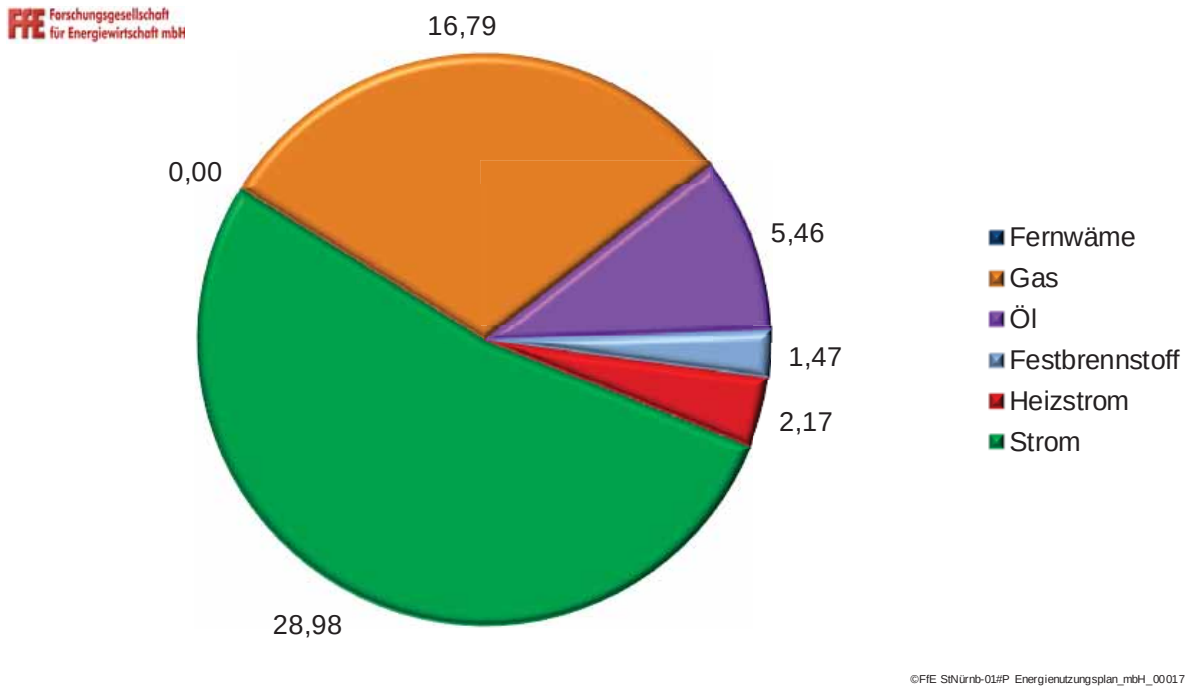


Abbildung 5-23: *Energieverbrauch in GWh Industrie Szenario 3*

Wärmedichte der Distrikte 472 und 473

Die nachfolgende **Abbildung 5-24** zeigt die Entwicklung der Wärmedichte im Distrikt 472 (Hafen West). Im Vergleich zu den innerstädtischen Wohngebieten sind die Werte

der Wärmedichte deutlich kleiner. Der Verbrauch einzelner Objekte liegt jedoch weit über denen der hochverdichteten Siedlungsstrukturen. Unter anderem ist aus diesem Grund die Installation eines Wärmenetzes nicht sinnvoll. Ein weiteres Ausschlusskriterium ist die unstetige Wärmeabnahme der Industrie- und Gewerbebetriebe. Das gleiche Bild ergibt sich für den Distrikt 473 (vgl. **Abbildung 5-25** Hafen Ost) Als Maßnahme zur CO_2-Reduktion wird das Potenzial zur regenerativen Stromerzeugung auf diesem Gebiet näher betrachtet.

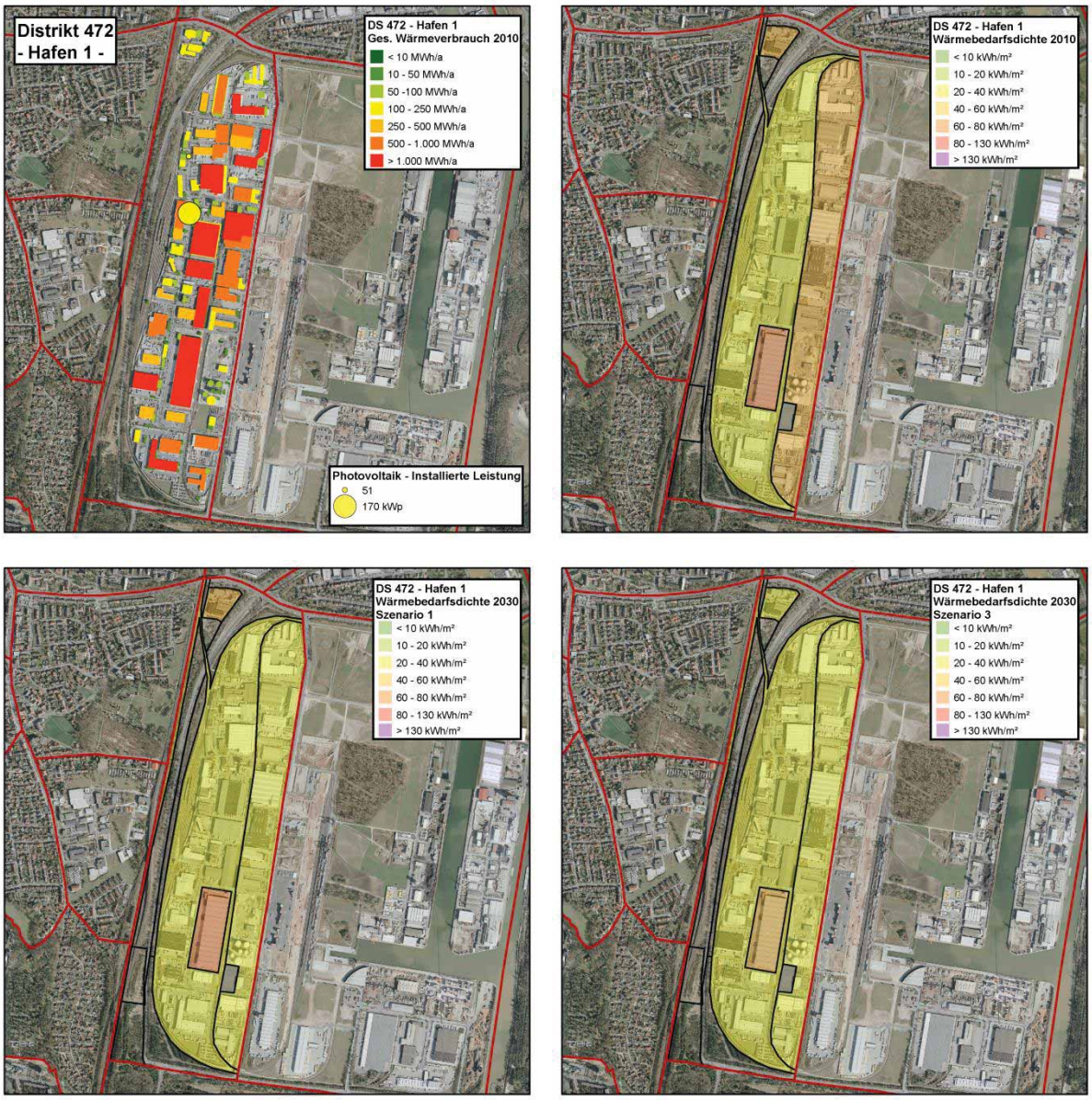


Abbildung 5-24: *DS 472 - Wärmeverbrauch und Wärmeverbrauchsdichte 2010 und 2030, eigene Darstellung nach /N-02 11/*

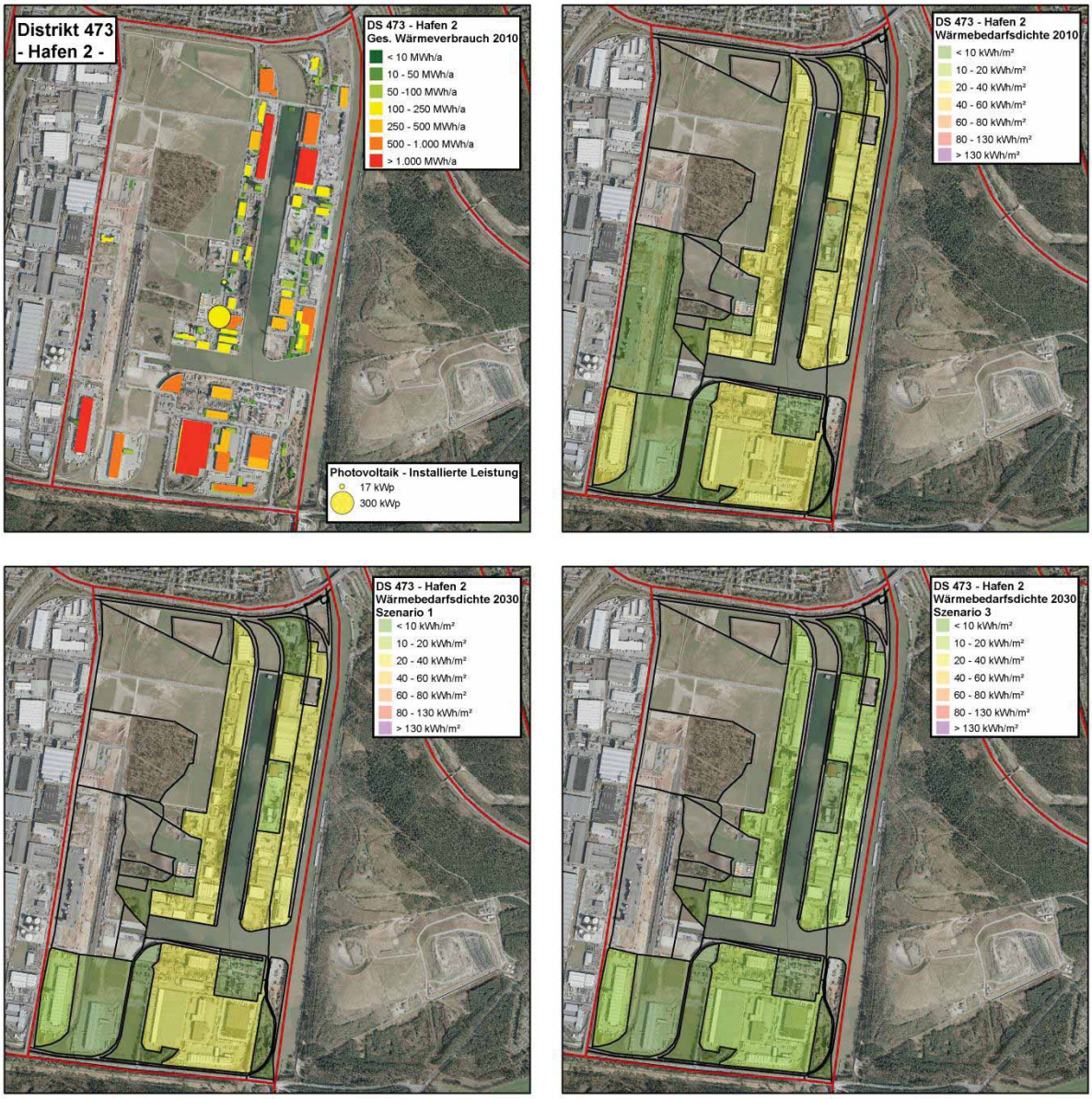


Abbildung 5-25: *DS 473 - Wärmeverbrauch und Wärmeverbrauchsdichte 2010 und 2030, eigene Darstellung nach /N-02 11/*

Photovoltaik-Potenzial

Im westlichen Hafengebiet befinden sich bisher zwei Photovoltaik-Anlagen, die nach EEG vergütet werden. Die Anlagen haben eine installierte Leistung von 51 bzw. 170 kWp.

Insgesamt ist eine Dachfläche von rund 310.000 m² vorhanden, es handelt sich dabei fast ausschließlich um Flachdächer. Wird diese Dachfläche um einen Faktor von 0,15 reduziert, um Dachaufbauten bzw. nicht nutzbare Dach-Teilflächen zu berücksichtigen, ergibt sich eine nutzbare Dachfläche von etwa 260.000 m². Unter Annahme eines kompletten Zubaus dieser Nutz-Dachfläche mit PV-Modulen, lässt sich somit ein Potenzial von 32,9 MWp berechnen. Abzüglich der beiden Bestandsanlagen bleiben 32,7 MWp Ausbaupotenzial. Bei einem geschätzten Anlagenertrag von 1.000 kWh/kWp ergibt sich daraus die Energiemenge von 32,7 GWh.

Auch im östlichen Hafengebiet befinden sich aktuell zwei Photovoltaik-Anlagen, die nach EEG vergütet werden. Diese beiden Anlagen weisen eine installierte Leistung von17 und 300 kWp auf.

Die vorhandene gesamte Dachfläche beträgt ca. 240.000 m², woraus sich, wie auch im Distrikt 472, auf eine nutzbare Dachfläche von rund 205.000 m² schließen lässt. Auch hier handelt es sich fast ausschließlich um Flachdächer. Unter Annahme eines kompletten Zubaus dieser Nutz-Dachfläche mit PV-Modulen und abzüglich der bestehenden Anlagen, lässt sich somit ein Potenzial von 25,3 MWp, bzw. 25,3 GWh Energieertrag berechnen.

In Summe ergibt sich in den Distrikten 472 und 473 ein Stromerzeugungspotenzial von 58 GWh. Die Erschließung dieser regenerativen Energie würde bereits heute nahezu 100 % des aktuellen jährlichen Stromverbrauchs entsprechen. Nicht berücksichtigt wurden statische Hindernisse, die eine Installation der Photovoltaikanlage auf dem Dach verhindern. Dadurch kann das Potenzial noch absinken. Es muss demnach darauf geachtet werden, dass bei der nächsten Dachsanierung die Konstruktion soweit verstärkt wird, dass die Aufbringung einer zusätzlichen Dachlast durch eine Photovoltaikanlage ermöglicht wird. Durch das Absinken des Stromverbrauchs bis zum Jahr 2030 auf 45 GWh kann im Hafengebiet sogar ein Überschuss an elektrischer Energie erwirtschaftet werden. Ob die Wirtschaftlichkeit dieser Anlagen gegeben ist, muss durch exakte Planungen und unter Berücksichtigung der aktuellen Gesetzeslage im Einzelfall berechnet werden. Das ausgewiesene Potenzial ist also als technisch umsetzbare Variante zu verstehen.

Nutzung oberflächennaher Geothermie

Durch die geologische Besonderheit der Urtalrinne im südlichen Hafengebiet ergeben sich günstige Voraussetzungen zur Nutzung von Grundwasserwärmepumpen. Der Einsatz von Grundwasser als Energiequelle für die Wärmepumpe hat gegenüber Luft oder Sohle den Vorteil, dass über das gesamte Jahr eine konstant hohe Temperatur von 9-12 °C zur Verfügung steht. Die Wärmepumpentechnologie hat unabhängig von der Energiequelle allerdings auch ihre Grenzen, die vor allem bei der Bereitstellung hoher Temperaturen schnell erreicht werden. Idealer Weise wird demnach die Wärmepumpe zur Raumheizung in gut wärmegedämmten Gebäude eingesetzt, da die notwendige Vorlauftemperatur dementsprechend niedrig ist. Im Gebiet des Hafens muss ein Einsatz sehr genau untersucht werden, da hier auch Abwärmepotenziale aus Produktionsprozessen, die vorrangig genutzt werden sollten, vorhanden sein können. Eine weitere Möglichkeit das Grundwasser zu nutzen, besteht in der Kühlung. Auch hier gilt es eine objektspezifische Untersuchung hinsichtlich Wirtschaftlichkeit durchzuführen, die über die Umsetzung des vorhandenen regenerativen Potenzials entscheidet.

5.4.7 Distrikt 602 – Neubaugebiet Tiefes Feld

Im Gebiet der Distrikte 631 (Kleinreuth b. Schweinau) und 602 (Großreuth b. Schweinau) ist das Neubaugebiet „Tiefes Feld“ geplant. In **Abbildung 5-26** sind die dafür ausgewiesenen Bereiche dargestellt. Der nördliche, kleinere Teil liegt im Distrikt 631, die zwei südlichen Teile im Distrikt 602.

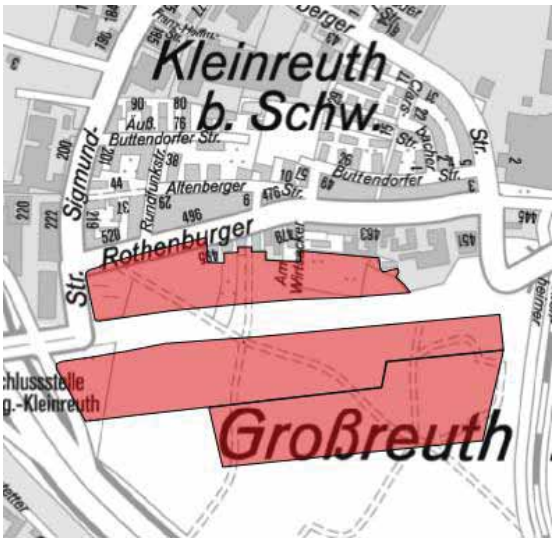


Abbildung 5-26: *Wohnbaufläche Tiefes Feld, /N-02 09/*

Bisher unterliegt das gesamte Gebiet einer landwirtschaftlichen Nutzung. Die Planung sieht vor, eine Fläche ca. 20 ha zu bebauen, wobei 2.500 bis 2.900 Wohneinheiten entstehen sollen. In erster Linie soll es sich um Geschosswohnungsbauten und Einfamilienhäuser handeln. Ein erster Bebauungsentwurf ist in **Abbildung 5-27** dargestellt:



Abbildung 5-27: *Bebauungsentwurf Tiefes Feld, /N 02 09/*

Hier wird ersichtlich, dass größtenteils Mehrfamilienhäuser mit mehreren Stockwerken gebaut werden sollen. Einfamilienhäuser spielen dagegen eine eher untergeordnete Rolle. Unter Berücksichtigung dieser Eigenschaften kann nun eine erste Abschätzung der zukünftig vorhandenen Wohnfläche erfolgen:

Dazu wird angenommen, dass nur etwa ein Drittel der 20-Hektar-Fläche tatsächlich mit Gebäuden bebaut wird. Die restliche Fläche wird u.a. für Straßen, Wege, Parkplätze und Grünflächen benötigt. Weiterhin gelten die Eigenschaften für die neueste Baualtersklasse, d.h. Neubauten ab dem Baujahr 2010, wie in Tabelle 3-3 dargestellt.

Auf Basis der Kennzahlen und der geplanten Struktur des Neubaugebietes (vgl. Abbildung 5-27), kann auf einen voraussichtlichen Wärmeverbrauch geschlossen werden. Es wird angenommen, dass bei 2.900 Wohneinheiten über 90 % der Gebäude unter die Kategorie der Mehrfamilienhäuser (MFH) fallen. Der Rest setzt sich aus Einfamilienhäusern (EFH) sowie Doppel- und Reihenhäusern (DH, RH) zusammen. Damit lässt sich ein Gesamtwärmeverbrauch von rund 16,8 GWh/a errechnen.

Hackschnitzel-Nahwärmenetz

Da das Tiefe Feld ein Neubaugebiet „auf der grünen Wiese“ darstellt, bietet sich die Chance, mit sehr günstigen Netzkosten eine nachhaltige Energieversorgung zu realisieren. Im Vergleich zu dicht bebauten Stadtvierteln sinken die Netzkosten pro Meter Leitung um etwa die Hälfte, da die Verlegung gleichzeitig mit der weiteren nötigen Infrastruktur (z.B. Telefonleitung, Stromleitung, Wasserleitung) erfolgen kann. Ein mögliches Nahwärmenetz ist damit vergleichsweise kostengünstig realisierbar. In **Abbildung 5-28** ist der Wärmeverbrauch und die Wärmeverbrauchsdichte der Distrikte 602 und 631 dargestellt. Das geplante Neubaugebiet Tiefes Feld ist hier noch nicht eingezeichnet. Nördlich des Tiefen Feldes grenzen Zellen mit hohen Wärmedichten an, hier ist zu überlegen, ob diese Gebäude mit in die Planung eines Nahwärmenetzes einbezogen werden können.

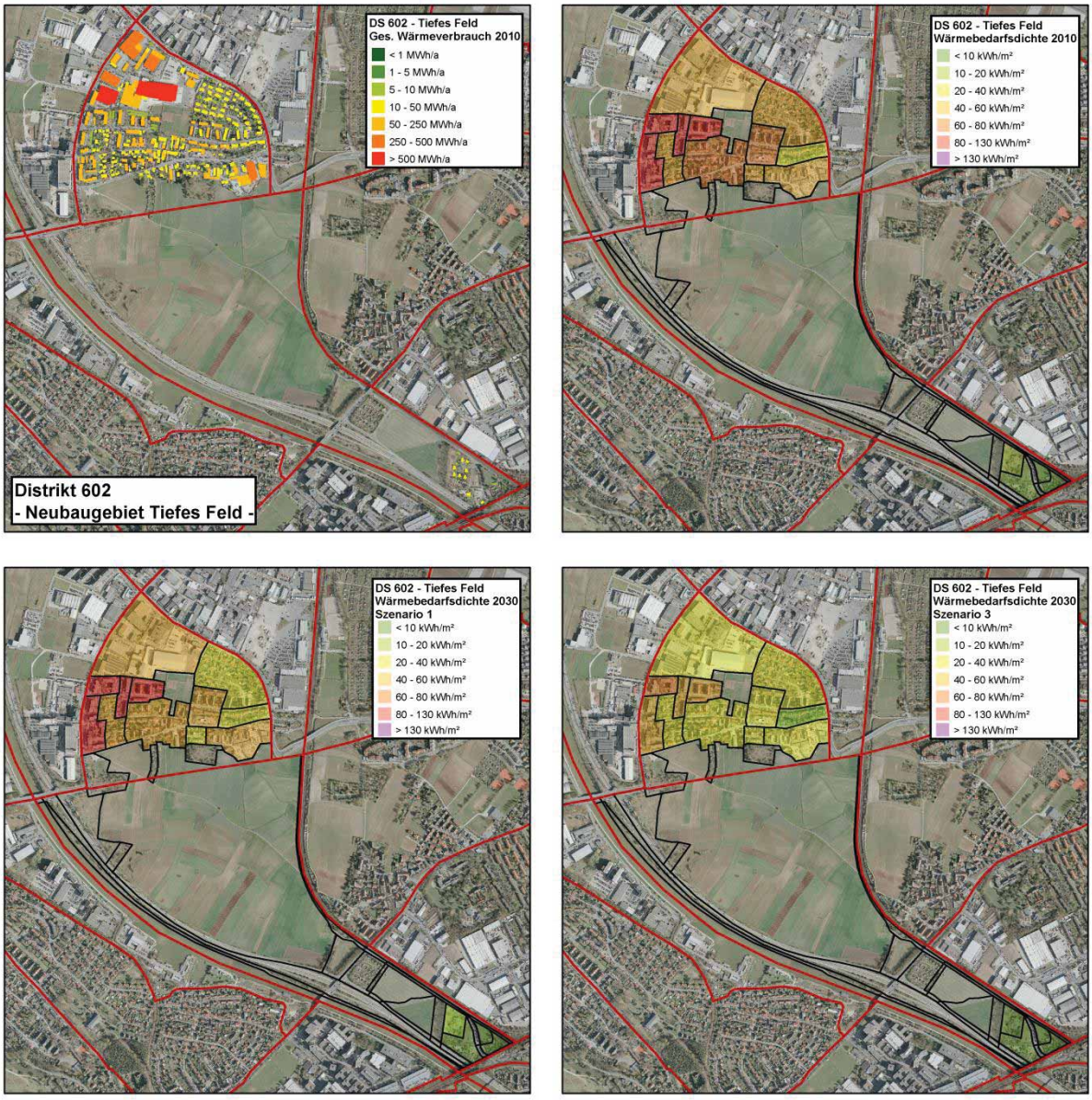


Abbildung 5-28: *DS 602 - Wärmeverbrauch und Wärmeverbrauchsdichte 2010 und 2030, eigene Darstellung nach /N-02 11/*

Aus den Gebäudetypen und deren Verbräuchen kann für das Neubaugebiet ein Wärmelastgang prognostiziert werden (vgl. **Abbildung 5-29**). Als erste Abschätzung wird die Grundlastanlage auf ca. 30 % der Maximalleistung ausgelegt. In diesem Fall entspricht dies 2,1 MW.

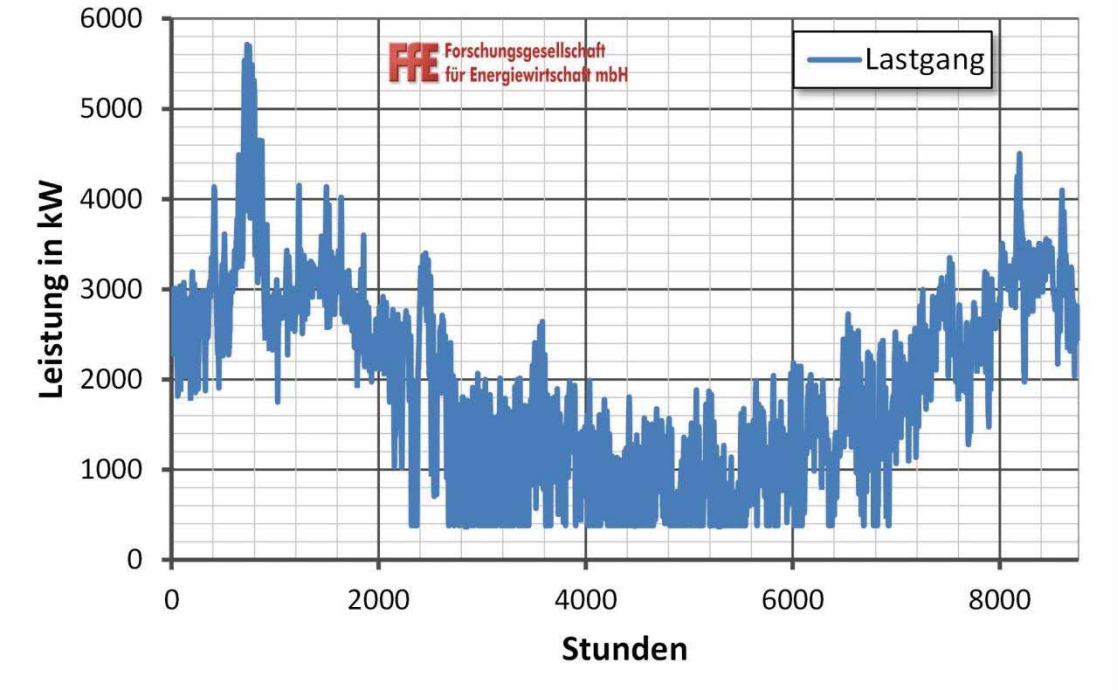


Abbildung 5-29: *Lastgang für das Neubaugebiet Tiefes Feld*

Der Spitzenlastkessel (SLK) zur Deckung der Maximalleistung und als Redundanz für die Grundlastanlage wird auf 7 MW ausgelegt, um die Erzeugungsverluste (ca. 10 %) und die Übertragungsverluste (ca. 10 %) ausgleichen zu können. Der Betrieb dieses Systems erfolgt mit Erdgas. Unter Berücksichtigung der anfallenden Verluste müssen ca. 18,5 GWh Energie eingesetzt werden. Bei dieser Auslegung der Anlagen ergibt sich im Falle des HHW eine jährliche Auslastung (Volllaststunden) von 6.000 h, der Gas-SLK ist 1.023 h/a in Betrieb. Demzufolge werden 11,3 GWh Wärme über Hackschnitzel und 7,2 GWh über Erdgas erzeugt.

Das Nahwärmenetz wird mit einer Länge von 2.500 m ausgelegt, was bei 300 €/m zu Netzkosten von 750.000 € führt. **Abbildung 5-30** zeigt eine mögliche Verlegung der Leitungstrasse. Ein denkbarer Standort der Wärmeerzeugungsanlagen ist als Punkt am östlichen Rand des Netzes markiert, hier steht ausreichend Platz zur Verfügung.



Abbildung 5-30: *Möglicher Verlauf eines Nahwärmenetzes*

In hellrot ist das Netz des Neubaugebietes eingezeichnet, in dunkelrot eine mögliche Erweiterung nach Norden zu den angrenzenden Zellen mit hoher bis mittlerer Wärmedichte (vgl. Abbildung 5-28). Die Netzerweiterung nach Norden macht von der Netzkostenseite einen relativ geringen Unterschied aus. Die Wirtschaftlichkeit des Hackschnitzelnahwärmenetzes verbessert sich dagegen aufgrund der Erhöhung der Wärmeabnahmemenge um rund 5 GWh.

Abbildung 5-31 zeigt die Wirtschaftlichkeitsberechnung des Nahwärmenetzes im Tiefen Feld (ohne die mögliche Nord-Erweiterung). Im 14. Jahr amortisieren sich die Investitionskosten. Die Kosten für die nötigen Übergabestationen sind hier nicht mit einberechnet, da eine Kostenübernahme durch den Kunden bzw. Wohnungskäufer vorausgesetzt wird.

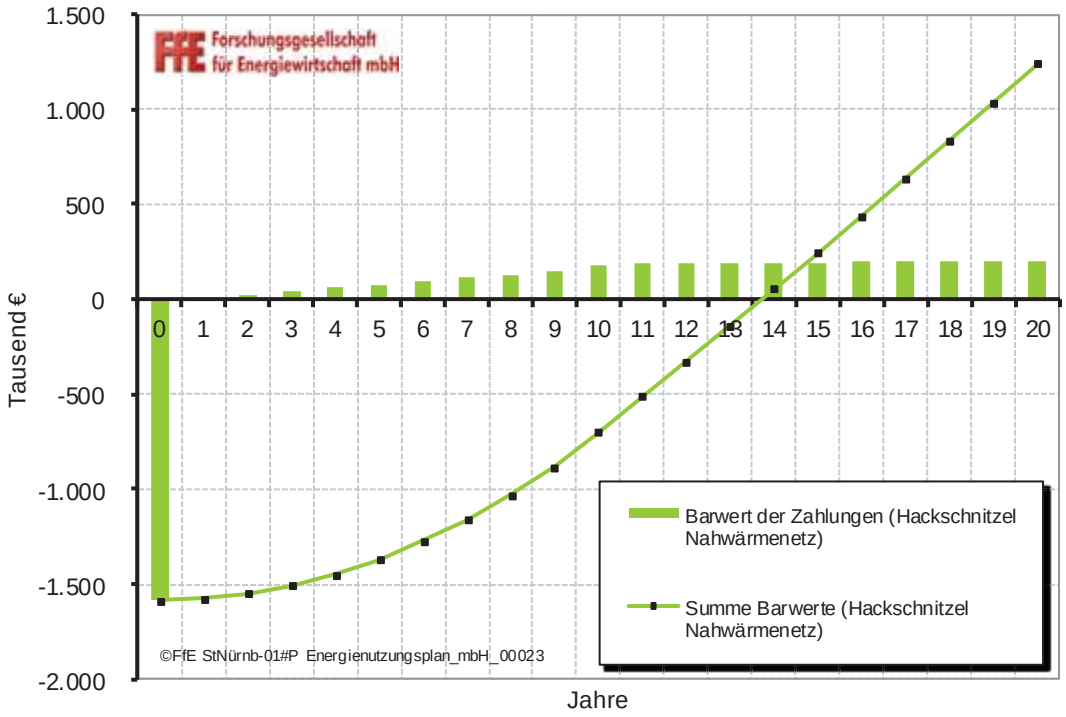


Abbildung 5-31: *Tiefes Feld - Wirtschaftlichkeit des Hackschnitzel-Nahwärmenetzes*

Fernwärme-Anschluss

Das vorhandene Fernwärmenetz der Stadt Nürnberg grenzt nicht unmittelbar an die Distrikte 631 und 602 an. Südwestlich der beiden Distrikte liegt zwar das mit Fernwärme versorgte Gebiet Gebersdorf, dies wird jedoch durch den Main-Donau-Kanal abgetrennt. Der östlich angrenzende Distrikt 601 hat bereits teilweise Fernwärmeversorgung. Hier ist zu überlegen, die Versorgung von dort aus bis zum Distrikt 602 auszuweiten, zumal auf dem Weg ein weiteres Neubaugebiet (Großreuth bei Schweinau, Nr. 940) mit 10 ha geplant ist.

Für die technische Ausweitung des Fernwärmenetzes wird folgender Vorschlag gemacht, der an dieser Stelle jedoch nicht im Detail untersucht werden kann:

Beim Ausbau des Fernwärmenetzes sollte, wenn möglich, der Rücklauf genutzt werden. Dies gelingt, wenn die Neubauten als Niedrigenergiehäuser geplant werden und somit eine geringere Vorlauftemperatur als bei normalen Häusern für Heizzwecke ausreicht. Dies hat den Vorteil, dass das Heizwerk genauso viel Energie wie bisher liefert, also keine zusätzliche Leistung erbringen muss, obwohl weitere Häuser angeschlossen werden. Ein weiterer Vorteil ist, dass der Rücklauf zum Heizwerk eine niedrigere Temperatur als bisher aufweisen würde. Somit kann eine bessere Kühlung und damit ein gesteigerter Wirkungsgrad erreicht werden.

5.4.8 Distrikt 833 – Reihenhaussiedlung

Ein charakteristisches Gebiet für den Siedlungstyp Reihenhaus ist im Distrikt 833 zu finden. Im Großteil des Distrikts liegen typische Reihenhäuser vor, die meist aus einem Reihenhausblock mit 4 bis 5 Einheiten bestehen. Im Süden befinden sich zwei Zellen, die große Zeilenbebauungen mit 4 bis 5 Stockwerken aufweisen (siehe **Abbildung 5-32**).

Aus der Verteilung der Wärmedichten innerhalb des Distrikts lässt sich ableiten, in welchen Bereichen welche Maßnahmen sinnvoll sind.



Abbildung 5-32: *DS 833 - Wärmeverbrauch und Wärmeverbrauchsdichte 2010 und 2030, eigene Darstellung nach /N-02 11/*

Hackschnitzel-Nahwärmenetz

Für die südwestlich im Distrikt gelegene Zelle, erkennbar an den drei großen Dreikant-Gebäuden, bietet sich eine Versorgung über ein Hackschnitzelheizwerk an. Hier liegen zum einen die größten Wärmeverbraucher des Distrikts, zum anderen ist von 2010 bis 2030 kontinuierlich eine hohe Wärmeverbrauchsdichte zu verzeichnen (vgl. Abbildung 5-32).

Aus den vorhandenen Gebäudetypen und deren Verbräuchen kann für das potenzielle Versorgungsgebiet ein Wärmelastgang berechnet werden (vgl. **Abbildung 5-33**). Als erste Abschätzung wird die Grundlastanlage auf ca. 30 % der Maximalleistung ausgelegt. In diesem Fall entspricht dies 1,6 MW. Unter Berücksichtigung der Verluste

bei der Erzeugung und Übertragung der Wärme (Netzverluste) wird die Leistung auf 1,9 MW erhöht.

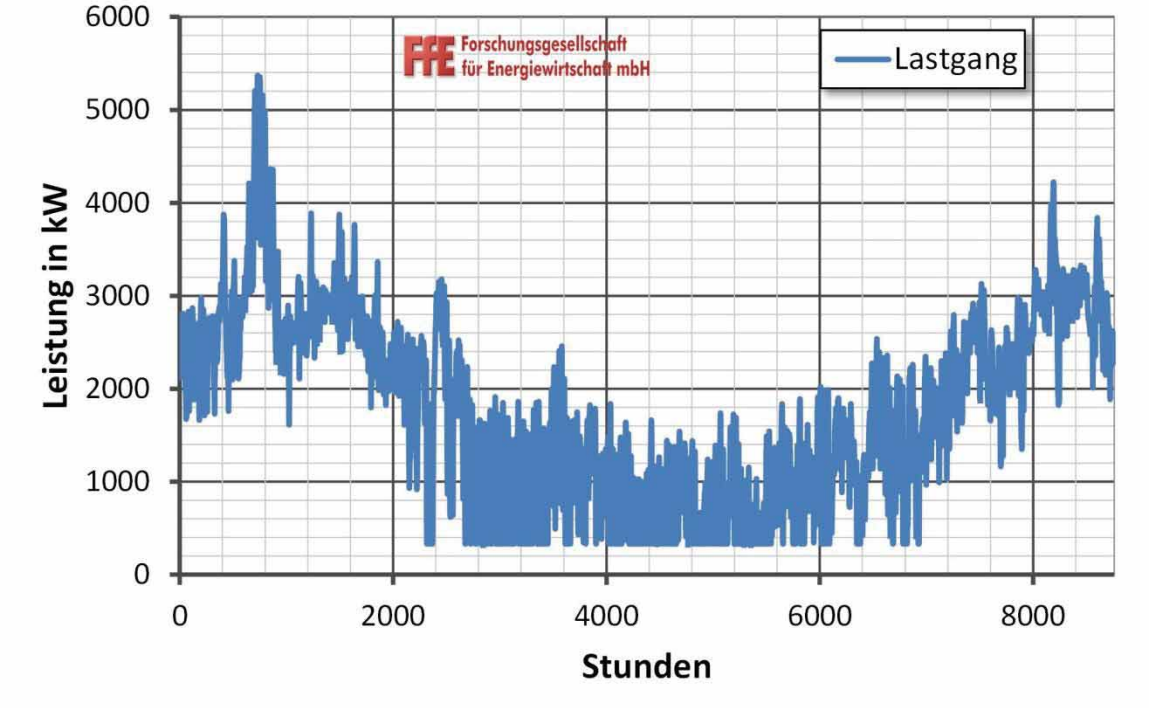


Abbildung 5-33: *Lastgang für das betrachtete Versorgungsgebiet im Distrikt 833*

Der Spitzenlastkessel (SLK) zur Deckung der Maximalleistung und als Redundanz für die Grundlastanlage wird auf 6,4 MW ausgelegt, um die Erzeugungsverluste (ca. 10 %) und die Übertragungsverluste (ca. 10 %) ausgleichen zu können. Der Betrieb dieses Systems erfolgt mit Erdgas. Unter Berücksichtigung der anfallenden Verluste müssen ca. 17,6 GWh Energie eingesetzt werden. Bei dieser Auslegung der Anlagen ergeben sich im Falle des HHW jährliche Volllaststunden von 6.000 h, der Gas-SLK ist ca. 1150 h/a in Betrieb. Demzufolge werden 10,3 GWh Wärme über Hackschnitzel und 7,3 GWh über Erdgas benötigt.

Das Nahwärmenetz wird mit einer Länge von 750 m ausgelegt. **Abbildung 5-34** zeigt eine mögliche Verlegung der Leitungstrasse. Nach Untersuchung der verschiedenen Möglichkeiten einer Netzverlegung und dessen Wirtschaftlichkeit ist es sinnvoll, eine Trasse von den Großverbrauchern zu den nördlich gelegenen, relativ dicht bebauten Reihenhäusern zu ziehen. Der Standort der Wärmeerzeugungsanlagen befindet sich in diesem Fall im Bereich der 3 Großzeilenbauten, entweder in deren Keller oder in einem angeschlossenen Heizhaus.



Abbildung 5-34: *DS 833 - Möglicher Verlauf des Nahwärmenetzes, eigene Darstellung nach /GOOGLE-01 11/*

Einzelmaßnahmen Gebäude Ziegelsteinstraße

Das Gebäude an der Ziegelsteinstraße, im Südosten des Distrikts 833 bildet eine eigene Zelle (siehe rot eingekreister Gebäudekomplex in Abbildung 5-34). Auch hier liegen ein großer Wärmeverbrauch und eine hoch bleibende Wärmedichte vor. Da sich das Gebäude relativ weit weg von den 3 Großzeilenbebauungen befindet, ist es nicht sinnvoll eine gemeinsame Maßnahme umzusetzen. Die entstehenden Netzkosten wären relativ hoch und zudem müssten die vorhandenen Grünflächen durchquert werden.

Zweckmäßig wären daher Einzelmaßnahmen für den Gebäudekomplex an der Ziegelsteinstraße. Es handelt sich dabei um eine Zeilenbebauung, die zwischen 3 und 5 Stockwerke aufweist. In den unteren Etagen befinden sich Gewerbe, wie z.B. ein Frisörsalon, ein Optiker und Arztpraxen. Im Großteil des Gebäudekomplexes liegt Wohnnutzung vor.

Als Maßnahme wird vorgeschlagen, das Gebäude grundlegend zu dämmen. Hier besteht ein hohes Potenzial Wärme einzusparen, da das Gebäude vermutlich etwa 40-45 Jahr alt ist und daher einen hohen Verbrauch aufgrund veralteter Dämmstandards aufweist.

Nach einer ersten Abschätzung liegt eine Fassadenfläche von etwa 4.500 m² vor, wobei die Fenster- und Türflächen bereits abgezogen sind. Bei Annahme eines Pauschalpreises für Außendämmung von 80 €/m² für 180 mm Dämmdicke, ergeben sich Gesamtkosten von 360.000 € (vgl. **Tabelle 5-3**). Die Dämmung des vorhandenen Flachdaches kann beispielsweise über Einblas-Dämmstoffe, wie Zellulose, erfolgen. Die spezifischen Kosten pro m² liegen hier bei etwa 25 €. Bei einer vorhandenen Dachfläche von ca. 1.800 m², wären dies zusätzlich 45.000 €. Des Weiteren wird eine Fensterfläche von insgesamt

700 m² angenommen. Die Fenster und Türen werden komplett erneuert und durch Kunststofffenster mit 3-Scheiben-Verglasung (U-Wert = 0,7 W/m²K) ersetzt. Bei einem Preis von 470 €/m²-Fenster und 750 €/m²-Tür ergeben sich Kosten von ca. 350.000 €. /BKI-02 06/

Tabelle 5-3: *Kosten für Dämm-Maßnahmen, eigene Berechnungen nach /BKI-02 06/*

Dämm-Maßnahme	Kosten
Außenwanddämmung	360.000 €
Austausch von Fenstern und Türen	350.000 €
Flachdach-Dämmung	45.000 €
Gesamtkosten	**755.000 €**

Auf Basis der Kosten-Schätzung der Dämm-Maßnahmen, wird nun die Wirtschaftlichkeit untersucht:

Im Gebäude Ziegelsteinstraße liegt ein Wärmeverbrauch von rund 1,15 GWh/a vor. Um Leitungs- und andere Verluste auszugleichen wird mit einem um 20 % erhöhten Energieträgerbezug (1,38 GWh/a) weitergerechnet. Der Berechnungszeitraum beträgt 30 Jahre. Der Gaspreis wird hier mit 0,0557 €/kWh angesetzt, wobei eine Preissteigerung von 4 % pro Jahr angenommen wird. Daraus ergeben sich Energiekosten für den Gaskessel von 96.600 € im ersten Jahr.

Aus den genannten Angaben ergibt sich **Abbildung 5-35**. In hellgrün sind die nötigen Zahlungen bei einer wie oben erläuterten Dämmung erkennbar. Als Anfangsinvestitionen sind die 755.000 € aufgetragen. Orange eingezeichnet sind zum Vergleich die Kosten eines dezentralen Gaskessels. Wie aus der Abbildung ersichtlich schneiden sich die Linien im 30. Jahr, ab diesem Zeitpunkt ist die Variante Dämmung wirtschaftlich im Vorteil. Da Dämmungen in der Regel in einem Zyklus von 40 Jahren durchgeführt werden, lohnt sich die Investition.

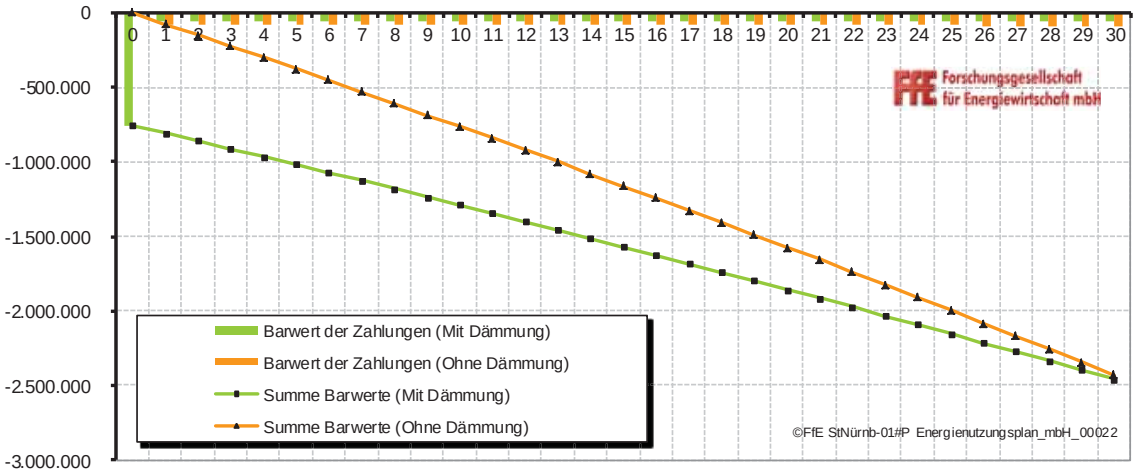


Abbildung 5-35: *Wirtschaftlichkeit Dämmung Ziegelsteinstraße*

Wird die Berechnung auf einen Ölkessel und den Ölpreis bezogen, der derzeit bei etwa 0,09 €/kWh liegt, wird die Dämm-Maßnahme sogar bereits ab dem 20. Jahr wirtschaftlich. Die Preissteigerung ist mit 4 % im historischen Vergleich eher moderat angesetzt. Im Falle eines stärkeren Preisanstiegs entsteht ein verstärkter positiver Effekt für die Wirtschaftlichkeit der Variante Dämmung.

Fernwärme-Anschluss

Der Distrikt 833 liegt in unmittelbarer Nachbarschaft zum Fernwärme-Versorgungsgebiet der Stadt Nürnberg. Daher sollte als weitere Maßnahme in Betracht gezogen werden, die Fernwärmeversorgung auf den gesamten Distrikt 833 oder zumindest auf dessen Großverbraucher im Süden zu erweitern. Diese Option stellt ein Alternativkonzept zum Nahwärmenetz dar, die Dämm-Maßnahmen bleiben davon unberührt.

6 Zusammenfassung

Die Wärmeversorgung in Nürnberg setzt sich aktuell aus einem Mix bestehend aus Fernwärme, Gas, Heizöl und Kohle zusammen. Des Weiteren werden in begrenztem Umfang regenerative Energieträger zur Energieerzeugung eingesetzt. Der Stromverbrauch wird zum Teil über das Heizkraftwerk Sandreuth und regenerative Anlagen (Photovoltaik, Grubengas) gedeckt. Der Hauptanteil wird über das Stromnetz aus dem deutschen Kraftwerkpark bezogen. Im Hinblick auf die Klimaschutzziele der Stadt Nürnberg zeigt der erstellte und im Folgenden beschriebene Energienutzungsplan (ENP) mögliche Wege zu einer nachhaltigen Energieversorgung auf.

Erstes Ziel einer zukunftsfähigen Energiestrategie ist den aktuellen Energieverbrauch, soweit aus ökonomischer Sicht sinnvoll, zu senken. Die Reduktion beinhaltet neben den Einsparungen durch ein verbessertes Nutzverhalten auch die Steigerung der Effizienz in der Erzeugung und Verteilung der Energie. Die wichtigste Säule wird dabei die energetische Sanierung der Gebäudehülle sein.

Erster Schritt in der Erstellung des ENP ist die detaillierte Erfassung der aktuellen Energieverbräuche. Nürnberg wird zu diesem Zweck in die 316 Distrikte aufgeteilt. Über die Wohn- und Nutzflächen der verschiedenen Baualtersklassen / **N-03 11/** werden die Wärme- und Stromverbräuche je Distrikt ermittelt. Basis bilden spezifische Verbrauchswerte je m² Fläche, die aus vorhandenen Studien entnommen werden konnten.

Als Ergebnis dieser Analyse ist in **Abbildung 6-1** der Energieverbrauch auf Distriktebene dargestellt.

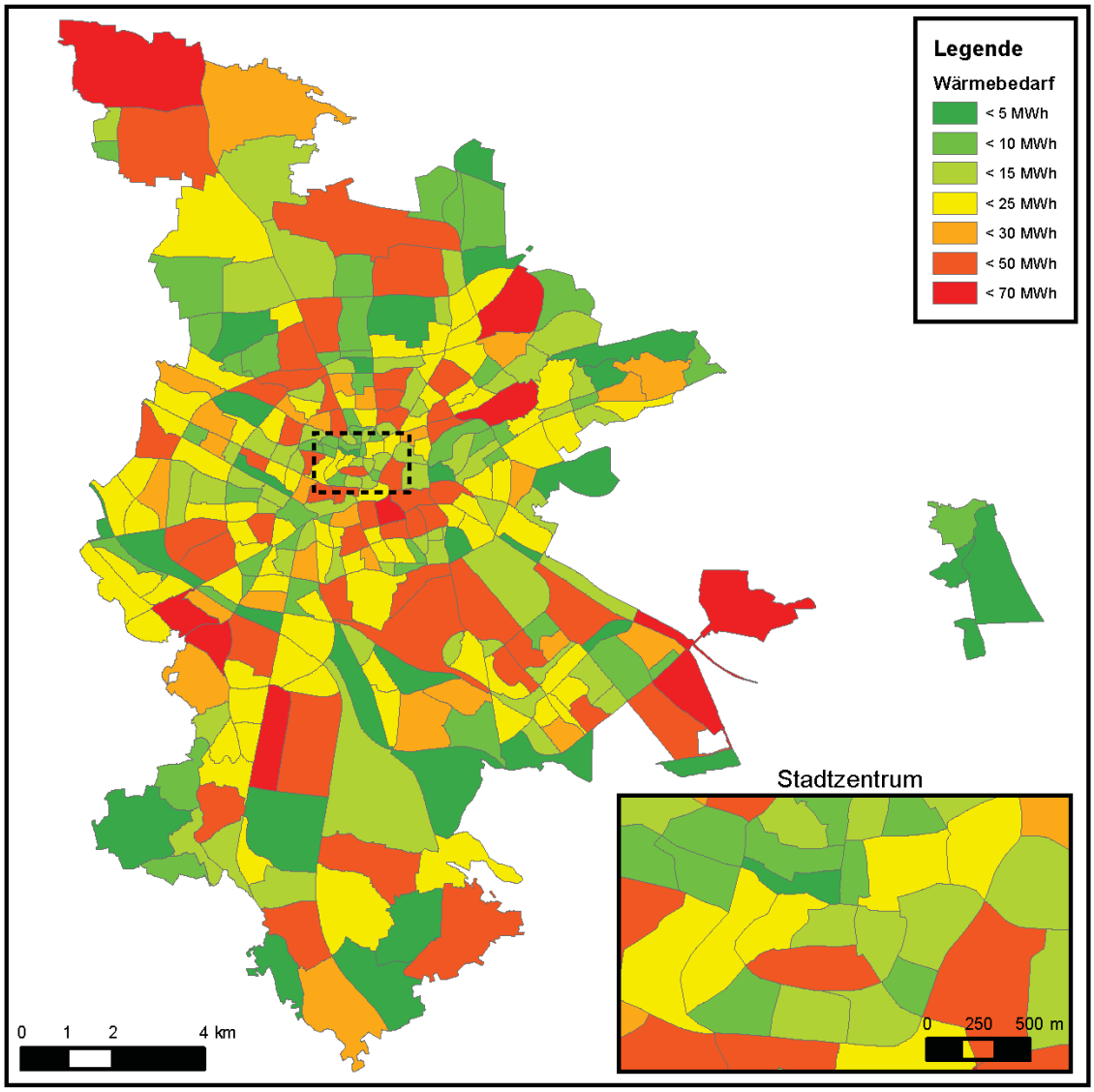


Abbildung 6-1: *Raumwärme- und Warmwasserverbrauch je Distrikt*

Da auf Basis dieser Berechnung keine detaillierten Maßnahmen für eine effiziente Energienutzung abgeleitet werden können, wird eine Verschneidung der Distrikte mit den Angaben zur Flächennutzung (Flächennutzungsplan (FNP), Flächennutzungstypenkataster (FNTK)) durchgeführt. Dabei erfolgt für die verschiedenen Siedlungsstrukturen eine prozentuale Aufteilung der bekannten Wohnflächen von Einfamilien- und Mehrfamilienhäusern. Durch diese Maßnahme – es entstehen mehrere tausend einzelne Zellen – können die Energiedichten der Wohnbebauung hoch aufgelöst dargestellt werden und innerhalb der Distriktgrenzen wird der Unterschied zwischen Gewerbe- und Wohngebieten deutlich. Die Baualtersklassen werden bei der Verteilung der Wohnflächen nicht weiter berücksichtigt. Es wird davon ausgegangen, dass eine gleichmäßige Verteilung über die Siedlungsstrukturen vorliegt.

In **Abbildung 6-2** ist der Wärmeverbrauch im Nürnberger Stadtgebiet je Gebäudegrundfläche auf Gebäudeebene dargestellt.

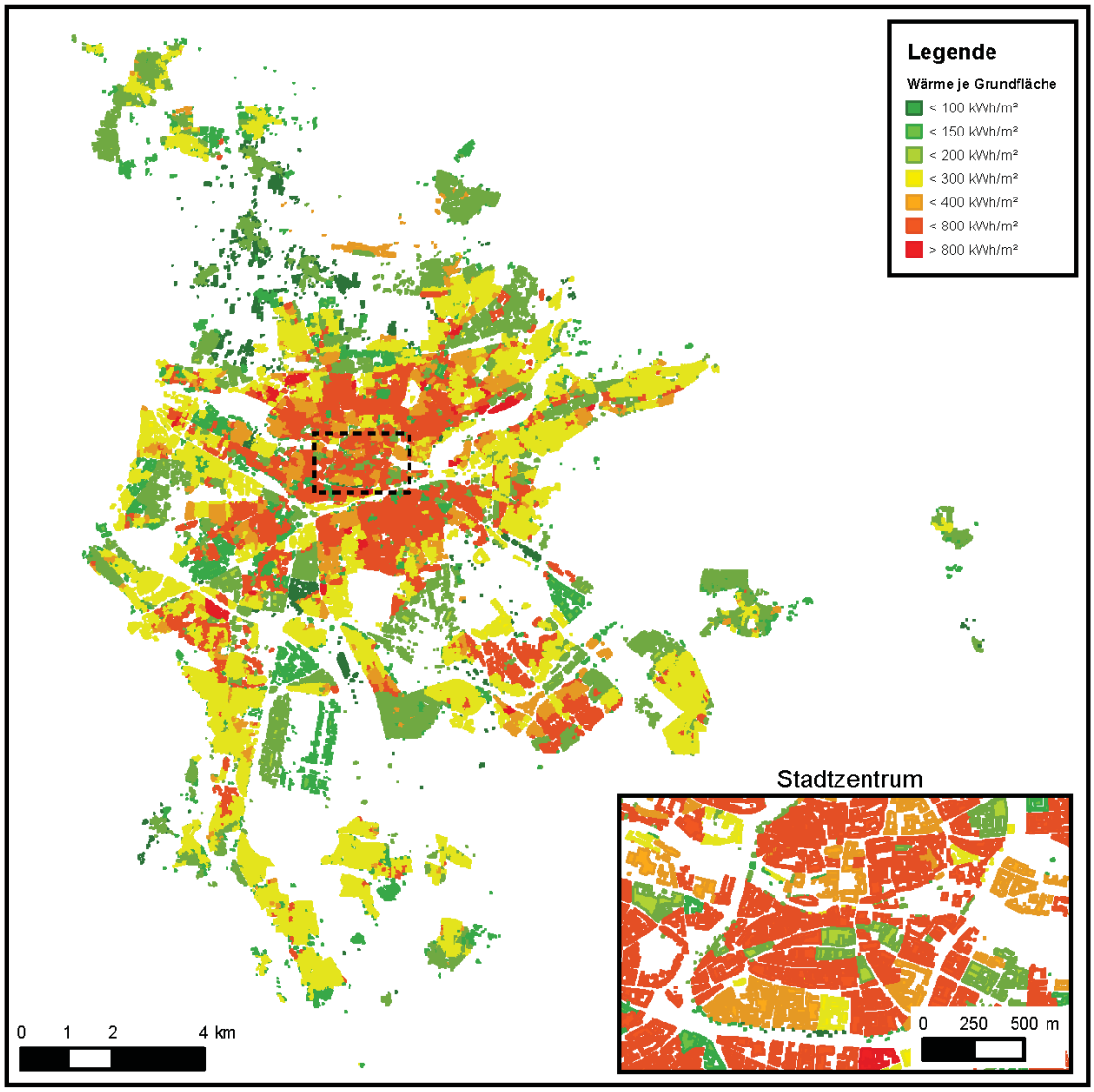


Abbildung 6-2: *Wärmeverbrauch je Gebäudegrundfläche*

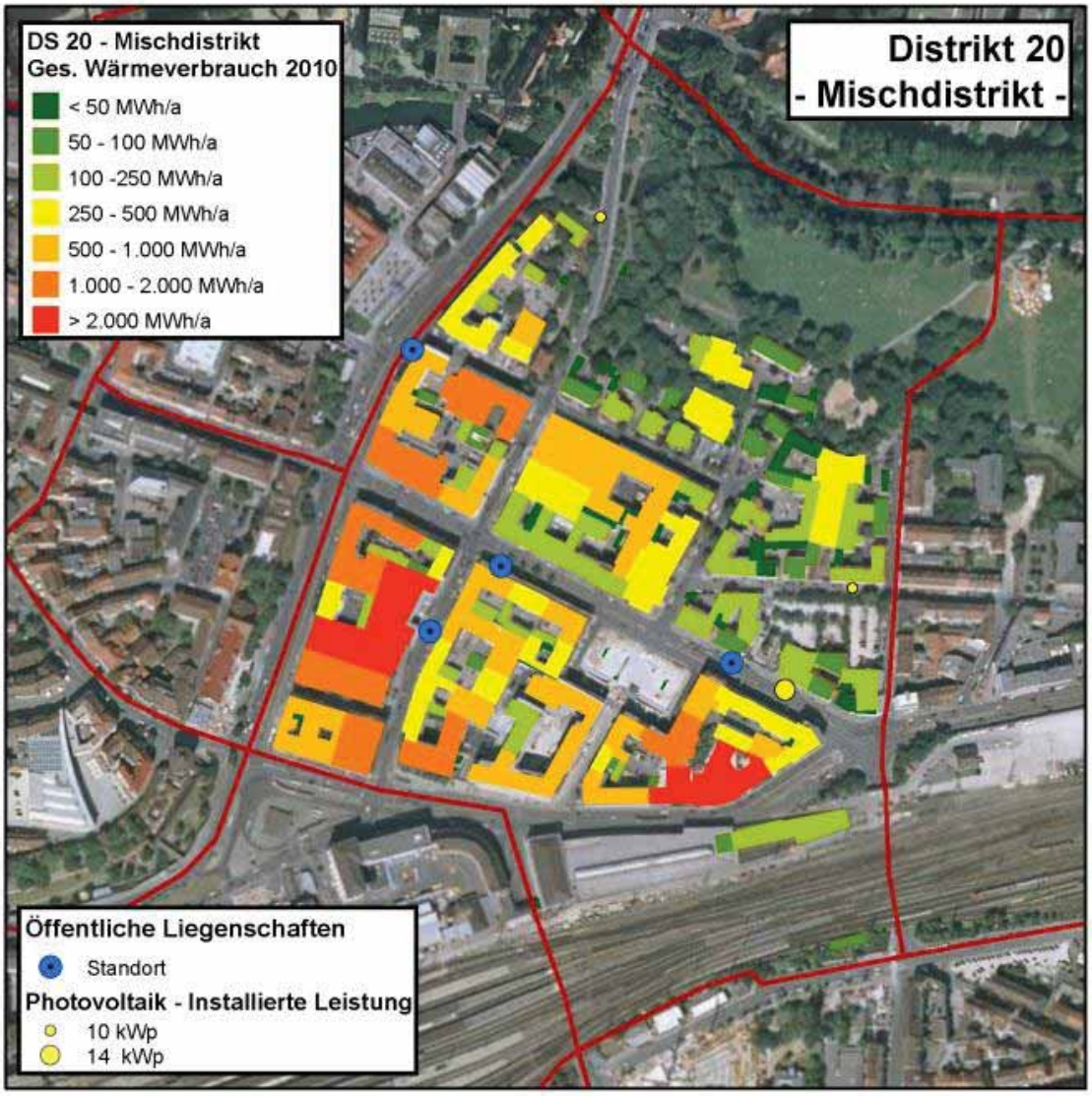


Abbildung 6-3: *Wärmeverbrauch je Gebäude auf Distriktebene*

Ein Zoom auf einen Distrikt liefert das Ergebnis aus **Abbildung 6-3**. Es ist zu erkennen, dass durch die Verschneidung von statistischen Daten auf Distriktebene und FNTK der Wärmeverbrauch in einer hohen räumlichen Auflösung modelliert werden kann. Aufbauend auf den Ergebnissen aus der IST-Zustandsanalyse können die Potenziale zur Energieeinsparung und regenerativen Erzeugung erhoben werden. Im Fall der energetischen Gebäudesanierung wird für jeden einzelnen Zellentyp ein energetischer Sanierungserfolg, bestehend aus Sanierungsquote und EnEV-Vorgaben bestimmt. Das folgende Beispiel steht stellvertretend für die betrachteten Sanierungsszenarien (vgl. **Tabelle 6-1**).

Tabelle 6-1: *Übersicht über die drei Szenarien*

		Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Haushalte	Wärme	1 % Sanierungsrate EnEV09 Sanierung + 30 %	2,5 % Sanierungsrate EnEV09 Sanierung	2,5 % Sanierungsrate EnEV09 Neubaustandard
	Strom	Verbrauch wie 2010	Verbrauch wie 2010	Verbrauch wie 2010
GHD	Wärme	Wie Haushalte	Wie Haushalte	Wie Haushalte
	Strom	Fortschreibung nach FFE-25 09	Fortschreibung nach FFE-25 09	Fortschreibung nach FFE-25 09
Industrie	Wärme	Fortschreibung nach FFE-25 09	Fortschreibung nach FFE-25 09	Fortschreibung nach FFE-25 09
	Strom	Fortschreibung nach FFE-25 09	Fortschreibung nach FFE-25 09	Fortschreibung nach FFE-25 09

Ausgewählt wird das Szenario mit dem höchsten Dämmstandard und der größten Sanierungsquote in dem Wärmeeinsparungen bis zum Jahr 2030 von ca. 60 % realisiert werden können. Nur durch die Vorgabe dieser sehr anspruchsvollen Sanierungstätigkeit können die notwendigen Energieeinsparungen realisiert und die gesteckten Ziele zur CO_2-Einsparung von 80 % bis zum Jahr 2050 umgesetzt werden. Als erste und zugleich wichtigste Maßnahme steht demnach die Förderung der Sanierungstätigkeit und die Kontrolle der durchgeführten energetischen Verbesserungen an der Gebäudehülle.

Die jährliche Sanierungsquote wird in diesem Szenario zu 2,5 % festgelegt. Die Sanierungsvorgaben für Ein- und Mehrfamilienhäuser (EFH/ MFH) aus der EnEV können **Tabelle 6-2** entnommen werden.

Tabelle 6-2: *Spezifischer Wärmeverbrauch Szenario 3 EFH / MFH*

	spezifischer Wärmeverbrauch EFH nach Sanierung in kWh/m²*a	spezifischer Wärmeverbrauch MFH nach Sanierung in kWh/m²*a
Bis 2012	60	50
2012-2015	40	30
2015-2018	25	15
2018-2021	15	12
ab 2021	15	12

Die für dieses Szenario gewählten Rahmenbedingungen führen dazu, dass der durchschnittliche spezifische Wärmeverbrauch der EFH auf eine Wert von 72 kWh/(m²*a) abgesenkt werden kann. Die Gebäude der BA 6 (1981 – 1985) weisen im Jahr 2030 durchschnittlich nur noch 49 kWh/(m²*a) auf (vgl. **Abbildung 6-4**). Die Reduktion liegt demnach bei ca. 60 %.

Baualtersklasse	Zeitraum	Startjahr	2010	2015	2020	2025	2030
1	bis 1900	1900	205	201	196	192	188
2	1901-1945	1945	210	184	154	121	87
3	1946-1960	1965	210	178	146	116	86
4	1961-1970	1970	195	164	130	100	72
5	1971-1980	1980	180	152	118	84	53
6	1981-1985	1985	165	141	111	80	49
7	1986-1995	1995	130	123	108	85	61
8	1996-2000	2000	105	103	96	84	66
9	2001-2005	2005	80	79	77	72	63
10	2006 - heute	2010	70	69	68	66	62
		Gesamtwert	178	153	126	98	72

Abbildung 6-4: *Entwicklung des spezifischen Heizenergieverbrauchs im EFH in kWh/(m²*a)*

Bei den MFH wird ein Rückgang von 56 % erreicht. Der Durchschnitt der Gebäude in BA 6 weist mit 35 kWh/(m²*a) den niedrigsten spezifischen Verbrauchswert auf. Durch die Maßnahme einer konsequenten energetischen Sanierung der Gebäudehülle kann im Sektor Haushalte und Gewerbe Handel und Dienstleistung der Raumwärme um ca. 60 % reduziert werden.

Der Wärmeverbrauch in der Industrie wurde über den Versand von Fragbögen erhoben. Durch Auswertung des Rücklaufes konnten wertvolle Erkenntnisse zum Energieverbrauch in diesem Sektor gewonnen werden. Die Fortschreibung des Wärmeverbrauchs auf Basis der Studie „Energiezukunft 2050, Teil II – Szenarien“ /**FFE-25 09/** führt zu dem Ergebnis, dass die Effizienzsteigerung durch eine Ausweitung der Produktion kompensiert wird und der Verbrauch im besten Fall (Szenario 3) nahezu konstant bleibt. Begründet liegt dies in dem sehr hohen Anteil an Prozesswärme. Hier können tatsächliche Einsparungen nur durch erhebliche Eingriffe in die Prozessabläufe realisiert werden. Durch den damit verbundenen Produktionsausfall und die zum Teil hohen Investitionen, stehen die erzielbaren Einsparungen in keinem Verhältnis zu einem wirtschaftlichen Betrieb. Gesetzliche Verpflichtungen zur Einhaltung der politischen Einsparziele würden zu einer sinkenden Wettbewerbsfähigkeit der Industriebetriebe mit allen damit verbundenen negativen Auswirkungen führen.

Die Entwicklung des Stromverbrauchs im Sektor Haushalte wird aller Voraussicht nach konstant bleiben. Durch die Vielzahl an neuen Geräten im Bereich Information und Kommunikation sowie deren Vergrößerung (z.B. Fernsehgeräte) wird sich trotz einer deutlichen Effizienzsteigerung keine Reduktion des Stromverbrauchs ergeben. Im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) können hingegen vor allem durch ein optimiertes Nutzerverhalten und durch den Einsatz stromsparender Technologien Einsparungen erzielt werden. Diese Einsparungen liegen im Szenario 3 bei ca. 400 GWh, bzw. 40 %. Im Industriesektor werden obwohl spezifisch ein deutlicher Anstieg der Energieeffizienz zu erwarten ist, aufgrund der Ausweitung der Produktion keine Stromeinsparungen realisierbar sein. Es gilt analog die Aussage zur Entwicklung des Wärmeverbrauchs..

Als Maßnahme für GHD und Industrie ist hier die Etablierung von lernenden Energieeffizienznetzwerken zu nennen. Die Teilnahme an diesem

Branchenübergreifenden Erfahrungsaustausch sollte über finanzielle Anreize gefördert werden.

Neben dem Potenzial zur Verbrauchsreduktion führt ein Ausbau der regenerativen Energieträger zu einer Substitution fossiler Energien. Einen wesentlichen Beitrag zu einer nachhaltigen Versorgung kann die Photovoltaik leisten.

Da der Raum Nürnberg größtenteils aus Wohn- und Gewerbegebieten besteht, ergibt sich ein großes Dachflächen-Potenzial, welches für PV-Anlagen genutzt werden kann.

In **Abbildung 6-5** wird deutlich, wie der Bestand an PV-Anlagen in Nürnberg aussieht und welches Potenzial noch vorhanden ist. Bis zum Jahr 2010 wurden in Nürnberg 20,3 MW an PV-Leistung installiert. 2011 konnte zunächst von einem Zubau von etwa 3,5 MW ausgegangen werden. Aufgrund des unerwartet starken Zubaus, ist jedoch inzwischen davon auszugehen, dass insgesamt ein Wert von 30 MWp erreicht wird /BNETZA-01 12/. Auf Basis der in Nürnberg existierenden nutzbaren Dachfläche von ca. 8 Mio. m² kann ein entsprechendes Leistungs-Potenzial ermittelt werden (siehe auch Kapitel 4.4.1.1). Unter der Annahme, dass auf den vorhandenen Dachflächen ausschließlich PV, also keinerlei Solarthermie, ausgebaut wird, ergibt sich ein Potenzial von rund 716 MWp installierbare Leistung. /FFE-04 12//FFE-22 10/ Dieser Wert ist die Summe aus den Potenzialen der Wohngebäude und der restlichen Gebäude abzüglich der bereits installierten 30 MWp.

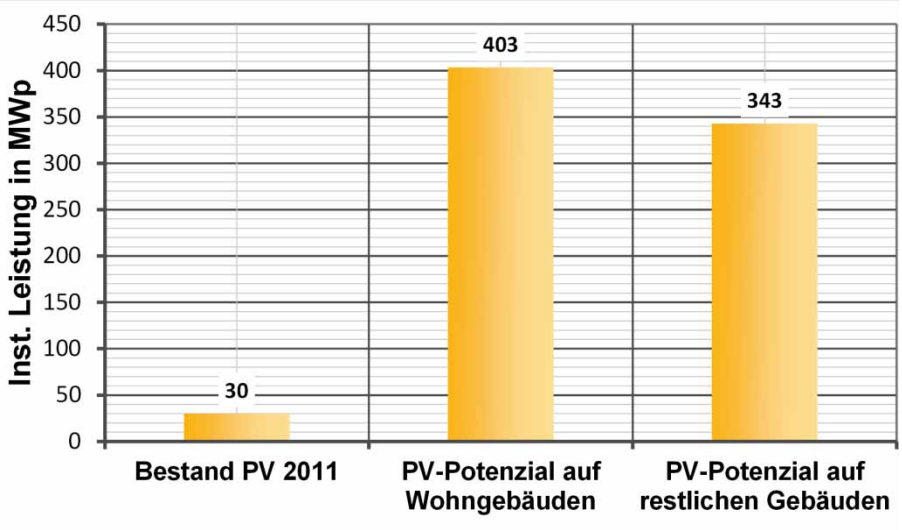


Abbildung 6-5: *Photovoltaik - Bestand und Zubau-Potenzial in Nürnberg*

Die Windkraft spielt in Nürnberg auf Grund der limitierten Flächenpotenziale keine Rolle in der regenerativen Stromerzeugung.

Die Erzeugungspotenziale zur regenerativen Wärmeerzeugung sind ebenfalls stark begrenzt. Nur der Ausbau der Solarthermie kann einen nennenswerten Beitrag zur zukünftigen Wärmeversorgung leisten. Die Potenziale sind in **Abbildung 6-6** zusammengefasst.

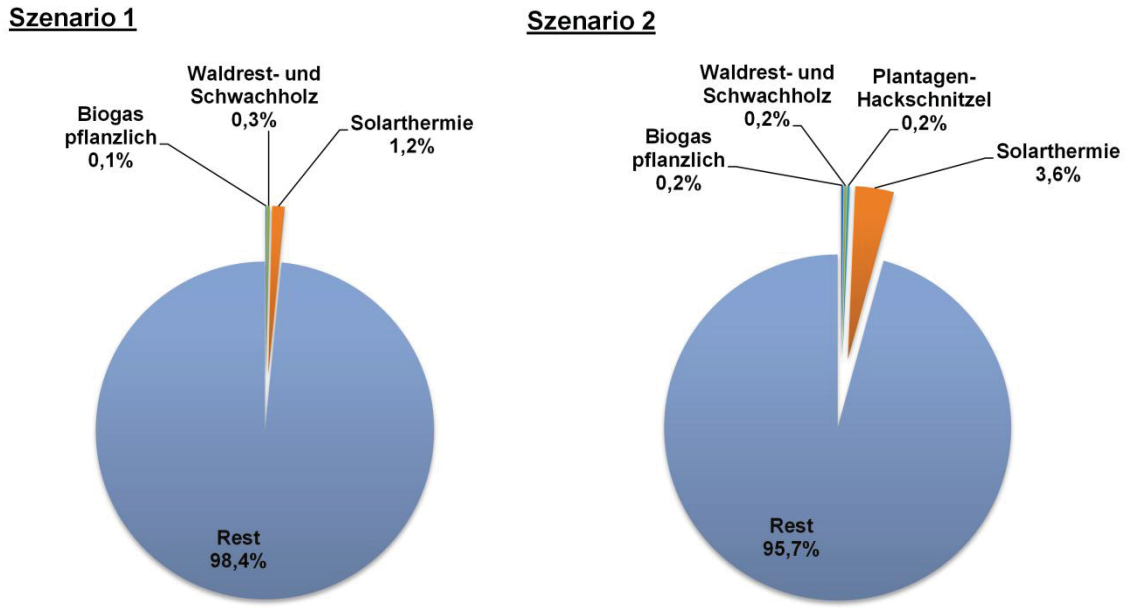


Abbildung 6-6: *Beitrag der regenerativen Energien zur Deckung des Wärmeverbrauchs in den betrachteten Szenarien*

Als wirksame Maßnahme bleibt demnach die Förderung des Ausbaus von Photovoltaik.

Die Kraft-Wärme-Kopplung wird in Nürnberg über das Heizkraftwerk Sandreuth auch in Zukunft einen wichtigen Beitrag zu einer nachhaltigen Energieversorgung leisten. Durch den steigenden Anteil regenerativer Energien an der Stromerzeugung nimmt der Vorteil aus fossiler Kraft-Wärme-Kopplung gegenüber dem D-Mix kontinuierlich ab. Ebenso sinkt der Wärmeabsatz über das Fernwärmenetz durch die angestrebten Sanierungen, was wiederum zu einer verminderten Stromproduktion und einem weiter absinkenden CO_2-Vorteil führt. Für dezentrale Mikro-KWK-Anlagen zeichnet sich ein ähnliches Bild ab. Auch hier nimmt die erzielbare CO_2-Vermeidung durch den Ausbau regenerativer Energiequellen ab. Allerdings stellt diese Technologie in einigen Fällen eine höchst wirtschaftliche Versorgungsvariante dar und kommt überall dort zum Einsatz, wo eine stetige Wärmeabnahme gegeben ist (z.B. Schwimmbad, Gewerbe). Weitere Vorteile sind die Möglichkeit im Sommer über eine Erweiterung der Anlage Kälte bereitzustellen und die deutlich geringeren Investitions- und Wartungskosten, da kein Nah- bzw. Fernwärmenetz notwendig ist.

Welche konkreten Maßnahmen für einzelne Distrikte abgeleitet werden können, ist der Clusterung der einzelnen Distrikte in Anhang zu entnehmen. Stellvertretend für die einzelnen Kategorien werden in Kapitel 5 Distrikt detailliert untersucht und konkrete Maßnahmenvorschläge erarbeitet. Die Clusterung erfolgt dabei anhand des Hauptsiedlungstyps – der Siedlungstyp mit der prozentual größten Fläche – und reicht von Einfamilienhaussiedlung über Blockrandbebauung bis zu Gewerbegebieten.

Der Vergleich der einzelnen Entwicklungspfade gibt einen Überblick, welche Erfolge durch die Umsetzung der Vorgaben aus den Szenarien bei der Energie- und CO_2-Einsparung erzielt werden können. **Abbildung 6-7** zeigt mögliche CO_2-Emissionen der Stadt Nürnberg im Jahr 2030. Die Emissionen aus dem Heizkraftwerk Sandreuth werden in dieser Darstellung nicht berücksichtigt. Begründet ist dieses Vorgehen in dem Umstand, dass eine einheitliche Bewertung und ein Vergleich der CO_2-Emissionen mit

weiteren Studien auf Grund der vielfältigen Bewertungsmethoden für Strom und Wärme aus KWK nicht möglich sind. An dieser Stelle sei auf die Veröffentlichung in **/FFEGMBH-05 10/** hingewiesen. Die Bandbreite an möglichen CO_2-Emssionen für die Fernwärme reicht durch die unterschiedlichen Berechnungsmethoden von negativen Emissionswerten (z.B. Stromgutschriftmethode) über „Null"-Emissionen bis zu den in den Kapiteln 4.6.2 ff. angegebenen Werten.

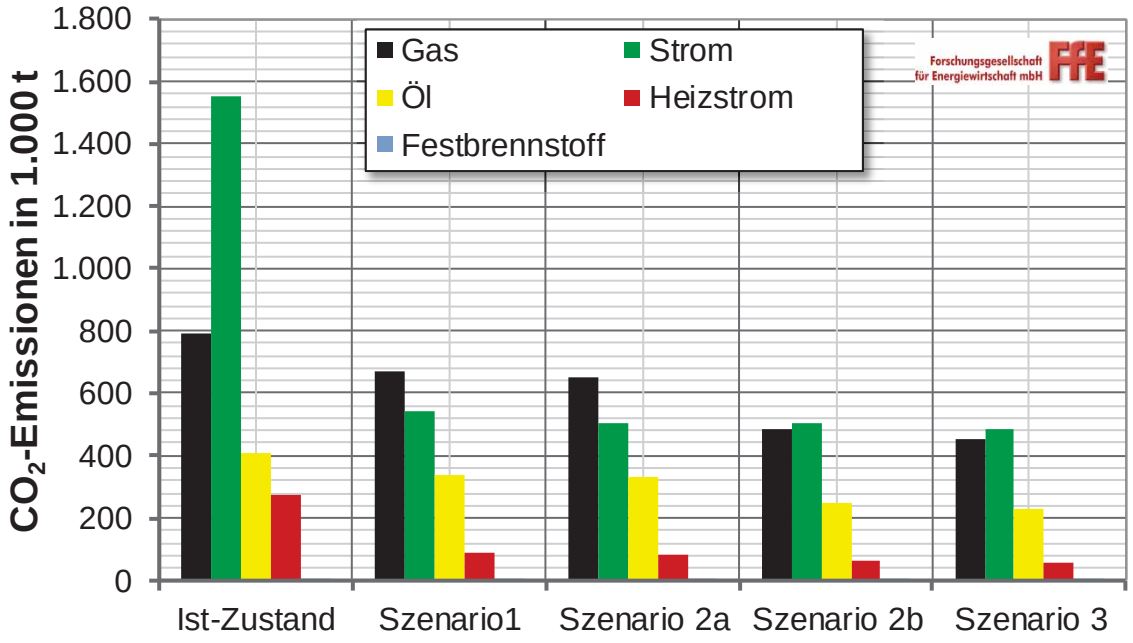


Abbildung 6-7: *Vergleich der Emissionsentwicklung in den Szenarien*

Auffallend ist der starke Rückgang der aus dem Stromverbrauch resultierenden Emissionen. Aus den geringen Unterschieden zwischen Szenario 1 bis Szenario 3, kann der Schluss gezogen werden, dass die Verbesserung nahezu vollständig über den CO_2-Faktor des deutschen Strommixes erreicht wird. Deutlich geht dies aus **Abbildung 6-8** hervor. Unter den optimistischen Annahmen aus Szenario 3 kann der Stromverbrauch in Nürnberg lediglich um 14 % gegenüber dem Jahr 2010 gesenkt werden, wohingegen die CO_2-Emissionen um ca. 70 % zurückgehen.

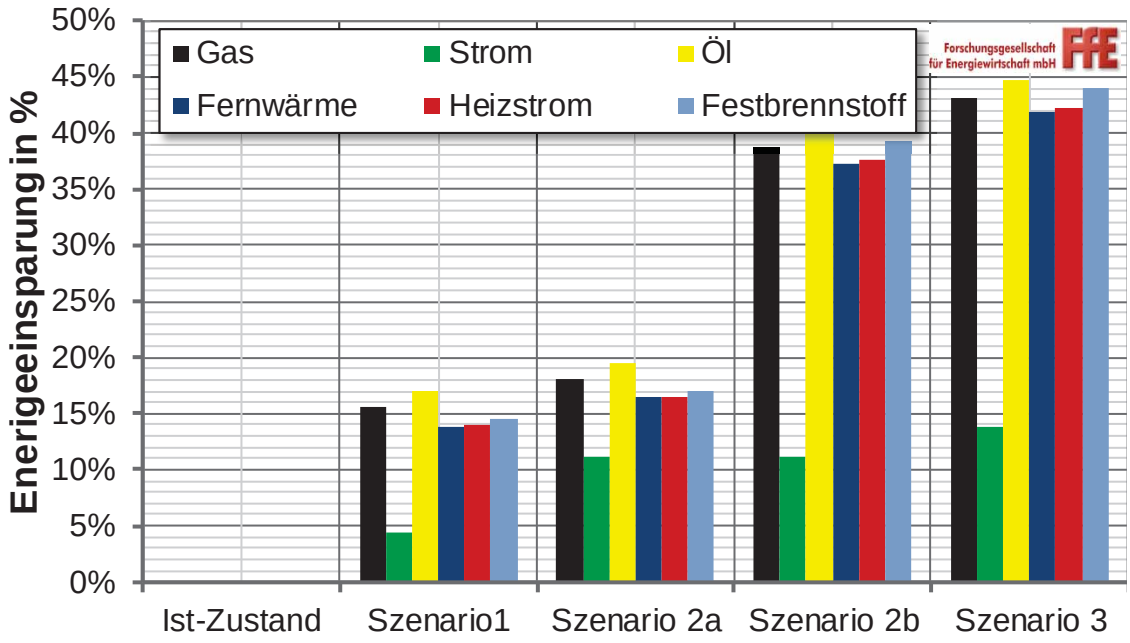


Abbildung 6-8: *Prozentuale Energieeinsparung in den Szenarien*

Die Einsparungen bei der Wärmebereitstellung belaufen sich in Szenario 1 und 2a in Summe etwa auf 15 % bzw. 18 %. In den Szenarien 2b und 3 kann dieser Wert auf 39 %, bzw. 44 % gesteigert werden. Als Ergebnis lässt sich festhalten, dass alleine die Verschärfung des Sanierungsstandards nur geringe Auswirkungen auf die Energieeinsparungen hat. Der Unterschied von Szenario 1 zu Szenario 2 ist die Reduktion des Energieverbrauchs sanierter Gebäude um 30 %. Vielmehr bewirkt die Erhöhung der Sanierungsquote einen spürbaren Anstieg der Energieeinsparung (21 %) und damit auch einen Rückgang der CO_2-Emissionen. Die Sanierungsquote wurde bei unveränderten EnEV-Anforderungen im Szenario 2b auf 2,5 % erhöht (Szenario 2a 1 %). Der je nach Szenario notwendige Energieeinsatz ist in **Abbildung 6-9** dargestellt. Insgesamt können nach den Vorgaben des Szenarios 3 ca. 3,5 TWh Energie (35 %) gegenüber dem Jahr 2010 (10 TWh) eingespart werden.

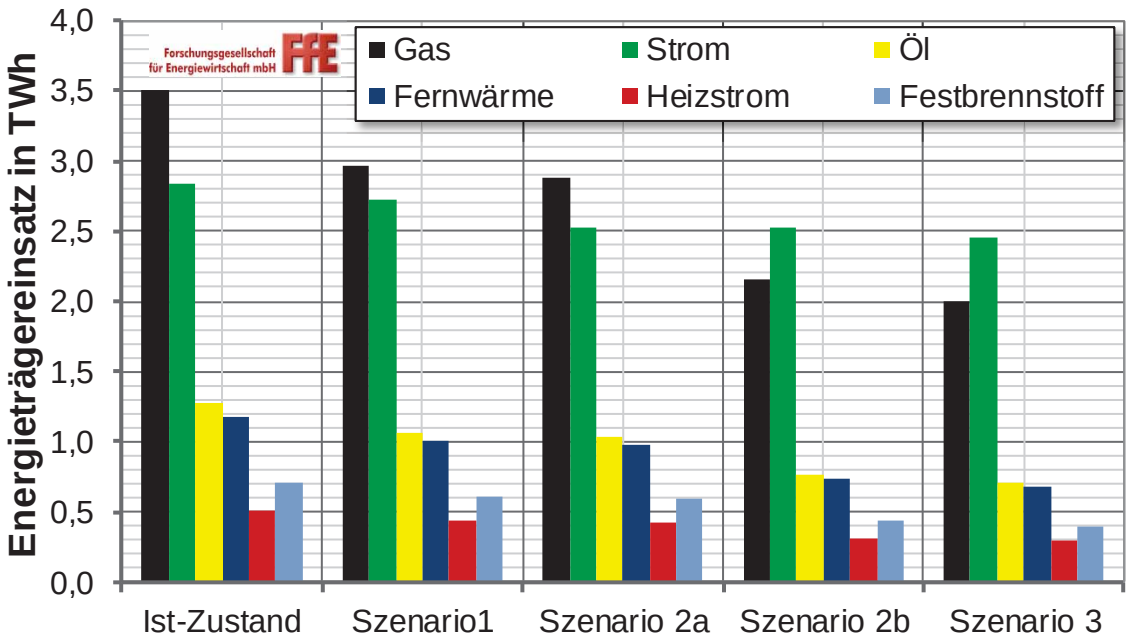


Abbildung 6-9: *Überblick über den verbleibenden Energieeinsatz im Jahr 2030*

Diese zusammenfassenden Diagramme verdeutlichen nochmals, dass die Priorität in der Erhöhung der Sanierungsquote auf 2,5 % liegen muss. Diese Steigerung entspricht je nach Sektor einer Erhöhung um das 2- bis 2,5-fache. Dieser Wert zeigt, welche Anstrengungen auf die Stadt und deren Bürgerinnen und Bürger in den nächsten Jahrzehnten zukommen. Jedoch können nur auf diesem Weg die Ziele von einer 80 %igen CO_2-Reduktion bis zum Jahr 2050 mit Basis 1990 erreicht werden. Der Einsatz regenerativer Energiequellen kann mit Ausnahme der Photovoltaik nur einen geringen Beitrag leisten. Hier hilft vor allem die Entwicklung des Deutschland-Mixes den CO_2-Zielen ein großes Stück näher zu kommen.

Der Maßnahmenüberblick aus dem Energienutzungsplan

- **Förderung und Umsetzung von Wärmedämmmaßnahmen im Gebäudebestand (Bestandteil aller Szenarien, vgl. Kapitel 5.4.8)**
  - Anreizprogramme zur Gebäudedämmung
  - Kontrolle der Einhaltung der aktuell gültigen EnEV-Vorgaben
- **Aufbau von Nahwärmenetzen auf regenerativer Basis (vgl. z.B. Kapitel 5.4.7/ 5.4.8)**
- **Energetische Optimierung aller stadteigenen Gebäude (Mit gutem Beispiel voran gehen!)**
- **Ausbau der Photovoltaik (vgl. Kapitel 5.4.6, generell auf nahezu das gesamte Stadtgebiet anwendbar)**
- **Ausbau der Solarthermienutzung (gesamtes Stadtgebiet, insbesondere nicht Fernwärme versorgte Gebiete)**
- **Nachverdichtung im Fernwärmeversorgten Gebiet (vgl. Kapitel 5.4.2/ 5.4.3, generell alle Fernwärme versorgten Gebiete)**
- **Anschluss geeigneter Gebiete an das vorhandene Fernwärmenetz (vgl. Kapitel 5.4.7)**
- **Einsatz von Mikro-KWK Anlagen in geeigneten Gebäuden (gilt für jedes nicht Fernwärme versorgtes Objekt (große Wohnhäuser, Gewerbe))**
- **Ausbau der Windkraft an den geeigneten Standorten (vgl. Kapitel 4.4.3.2)**
- **Nutzung vorhandener Biomassepotenziale (Biogas, Betrieb der Nahwärmenetze)**
- **Nutzung vorhandener Umweltwärme über Wärmepumpen (vgl. Kapitel 5.4.6)**
- **Effizienzsteigerung in der Industrie durch Effizienznetzwerke**
- **Effizienzkampagnen in der Öffentlichkeit (z.B. Energietag an Schulen (KEIM))**

Alle diese Maßnahmen müssen von Privatpersonen oder Betrieben umgesetzt werden. Der Stadt Nürnberg obliegt die wichtige Aufgabe die notwendigen Investitionen z.B. durch Anreizprogramme zu initiieren. Eine weitere Tätigkeit von großer Bedeutung besteht in der Informationsvermittlung, welche die Bekanntheit und Akzeptanz der Energiewende in der Bevölkerung steigert. Neben diesen motivierenden Maßnahmen hat die Stadt Nürnberg auch die Möglichkeit durch vorbereitende Schritte, wie die Erstellung stadtteilbezogener Energiekonzepte die Umsetzung der Energieziele zu fördern. Ein weiteres Instrument sind ordnungsrechtliche Regelungen, die z.B. über Bebauungspläne die Nutzung der vorhandenen Fernwärme vorschreiben. Zusätzlich muss die Umsetzung der verschiedenen Vorgaben durch die Stadt kontrolliert werden.

7 Literaturverzeichnis

BFN-01 11 Schutzgebietsdaten Deutschlands im Shapeformat - Natura 2000 - Biosphärenreservate - Nationalparke - Naturparke - Naturschutzgebiete - Landschaftsschutzgebiete. Bonn: Bundesamt für Naturschutz (BfN), 2011

BKI-02 06 BKI Baukosten 2006 - Teil 2: Statistische Kostenkennwerte für Bauelemente. Stuttgart: Baukosteninformationszentrum (BKI), 2006

BMWI-02 11 Energiedaten - Nationale und Internationale Entwicklung. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), 27.04.2011

BNETZA-01 12 Zubau an Photovoltaik-Anlagen 2011 noch höher als im Rekordjahr 2010 - Kurth: "Neuer Höchstwert von 3.000 MW allein im Dezember". Bonn: Bundesnetzagentur (BNetzA) Pressestelle, 2012

BRD-02 09 Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz - BNatSchG) - Zuletzt geändert durch Art. 2 G v. 6.10.2011 I 1986. Berlin: Bundesrepublik Deutschland, 2009

BSW-01 11 Solaratlas - Der Vertriebskompass für die Solarbranche in: www.solaratlas.de. Berlin: Bundesverband Solarwirtschaft (BSW-Solar), 2011

BWK-03 11 Corradini, Roger; Musso, Christian: Motor und Bremse für den Kollektorausbau in: BWK, Bd. 63, Nr. 6 (2011). Düsseldorf: Springer VDI Verlag, 2011

CAR-01 12 http://www.carmen-ev.de/dt/energie/pellets/pelletpreise.html

(Stand 10.04.2012)

CLC-01 09 CORINE Land Cover (CLC2006) - Legende. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (UBA), 2009

DWD-02 04 Globalstrahlung in der Bundesrepublik Deutschland, Mittlere Jahressummen, Zeitraum 1981-2000. Hamburg: Deutscher Wetterdienst (DWD), 2004

DWD-02 11 Daten der mittleren jährlichen Windgeschwindigkeiten im 200 m-Raster für die Bundesrepublik Deutschland in 100 m über Grund. Offenbach am Main: Deutscher Wetterdienst (DWD), 2011

EEA-02 10 Natura 2000 Data Europe in: http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/natura-1. Kopenhagen: European Environment Agency (EEA), 2010

EEG-02 11 Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG) 2012. Berlin: Bundesrepublik Deutschland, 2011

EEG-03 11 Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG) - in der Fassung vom 25.10.2008, zuletzt geändert am 28.07.2011. Berlin: Bundesrepublik Deutschland, 2011

FFE-04 12 Schmid, Tobias; Beer, Michael; Corradini, Roger: Das FfE-Gebäudemodell in: BWK Bd. 64 (2012) Nr. 1/2. Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure (VDI), 2012

FFE-22 10 Schmid, Tobias; Beer, Michael: Das Regionenmodell - Basis detaillierter Analysen von Energieversorgungskonzepten in: Kraftwerkstechnik - Sichere und nachhaltige Energieversorgung - Band 2 (ISBN 978-3-935317-57-3). Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2010

FFE-25 09 Beer, Michael Dipl.-Ing.; Corradini, Roger Dipl.-Phys.; Fieger, Christian Dipl.-Ing.; Gobmaier, Thomas Dipl.-Ing.; Köll, Lorenz Dipl.-Ing.; Podhajsky, Rainer Dipl.-Ing.; Steck, Michael Dipl.-Ing.; Zotz, Manfred Dipl.-Ing.; Karl, Hans-Dieter: Energiezukunft 2050, Teil II - Szenarien. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V., 2009

FFE-30 09 Beer, Michael Dipl.-Ing.; von Roon, Serafin Dipl.-Ing.; Hauptmann, Frank Dipl.-Phys Ing.: CO2-Vermeidung durch KWK in Deutschland. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V., 2005

FFEGMBH-05 10 Wiesemeyer, Karin; Schwentzek, Marco; Corradini, Roger; Mauch, Wolfgang: Allokationsmethoden für spezifische CO_2-Emissionen von Strom und Wärme aus KWK-Anlagen in: Energiewirtschaftliche Tagesfragen 60. Jg. (2010) Heft 9. Essen: etv Energieverlag GmbH, 2010

GOOGLE-01 11 Google Maps in: http://maps.google.de/maps?hl=de&tab=wl. Mountainview, CA, USA: Google Inc., 2011

IfE-01 08 Energieverbrauch des Sektors GHD für die Jahre 2004 bis 2006

IHK-01 11 Industrie und Handelskammer Mittelfranken, 2011

KLIM-01 06 Klimaschutzbericht, 2006 Stadt Nürnberg

KLIM-01 07 Klimaschutzfahrplan der 2010/2020 der Stadt Nürnberg

LEEN-01 12 http://leen-system.de/leen-de/index.php (Stand 10.04.2012)

LIAG-01 10 Geothermisches Informationssystem für Deutschland - Geotis in: geotis.de. Hannover: LIAG, Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik Stilleweg 2, 2010

LIAG-01 11 Geothermische Standorte - WebMapService aus der Internetanwendung Geothermische Standorte (www.geotis.de) in: http://www.geotis.de/vgs_wms.php?. Hannover: Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG), 2011

MSN-01 12 Bing Maps in: http://www.bing.com/maps/?FORM=Z9LH4. Redmond, USA: Microsoft Corporation, 2012

N-01 09 Wirtschaftsbericht 2009 - Daten, Konzepte, Initiativen. Nürnberg: Wirtschaftsreferat Nürnberg, 2009

N-02 09 Wohnbaufläche Nürnberg - Nürnberg online in: http://online-service.nuernberg.de/wohnbau/wohnbau.aspx. Nürnberg: Stadt Nürnberg Stadtplanungsamt, 2009

N-01 11 Statistisches Jahrbuch der Stadt Nürnberg 2010. Nürnberg: Stadt Nürnberg Amt für Stadtforschung und Statistik für Nürnberg und Fürth, 2011

N-02 11 Luftbild Stadt Nürnberg - Orthofoto. Nürnberg: Stadt Nürnberg, 2011

N-03 11 Daten der abgeschotteten Statistikzelle Nürnberg, Nürnberg, 2011

N-04 11 Daten des Umweltamtes Nürnberg, Stadt Nürnberg Umweltamt, 2011

N-05 11 Daten des Stadtplanungsamtes Nürnberg - Daten auf Distriktebene. Nürnberg: Stadt Nürnberg Stadtplanungsamt, 2011

N-06 11 Daten des Amtes für Wirtschaft, Nürnberg, 2011

NERGIE-01 11 Biomasse-Heizkraftwerk erzeugt ersten Dampf - Pressemitteilung vom Mittwoch, 2. November 2011 in: http://www.n-ergie.de/N-ERGIE/pressemitteilung_2011-11-02-pm-biomasse-hkw-dampf-7216.html. Nürnberg: N-ERGIE AG, 2011

NERGIE-02 11 Dombrowsky, Herbert; Hasler, Josef: Energievision 2050 Aktivitäten der N-ERGIE Aktiengesellschaft - Stadt Nürnberg, Stadtratssitzung 13. Juli 2011. Nürnberg: N-ERGIE AG, 2011

NERGIE-03 11 Aktiv für die Umwelt, N-ERGIE AG, 2008/2009

NERGIE-01 12 http://www.n-ergie.de/N-ERGIE/erdgas_privatkunden_smart.html (Stand 10.04.2012)

NERGIE-02 12 http://www.n-ergie.de/N-ERGIE/strom_privatkunden_temp-d.html (Stand 10.04.2012)

ÖKO-01 11 GEMIS. Freiburg: Öko-Institut e.V., 2011

OSM-01 10 OpenStreetMap (OSM) - Die freie Wiki-Weltkarte. Veröffentlicht unter der freien CC-BY-SA-Lizenz durch OpenStreetMap und Mitwirkende. http://www.openstreetmap.org/, 2010

PNP-01 10 Söder will Zahl der Windräder mehr als verdoppeln in: Passauer Neue Presse. Passau: Neue Presse Verlags-GmbH, 2010

STAT-01 10 Statistisches Jahrbuch der Stadt Nürnberg

STMUG-01 05 Oberflächennahe Geothermie - Heizen und Kühlen mit Energie aus dem Untergrund. Ein Überblick für Bauherren, Planer und Fachhandwerker in Bayern. München: Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (StMUG), 2005

STMUG-01 11 Energie-Atlas Bayern - Web Map Service in: http://geoportal.bayern.de/energieatlas-karten/;jsessionid=73C19F61E80768FF361CBCC2596FD73F?x=1a7SVPjQw-nYugr7t2nWWw. München: Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (StMUG), 2011

STMWIVT-01 10 Dorsch, Klaus; Settles, Erik; Fritzer, Thomas: Bayerischer Geothermieatlas. München: Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie (StMWIVT), 2010

STMWIVT-04 10 Bayerischer Windatlas - Nutzung der Windenergie. München: Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie (StMWIVT), 2010

TUB-01 05 Köhler, Silke: Geothermisch angetriebene Dampfkraftprozesse - Analyse und Prozessvergleich binärer Kraftwerke - Zur Erlangung des akademischen Grades Doktorin der Ingenieurwissenschaften. Berlin: Technische Universität Berlin, 2005

WIKI-01 12 Wikipedia die freie Enzyklopädie - Definition WZ08 in: http://de.wikipedia.org/wiki/WZ_2008, Stand 16.08.2011

WWEA-01 06 Langreder, Wiebke: Standortwahl von Windparks - Grundlagen in: http://www.wwindea.org/technology/ch02/estructura-de.htm. Bonn: World Wind Energy Association e.V. (WWEA), 2006