

# Energienutzungsplan

für die Stadt

Neuburg an der Donau



**Diese Studie wurde erstellt von:**

**ENERGIEAGENTUR** nordbayern GmbH

Fürther Straße 244a

90429 Nürnberg

Fon: 0911 - 99 43 96-0

Fax: 0911 - 99 43 96-6

**f10 Forschungszentrum für Erneuerbare Energien** Neuburg an der Donau GmbH

Nördliche Grünauer Str. 21

86633 Neuburg an der Donau

Telefon: 08431 - 536890

Telefax: 08431 - 536896

Nürnberg / Neuburg an der Donau, September 2014

Diese Studie wurde gefördert durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie.

## Inhaltsverzeichnis

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Zusammenfassung .....</b>  | <b>8</b>  |
| <b>1 Ausgangslage .....</b>   | <b>24</b> |
| <b>1.1 Aufgabenstellung und Energiepolitische Zielsetzung der Kommune .....</b> | <b>24</b> |
| <b>1.2 Rahmendaten .....</b>  | <b>26</b> |
| 1.2.1 Beschreibung des Gebiets.....   | 26        |
| 1.2.2 Demographie und demographische Entwicklung .....                          | 27        |
| 1.2.3 Flächennutzung .....  | 28        |
| 1.2.4 Wirtschaft und Beschäftigung.....   | 28        |
| <b>2 Bestandsanalyse .....</b>  | <b>29</b> |
| <b>2.1 Energieverbrauch und Energieinfrastruktur .....</b>                      | <b>29</b> |
| 2.1.1 Energieinfrastruktur / Wärmebereitstellung .....                          | 29        |
| 2.1.2 Bestandsanalyse Wärme / Erdgas.....                                       | 37        |
| 2.1.3 Bestandsanalyse Wärmekataster.....  | 40        |
| 2.1.3.1 Siedlungsstruktur .....   | 40        |
| 2.1.3.2 Baualtersklassen .....  | 43        |
| 2.1.3.3 Wärmekataster Bestand .....   | 47        |
| 2.1.4 Bestandsanalyse Strom .....   | 51        |
| 2.1.5 Bestandsanalyse Kälte.....  | 52        |
| <b>2.2 Vorhandene Anlagen zur - Stromerzeugung - nach EEG.....</b>              | <b>53</b> |
| 2.2.1 Photovoltaik .....  | 53        |
| 2.2.2 Biogas .....  | 53        |
| 2.2.3 Windkraft .....   | 53        |
| 2.2.4 Wasserkraft .....   | 54        |
| <b>2.3 Vorhandene Anlagen zur regenerativen Wärmeerzeugung .....</b>            | <b>54</b> |
| 2.3.1 Solarthermie.....   | 54        |
| 2.3.2 Feste Biomasse (Holz) .....   | 55        |
| 2.3.3 Oberflächennahe Geothermie, Wärmepumpen.....                              | 56        |
| <b>2.4 Kraft-Wärme-Kopplung mit fossilen Energieträgern .....</b>               | <b>57</b> |
| <b>3 Weiterentwicklung Wärmekataster .....</b>                                  | <b>58</b> |
| <b>3.1 Altersstruktur der Wohngebäude .....</b>                                 | <b>58</b> |
| <b>3.2 Sanierung der Wohngebäude.....</b>                                       | <b>59</b> |
| 3.2.1 Sanierungsszenarien Endenergiebilanz 2006.....                            | 59        |
| 3.2.2 Sanierungsszenarien Energienutzungsplan 2014.....                         | 61        |
| 3.2.2.1 Referenzszenario.....   | 61        |
| 3.2.2.2 Klimaschutzszenario.....  | 61        |
| 3.2.2.3 Best-Practice-Szenario .....  | 62        |
| 3.2.2.4 Sanierte Wohnfläche.....  | 63        |
| 3.2.3 Variantenvergleich Sanierungsszenarien .....                              | 64        |
| <b>3.3 Wärmekataster mit Sanierungsszenarien .....</b>                          | <b>65</b> |
| 3.3.1 Referenzszenario.....   | 65        |
| 3.3.2 Klimaschutzszenario.....  | 69        |
| 3.3.3 Best-Practice-Szenario .....  | 73        |
| <b>4 Potenzialanalyse .....</b>   | <b>77</b> |

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| <b>4.1</b> | <b>Potenzial Energieeffizienz.....</b>  | <b>77</b>  |
| 4.1.1      | Energieeffizienz in der Wärmebereitstellung .....                             | 77         |
| 4.1.2      | Energieeffizienz in der Anlagentechnik und der Stromnutzung .....             | 78         |
| 4.1.2.1    | Energieeinsparung durch Modernisierung der Straßenbeleuchtung .....           | 78         |
| 4.1.2.2    | Anforderungen an moderne Straßenbeleuchtung.....                              | 83         |
| 4.1.2.3    | Projektstrukturplan .....   | 84         |
| <b>4.2</b> | <b>Potenzial Regenerative Stromerzeugung.....</b>                             | <b>85</b>  |
| 4.2.1      | Photovoltaik .....  | 85         |
| 4.2.1.1    | Photovoltaik-Potenzial Dachflächen .....                                      | 85         |
| 4.2.1.2    | Photovoltaik-Potenzial Freiflächen .....                                      | 86         |
| 4.2.2      | Biogas .....  | 88         |
| 4.2.3      | Windkraft .....   | 89         |
| 4.2.4      | Wasserkraft .....   | 92         |
| <b>4.3</b> | <b>Potenzial Regenerative Wärmeerzeugung.....</b>                             | <b>92</b>  |
| 4.3.1      | Solarthermie.....   | 92         |
| 4.3.2      | Feste Biomasse (Holz) .....   | 92         |
| 4.3.3      | Biogas .....  | 95         |
| 4.3.4      | Oberflächennahe Geothermie .....  | 96         |
| <b>4.4</b> | <b>Potenzial KWK fossil.....</b>  | <b>97</b>  |
| 4.4.1      | KWK in der Wärmeerzeugung.....  | 97         |
| 4.4.2      | KWK in der Stromerzeugung .....   | 98         |
| <b>4.5</b> | <b>Gesamtes Potenzial Stromerzeugung.....</b>                                 | <b>99</b>  |
| <b>4.6</b> | <b>Gesamtes Potenzial Wärmeerzeugung.....</b>                                 | <b>100</b> |
| <b>5</b>   | <b>Entwicklungsszenarien .....</b>  | <b>102</b> |
| <b>5.1</b> | <b>Entwicklungsszenario Stromerzeugung .....</b>                              | <b>102</b> |
| 5.1.1      | Referenzszenario.....   | 102        |
| 5.1.2      | Klimaschutzszenario.....  | 103        |
| 5.1.3      | Best-Practice-Szenario .....  | 105        |
| <b>5.2</b> | <b>Entwicklungsszenario Wärmeerzeugung .....</b>                              | <b>110</b> |
| 5.2.1      | Referenzszenario.....   | 110        |
| 5.2.2      | Klimaschutzszenario.....  | 113        |
| 5.2.3      | Best-Practice-Szenario .....  | 115        |
| <b>6</b>   | <b>Endenergie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz .....</b>                            | <b>118</b> |
| <b>6.1</b> | <b>Endenergiebilanz mit Prognose (2006, 2012, 2020, 2030) .....</b>           | <b>118</b> |
| 6.1.1      | Referenzszenario.....   | 118        |
| 6.1.2      | Klimaschutzszenario.....  | 119        |
| 6.1.3      | Best-Practice-Szenario .....  | 121        |
| <b>6.2</b> | <b>CO<sub>2</sub>-Bilanz mit Prognose (2006, 2012, 2020, 2030).....</b>       | <b>122</b> |
| 6.2.1      | Referenzszenario.....   | 122        |
| 6.2.2      | Klimaschutzszenario.....  | 124        |
| 6.2.3      | Best-Practice-Szenario .....  | 125        |
| 6.2.4      | Gegenüberstellung Endenergie- und CO <sub>2</sub> -Bilanz.....                | 127        |
| <b>7</b>   | <b>Maßnahmen .....</b>  | <b>128</b> |
| <b>7.1</b> | <b>Untersuchung vorhandener KWK-Technologien auf Effizienzpotenziale.....</b> | <b>128</b> |
| 7.1.1      | KWK - Technische, ökologische und ökonomische Rahmenbedingungen.....          | 128        |
| 7.1.2      | Untersuchung 1: KWK-Parkbad.....  | 130        |

|            |  |            |
|------------|--|------------|
| 7.1.2.1    | Rahmenbedingungen/Einleitung KWK Parkbad .....                           | 130        |
| 7.1.2.2    | Untersuchte Varianten für das Parkbad .....                              | 130        |
| 7.1.2.3    | Basisvariante .....  | 132        |
| 7.1.2.4    | Erweiterungsvariante .....   | 134        |
| 7.1.2.5    | Ökologische Auswirkungen der zwei Varianten.....                         | 138        |
| 7.1.3      | Untersuchung 2: KWK-Krautgasse .....                                     | 139        |
| 7.1.4      | Untersuchung 3: Mikro KWK Satorius.....                                  | 145        |
| <b>7.2</b> | <b>Untersuchung kommunale Liegenschaften .....</b>                       | <b>148</b> |
| 7.2.1      | Benchmark Liegenschaften .....   | 148        |
| 7.2.2      | Begehungsbericht Harmoniegebäude .....                                   | 171        |
| 7.2.2.1    | Gebäudehülle .....   | 172        |
| 7.2.2.2    | Heizungstechnik .....  | 175        |
| 7.2.2.3    | Trinkwasserversorgung .....  | 183        |
| 7.2.2.4    | Elektrische Verbraucher .....  | 186        |
| 7.2.3      | Begehungsbericht Burgwehr.....   | 191        |
| 7.2.3.1    | Gebäudehülle .....   | 192        |
| 7.2.3.2    | Heizungstechnik .....  | 196        |
| 7.2.3.3    | Trinkwarmwasserversorgung .....  | 198        |
| 7.2.3.4    | Elektrische Verbraucher .....  | 199        |
| 7.2.4      | Begehungsbericht Parkschule (Mittelschule) .....                         | 201        |
| 7.2.4.1    | Gebäudehülle .....   | 201        |
| 7.2.4.2    | Heizungstechnik .....  | 205        |
| 7.2.4.3    | Trinkwarmwasserversorgung .....  | 205        |
| 7.2.4.4    | Elektrische Verbraucher .....  | 206        |
| <b>7.3</b> | <b>Analyse des kommunalen Wohnungsbauunternehmens .....</b>              | <b>207</b> |
| 7.3.1      | Benchmark Wohngebäude .....  | 207        |
| 7.3.2      | Untersuchung Fischergasse C 238 .....                                    | 216        |
| 7.3.2.1    | Gebäudedaten .....   | 216        |
| 7.3.2.2    | Sanierungsvarianten .....  | 217        |
| 7.3.3      | Untersuchung Danziger Str. 1 .....                                       | 219        |
| 7.3.3.1    | Gebäudedaten .....   | 219        |
| 7.3.3.2    | Sanierungsvarianten .....  | 220        |
| <b>7.4</b> | <b>Sanierungspfad Wohngebäude .....</b>                                  | <b>223</b> |
| 7.6.1      | Finanzierung von Sanierungsmaßnahmen:.....                               | 224        |
| 7.6.2      | Sanierungsmaßnahmen für typische im Stadtgebiet vorkommende Gebäudearten | 229        |
| 7.6.2.1    | Einfamilienhäuser .....  | 229        |
| 7.6.2.2    | Mehrfamilienhäuser.....  | 237        |
| <b>7.5</b> | <b>Ökologische Bauleitplanung .....</b>                                  | <b>245</b> |
| 7.5.1      | Ausgangssituation der Bauleitplanung .....                               | 245        |
| 7.5.2      | Energetische Optimierung des vorgegebenen Bebauungsplanes .....          | 246        |
| 7.5.3      | Verschattungssimulation .....  | 248        |
| 7.5.4      | Gebäudetypologie und Modulfestlegungen .....                             | 249        |
| 7.5.5      | Energetische Kennwerte, Bauteilanforderungen, Förderung.....             | 251        |
| 7.5.6      | Zentrale Wärmeversorgung über Fernwärme .....                            | 255        |
| <b>7.6</b> | <b>Analyse zur Reduktion der Fernwärmekosten .....</b>                   | <b>256</b> |
| 7.6.1      | Grundsätzliches und Zielsetzung.....                                     | 256        |

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| 7.6.2      | Darstellen der Wärmekosten dezentraler Systeme .....  | 257        |
| 7.6.2.1    | Vollkostenvergleich Fernwärme und konventionelle Systeme.....                                 | 259        |
| 7.6.2.2    | Vollkostenvergleich Fernwärme und erneuerbare Systeme.....                                    | 260        |
| 7.6.2.3    | Grafische Gesamtbewertung des Vergleichs .....  | 261        |
| 7.6.2.4    | Ökologische Gesamtbewertung der Varianten.....  | 262        |
| 7.6.3      | Verbesserung der Kostensituation im Fernwärmebereich .....                                    | 262        |
| 7.6.3.1    | Anschluss- und Benutzungszwang bei Neubaugebieten.....  | 263        |
| 7.6.3.2    | Verbesserung der Wärmekosten durch Vertragsoptimierung .....                                  | 264        |
| 7.6.3.3    | Verbesserung der Wärmekosten durch Einsatz neuer Technologien.....                            | 265        |
| 7.6.3.4    | Verbesserung der Wärmekosten durch optimale Nutzung des KWK Stroms.....                       | 265        |
| 7.6.3.5    | Verbesserung der Wärmekosten durch Brennstoffwechsel .....                                    | 266        |
| 7.6.4      | Veränderungen der Wärmekosten durch den Wärmeabsatz.....                                      | 266        |
| 7.6.4.1    | Reduktion des Wärmeabsatzes aufgrund von Sanierungstätigkeiten .....                          | 267        |
| 7.6.4.2    | Erhöhung des Wärmeabsatzes aufgrund von Nachverdichtung und neuen<br>Absatzmöglichkeiten..... | 267        |
| <b>7.7</b> | <b>Detailuntersuchung Fernwärmeversorgung, .....</b>  | <b>269</b> |
| 7.7.1      | Versorgungsgebiet Laisacker/Bittenbrunn .....   | 269        |
| 7.7.1.1    | Grundlagen.....   | 269        |
| 7.7.1.2    | Lastgangermittlung .....  | 270        |
| 7.7.1.3    | Wärmebedarfslastgang .....  | 274        |
| 7.7.1.4    | Auslegung der BHKWs.....  | 276        |
| 7.7.1.5    | Investitionskostenprognose .....  | 280        |
| 7.7.1.6    | Ergebnisdarstellung.....  | 281        |
| 7.7.2      | Versorgungsgebiet Neuburg Nord .....  | 282        |
| 7.7.2.1    | Grundlagen.....   | 282        |
| 7.7.2.2    | Lastgangermittlung .....  | 283        |
| 7.7.2.3    | Wärmebedarfslastgang .....  | 287        |
| 7.7.2.4    | Auslegung der BHKWs in Neuburg Nord .....   | 289        |
| 7.7.2.5    | Investitionskostenprognose .....  | 293        |
| 7.7.2.6    | Ergebnisdarstellung.....  | 294        |
| 7.7.3      | Versorgungsgebiet Hessellohe und Ried.....  | 295        |
| 7.7.3.1    | Grundlagen.....   | 295        |
| 7.7.3.2    | Lastgangermittlung .....  | 296        |
| 7.7.3.3    | Wärmebedarfslastgang .....  | 300        |
| 7.7.3.4    | Auslegung der BHKWs.....  | 302        |
| 7.7.3.5    | Investitionskostenprognose .....  | 304        |
| 7.7.3.6    | Ergebnisdarstellung.....  | 305        |
| 7.7.4      | Gesamtnetz .....  | 306        |
| <b>8</b>   | <b>Anhang.....</b>  | <b>307</b> |
| <b>8.1</b> | <b>Abbildungsverzeichnis.....</b>   | <b>307</b> |
| <b>8.2</b> | <b>Tabellenverzeichnis.....</b>   | <b>314</b> |
| <b>8.3</b> | <b>Literaturverzeichnis .....</b>   | <b>317</b> |
| <b>8.4</b> | <b>Abkürzungen .....</b>  | <b>320</b> |
| <b>8.5</b> | <b>Einheiten .....</b>  | <b>322</b> |
| <b>8.6</b> | <b>Pläne / Berechnungstabellen.....</b>   | <b>323</b> |



## Zusammenfassung

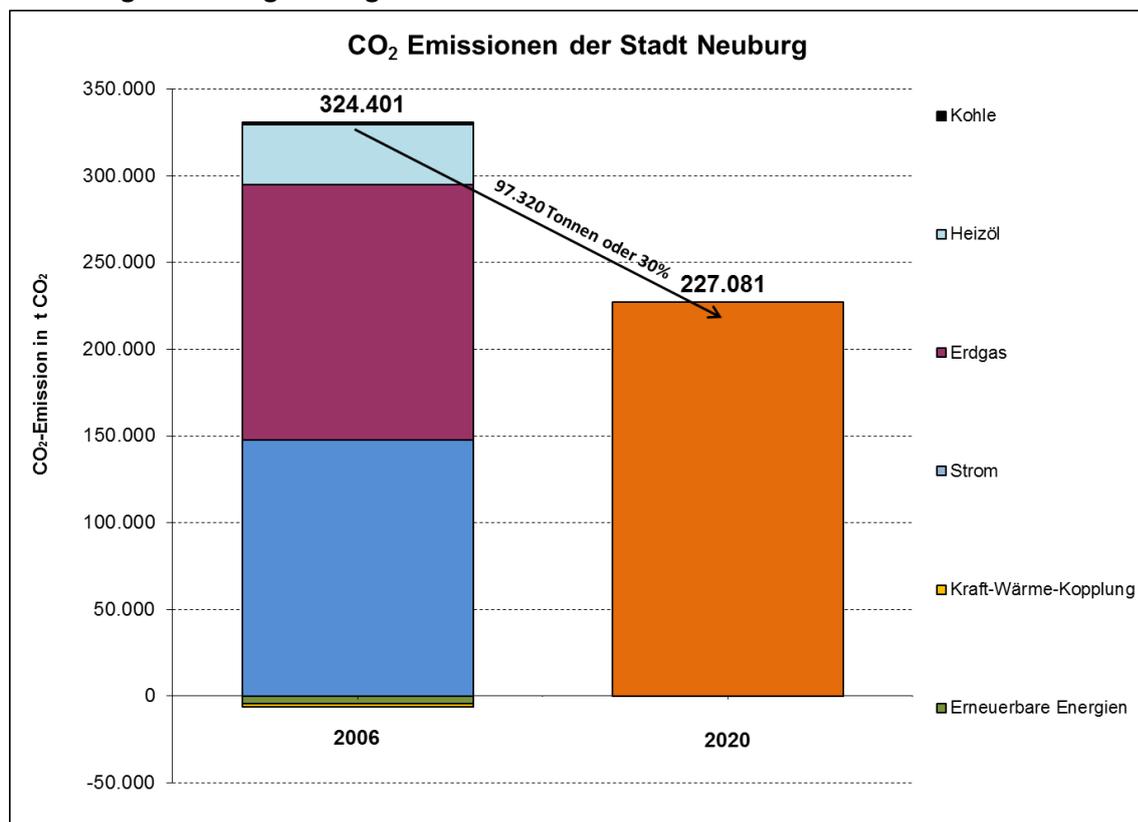
Der fortschreitende Klimawandel erfordert neben großen, richtungsweisenden Entscheidungen des Bundes und der Länder auch auf Ebene von Städten und Gemeinden Maßnahmen zu einem sinnvollen Umgang und einer nachhaltigen Versorgung mit dem sensiblen Gut Energie.

Bereits im Jahr 1997 war in der Stadtverwaltung die Stabsstelle Umweltschutz und Agenda 21 eingerichtet worden. Seit dieser Zeit wird die Lokale Agenda 21 in insgesamt sieben Arbeitskreisen aktiv und kreativ in Neuburg gelebt. Initiiert von der Lokalen Agenda 21 und Mitgliedern des Stadtrates wurde im Jahr 2005 das f10 Forschungszentrum für Erneuerbare Energien Neuburg GmbH mit der Stadt Neuburg als alleinigem Gesellschafter gegründet. Mit seinem ganzheitlichen Ansatz der Integration aller erneuerbaren Energieträger und seinen Schwerpunkten in den Bereichen Biomasse, Energieeffizientes Bauen, Dezentrale Energiesysteme und Nahwärmenetze hat das f10 in Bayern eine Alleinstellung; es ist deutschlandweit ebenso wie im internationalen Kontext tätig.

Von 2007-2009 nahm die Stadt am EU-Projekt RES PUBLICA teil. Herzstück dabei war die Erarbeitung einer international anwendbaren Methode für Kommunen zur Förderung Erneuerbarer Energien, zur Reduzierung des Energieverbrauchs und zur Steigerung der Energieeffizienz. Als Resultat stand das **Neuburger Energie-Leitbild** untermauert vom Neuburger Energieprogramm mit konkreten Maßnahmenvorschlägen auf einem soliden Fundament. Im Dezember 2008 verabschiedete der Stadtrat das Neuburger Energie-Leitbild. Kernaussage ist die Einsparung von 30% CO<sub>2</sub> bis zum Jahr 2020 (Basisjahr 2006).

Parallel zum RES PUBLICA Prozess hat die Stadt Neuburg eine **Endenergiebilanz** (Bilanzjahr 2006) in Auftrag gegeben, um Einsparziele mit konkreten Zahlen belegen zu können. Folgende Grafik zeigt die Ziele des Energie-Leitbildes und die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Endenergiebilanz 2006 (ohne Verkehr):

**Abbildung 1: Neuburger Energie-Leitbild**



Quelle: Neuburger Energie-Leitbild, Endenergiebilanz 2006

Um das festgelegte Einsparziel zu erreichen, wurden folgende Maßnahmen beschlossen:

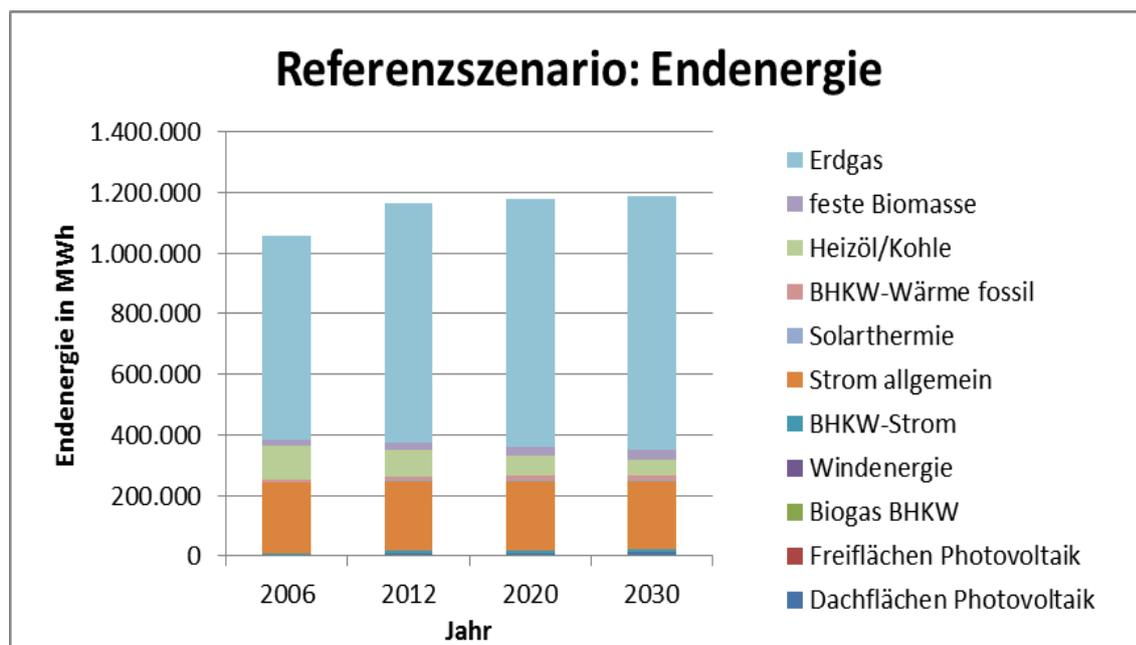
- Altbauten sanieren wir auf ein Zehntel des heutigen Verbrauchs und Neubauten sollen ohne eigene Heizung auskommen.
- Gewerbe und Industrie werden ihre Energieeffizienz deutlich steigern; dazu tragen wir mit der energetischen Vernetzung der Gewerbe-, Industrie- und Wohngebiete bei.
- Die Abwärme, z.B. von Fabriken oder KWK nutzen wir möglichst vollständig und erzeugen den restlichen Energiebedarf zunehmend regenerativ.  
Bei der Stadtentwicklung achtet die Stadt auf eine räumliche Verzahnung zwischen wärme-abgebenden Einrichtungen und geeigneten Wärmenutzern.
- Mit dem Ziel, Vorzeigekommune zu werden, werden wir unsere eigene Mobilität so verändern, dass dadurch der Schadstoffausstoß um mindestens ein Fünftel gesenkt wird.  
Dazu nutzen wir beispielsweise emissionsärmere Verkehrsmittel und Antriebstechniken und erzeugen den Energiebedarf für die Stadtbusse schadstoff- und klimaneutral.
- Wir nutzen Flächen zur Energiegewinnung im Einklang mit dem Stadt- und Landschaftsbild sowie der Nahrungsmittelproduktion.

Der in diesem Bericht, von der Energieagentur Nordbayern und f10, erarbeitete **Energienutzungsplan** schreibt die Endenergie- und CO<sub>2</sub> Bilanz bis 2030 fort und prüft die erreichten Ziele bis 2012 in Bezug auf die Endenergiebilanz 2006. Des Weiteren werden Maßnahmen erarbeitet, die für die Zukunft einen konkreten Beitrag zum Klimaschutz leisten sollen.

## Darstellung und Beschreibung Endenergie und CO<sub>2</sub>-Bilanz

Die Energiebilanzen zeigen den ermittelten Endenergieverbrauch für die bilanzierten Jahre 2006 und 2012. Dem gegenüber werden die möglichen Reduktionspotentiale durch den Zubau bei erneuerbaren Energien in den Jahren 2020 und 2030 dargestellt. Die Stromversorgung für Neuburg erfolgt derzeit mit 17.493 MWh zu 7% über die dezentrale Einspeisung. Die Restlichen 93% der Bezugsmenge an Strom (232.407 MWh) beziehen die Stadtwerke seit 01.01.2012 bilanziell zu 100% aus Wasserkraft. Hier wird zur Fortschreibung der CO<sub>2</sub>-Bilanz für den Strom der bayerische Strommix hinterlegt. Unter Berücksichtigung der Energieprognose Bayern 2030 wird der Stromverbrauch bis zum Jahr 2030 nahezu gleich bleiben. In Neuburg ist dieser von 241.825 MWh im Jahr 2006 auf 249.900 MWh in 2012 leicht gestiegen und verbleibt dann auf diesem Niveau. Diese Entwicklung ist aber durch den Zuwachs des Stromverbrauchs in der Industrie zu erklären, der den bis dahin durch Effizienzsteigerung und Einsparungsmaßnahmen erreichten Rückgang bei den übrigen Verbrauchern kompensiert. Der Gasverbrauch ist von 670.284 MWh in 2006 auf 788.600 MWh im Jahr 2012 gestiegen. Durch Prognosen der Stadtwerke Neuburg wird er bis zum Jahr 2030 auf 840.000 MWh weiter steigen. Das liegt ebenfalls an der energieintensiven Industrie in Neuburg.

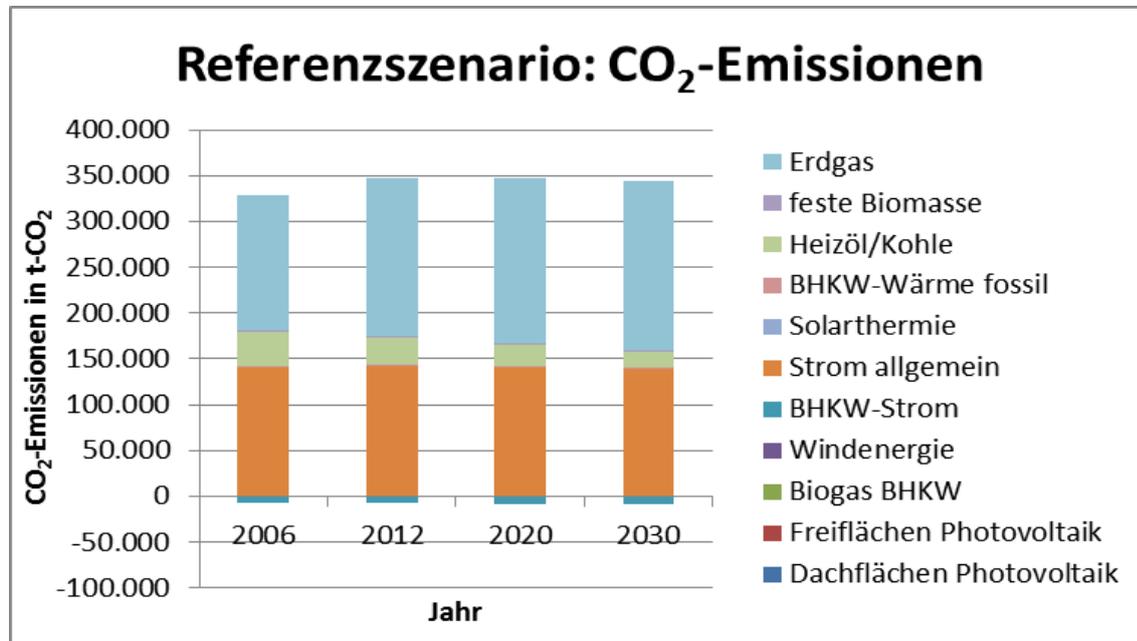
Abbildung 2: Referenzszenario: Endenergieverbrauch in Neuburg bis 2030



Quelle: Eigene Darstellung

Obwohl der Strom- und Gasverbrauch durch die energieintensive Industrie in Neuburg im Referenzszenario kontinuierlich steigt, können die CO<sub>2</sub>-Emissionen auf einem konstanten Niveau gehalten werden. Dies ist vor allem dem Rückgang der Emissionen durch den deutschen Strommix zuzuschreiben, aber auch durch Gebäudesanierungen und den weiteren Ausbau an erneuerbaren Energien, wie z.B. dem konsequenten Ausbau der Photovoltaik auf Dachflächen.

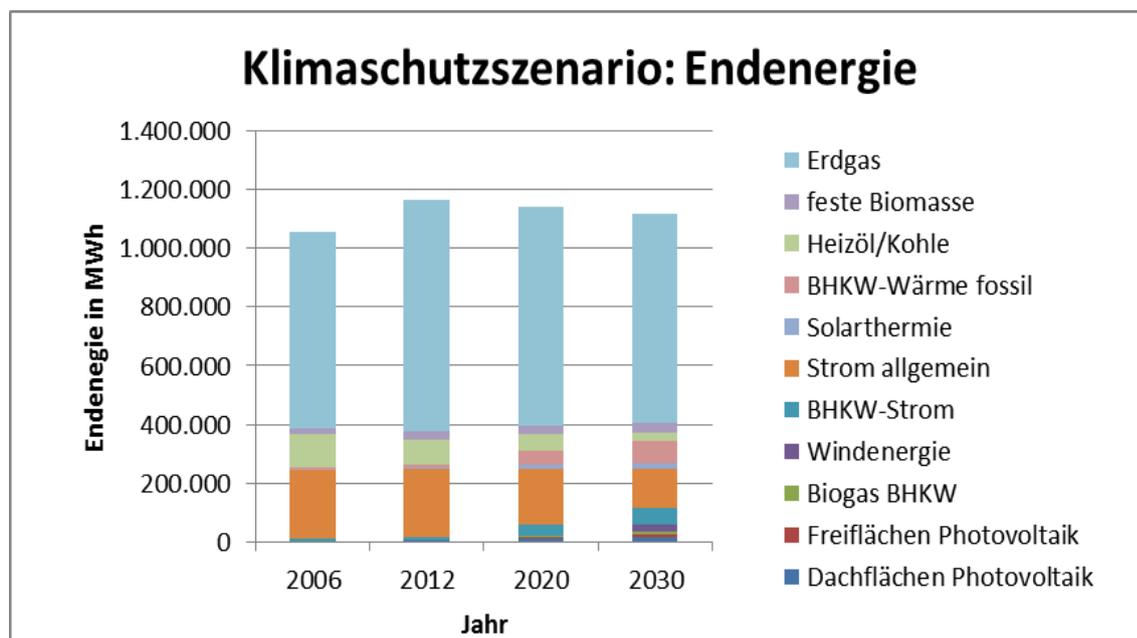
Abbildung 3: Referenzszenario: CO<sub>2</sub>-Emissionen in Neuburg bis 2030



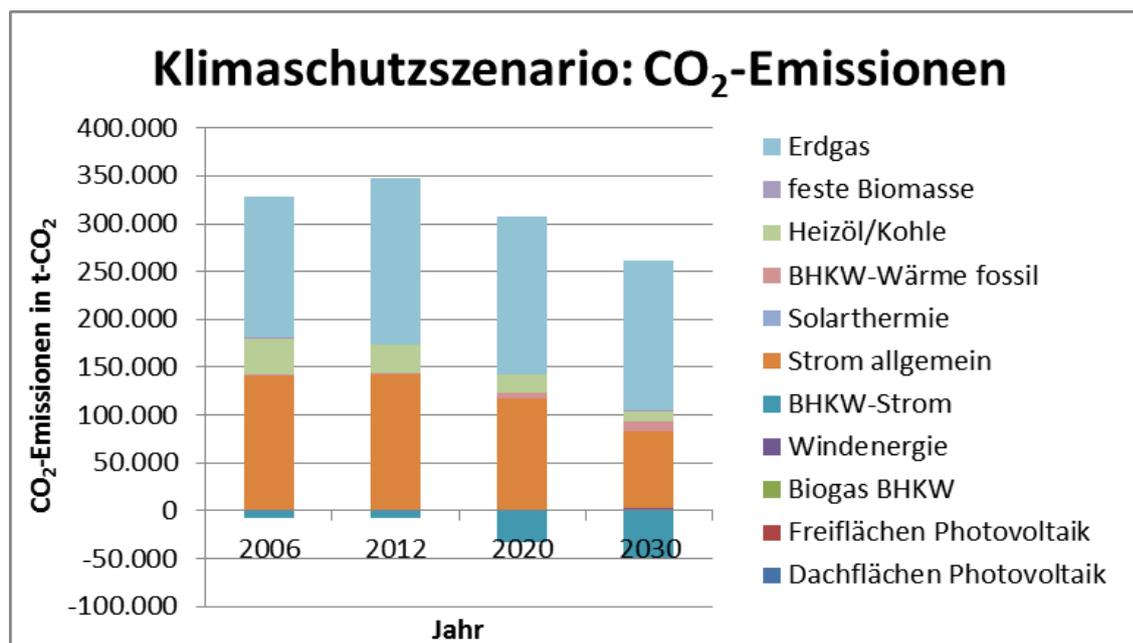
Quelle: Eigene Darstellung

Zum Aufzeigen einer alternativen Entwicklungsmöglichkeit werden nachfolgend die Endenergie und CO<sub>2</sub>-Emission im Klimaschutzszenario für Neuburg an der Donau dargestellt. Diese, nach aktueller Entwicklung unwahrscheinliche aber durchaus erzielbare Möglichkeit sollte zum Erreichen der Ziele des Energieleitbildes angestrebt werden.

Abbildung 4: Klimaschutzszenario: Endenergieverbrauch in Neuburg bis 2030



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 5: Klimaschutzscenario: CO<sub>2</sub>-Emissionen in Neuburg bis 2030

Quelle: Eigene Darstellung

Folgende Tabelle zeigt für alle drei Szenarien die mögliche Entwicklung in der Endenergie und den CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2030. Auch im Klimaschutz- bzw. Best-Practice-Szenario wird der Endenergieverbrauch nur geringfügig reduziert, obwohl verbrauchsrelevante Maßnahmen getroffen werden. Dies ist hauptsächlich durch den überproportionalen Anteil der Industrie am Endenergieverbrauch und einem überdurchschnittlichen Bevölkerungszuwachs begründet. Auch ist deutlich zu erkennen, dass bei dem aktuellen Trend (Referenzszenario) der absolute CO<sub>2</sub>-Ausstoß ab 2012 nur geringfügig sinkt. Durch den verstärkten Ausbau der Erneuerbaren Energien ist beim Klimaschutz- und Best-Practice-Szenario eine deutlich höhere CO<sub>2</sub>-Einsparung möglich.

Tabelle 1: Tabellarische Darstellung der Summen der Endenergien und CO<sub>2</sub>-Emissionen

|                               | 2006          | 2012          | 2020          | 2030          |
|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Referenzszenario</b>       |               |               |               |               |
| Endenergie                    | 1.055.075 MWh | 1.163.593 MWh | 1.180.199 MWh | 1.189.368 MWh |
| CO <sub>2</sub> -Emissionen   | 324.401 t     | 339.862 t     | 338.341 t     | 334.232 t     |
| <b>Klimaschutzszenario</b>    |               |               |               |               |
| Endenergie                    | 1.055.075 MWh | 1.163.593 MWh | 1.142.422 MWh | 1.115.421 MWh |
| CO <sub>2</sub> -Emissionen   | 324.401 t     | 339.862 t     | 275.219 t     | 212.689 t     |
| <b>Best-Practice-Szenario</b> |               |               |               |               |
| Endenergie                    | 1.055.075 MWh | 1.163.593 MWh | 1.072.224 MWh | 989.991 MWh   |
| CO <sub>2</sub> -Emissionen   | 324.401 t     | 339.862 t     | 222.568 t     | 69.354 t      |

Quelle: Eigene Darstellung

**Das Energie-Leitbild** der Stadt Neuburg strebt eine 30%-ige CO<sub>2</sub>-Reduktion bis 2020 (bezogen auf 2006) an. Dies entspricht einem Rückgang um 97.320 t auf **227.081 t CO<sub>2</sub>-Emissionen in 2020**. Unter Berücksichtigung des Best-Practice-Szenarios wären diese Ziele bis 2020 erreichbar, beim Klimaschutzszenario ist das Ziel erst bis 2030 unterschritten.

## Sanierungsszenarien der Wohngebäude

40% der Energie verbrauchen wir in Deutschland fürs Wohnen. Der Wärmebedarf des Gebäudebestandes soll bezogen auf 2010 bis 2020 um 20% sinken. Bis 2050 sollen Häuser nahezu klimaneutral sein, also den eigenen Bedarf nur aus erneuerbaren Energien decken<sup>1</sup>. Das größte Einsparpotenzial liegt hierbei in der energetischen Gebäudesanierung. Dafür ist nach Energiekonzept der Bundesregierung von 2010 die Verdopplung der energetischen Sanierungsrate von derzeit jährlich etwa 1% auf 2% erforderlich.

In der Endenergiebilanz für die Stadt Neuburg von 2006 wurden bereits zwei Sanierungsszenarien für das Jahr 2020 berechnet. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass in der Endenergiebilanz von anderen Rahmenbedingungen ausgegangen worden ist. Im Koalitionsvertrag vom 11.11.2005 hatte sich die damalige große Koalition die Zielvorgabe von einer Steigerung der Sanierungsrate auf 5% gesetzt, dieser Ansatz ist aus heutiger Sicht völlig unrealistisch. Für das Basisszenario 2006 wurde eine jährliche Sanierungsrate von 2,5% und für das Best-Practice-Szenario 2006 eine Sanierungsrate von 4,0% festgelegt. Folgende Tabelle zeigt die Reduktion beim Endenergiebedarf bezogen auf das Bilanzjahr 2006:

**Tabelle 2: Endenergiebilanz 2006 Reduktion Endenergiebedarf Wärme durch Gebäudesanierung**

|                        | Reduktion bis 2010 | Reduktion bis 2020 |
|------------------------|--------------------|--------------------|
| Basisszenario          | - 6,6 %            | - 20 %             |
| Best-Practice-Szenario | - 7,5 %            | - 39 %             |

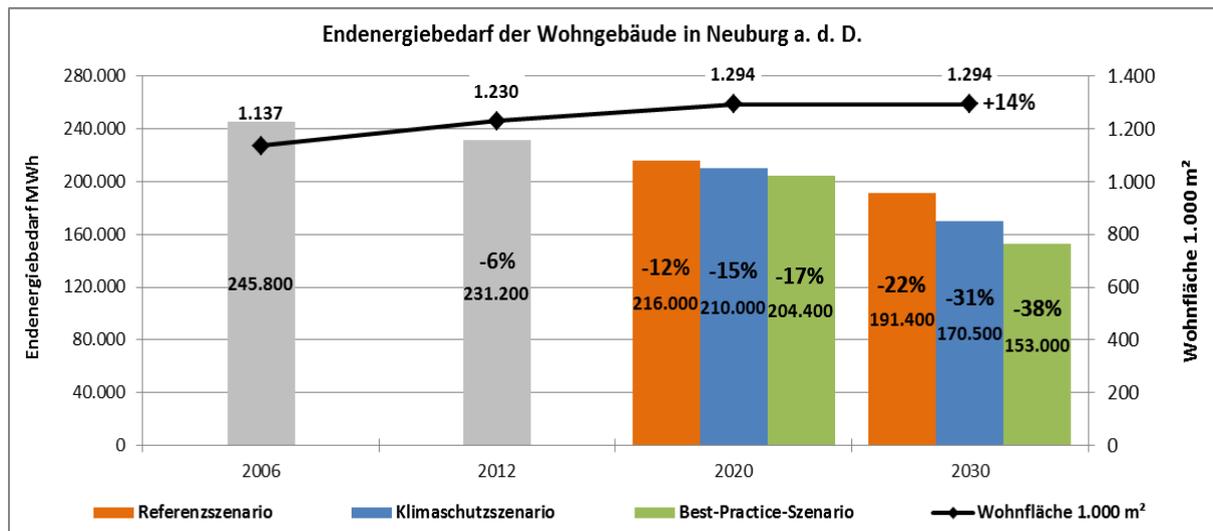
Quelle: Endenergiebilanz 2006 Stadt Neuburg a. d. D.

In Abstimmung mit der Stadt Neuburg und f10 wurden für den Energienutzungsplan drei neue Sanierungsszenarien bis 2030 festgelegt, die aus heutiger Sicht realistisch erscheinen. Das Referenzszenario mit einer jährlichen Sanierungsrate von 1,2%, ein Klimaschutzszenario mit 1,7% und das Best-Practice-Szenario mit 2,2%. Bei den Szenarien werden außerdem unterschiedliche Sanierungsstandards der Gebäudehülle berücksichtigt.

<sup>1</sup> Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung, BMU 28. September 2010

Folgende Abbildung zeigt die Ergebnisse der Sanierungsszenarien bis zum Jahr 2030:

**Abbildung 6: Variantenvergleich Sanierungsszenarien Energienutzungsplan**



Quelle: Eigene Berechnung und Darstellung

Bezogen auf das Jahr 2006 reduziert sich der Endenergiebedarf der Wohngebäude bis 2030 im Basisszenario um 22%, im Klimaschutzszenario um 31% und im Best-Practice-Szenario sogar um 38%. Im gleichen Zeitraum wächst die Wohnfläche in Neuburg um 14% von 1.137.000 m<sup>2</sup> auf 1.294.000 m<sup>2</sup>.

Zwischen 2006 und 2012 konnte der Endenergiebedarf durch die energetische Gebäudesanierung bereits um 6% reduziert werden. Dies entspricht knapp den Berechnungen aus dem Basisszenario der Endenergiebilanz 2006 für 2010 mit einer Reduktion von 6,6%. Einen wichtigen Beitrag leistet hier neben den staatlichen Förderprogrammen **das Förderprogramm Klima- und Ressourcenschutz der Stadt Neuburg**, das energetische Sanierungsmaßnahmen der Gebäudehülle und die Umstellung auf effiziente Wärmeerzeugung zusätzlich finanziell unterstützt.

Wird beim Basisszenario der Endenergiebilanz 2006 eine Reduktion von 20% bis 2020 erreicht, sind durch Anpassung der Sanierungsrate im Energienutzungsplan sogar beim Best-Practice-Szenario nur 17% bis 2020 möglich.

Das Best-Practice-Szenario der Endenergiebilanz 2006 reduziert den Endenergiebedarf sogar um 39% bis 2020, dies erreicht das Best-Practice-Szenario im Energienutzungsplan mit -38% bis 2030 nur knapp.

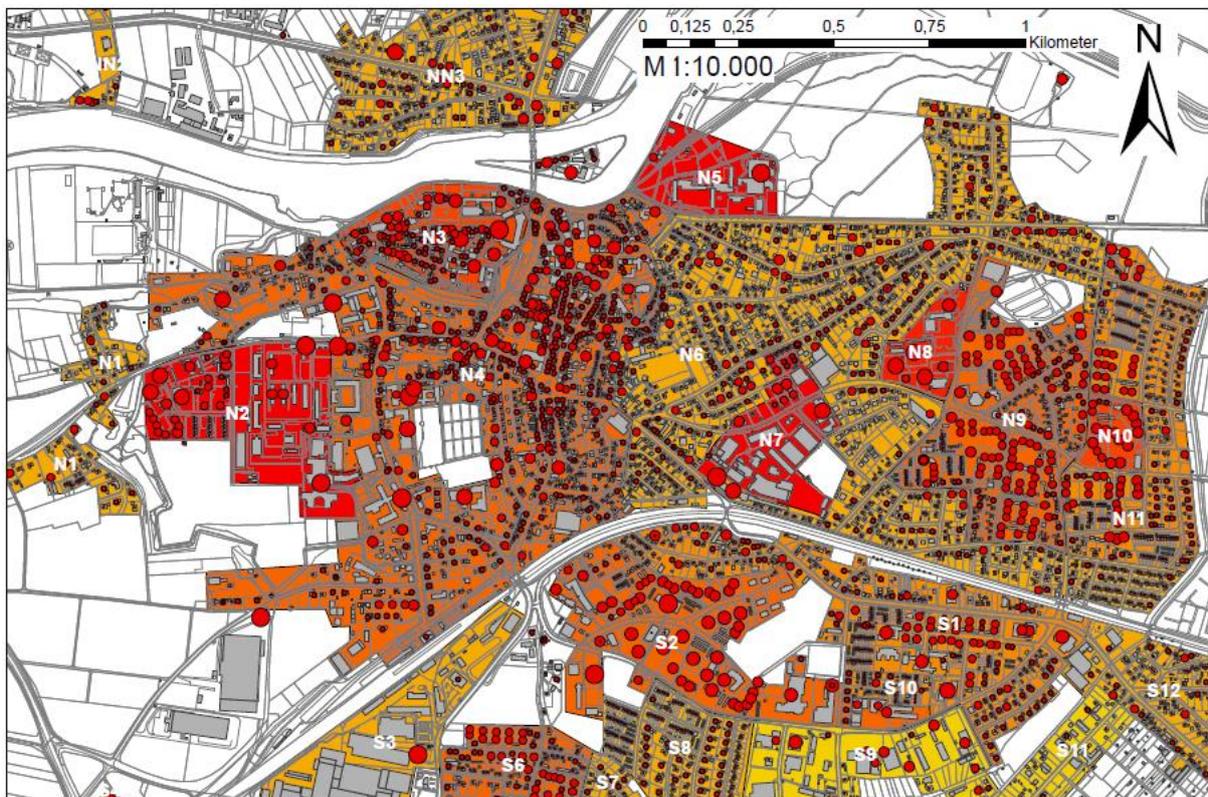
## Wärmekataster

Das Wärmekataster gibt, ausgehend von der Siedlungsstruktur und den Baualtersklassen der Gebäude Aufschluss über die aktuelle siedlungsbezogene Wärmebedarfsdichte. Die Wärmebedarfsdichte wird für festgelegte Bearbeitungsraster berechnet um geeignete und ungeeignete Gebiete zum Aufbau von Wärmenetzen zu ermitteln. Die Stadt Neuburg wird in vier Sektoren unterteilt:

- I. Neuburg - Nord, gesamtes Gebiet nördlich der Donau,
- II. Neuburg - nördlich Bahnlinie, Bereich zwischen Donau und der Bahnlinie
- III. Neuburg - südlich Bahnlinie , Gebiet südlich der Bahnlinie
- IV. Neuburg - Heinrichsheim, (aufgrund der etwas abgelegenen Lage)

Folgende Abbildung zeigt das Wärmekataster nördlich der Bahnlinie mit Altstadt:

**Abbildung 7: Wärmekataster Bestand Neuburg - nördlich Bahnlinie (Bearbeitungsraster N1-N11)**



Quelle: Eigene Darstellung mit ArcGIS Software

Dunkelrote Bearbeitungsraster haben eine hohe Wärmebedarfsdichte und sind für Wärmenetze sehr gut geeignet. Hellgelbe Bereiche sind aufgrund der geringen Wärmebedarfsdichte weniger geeignet. Für die Einzelgebäude sind die Energieverbräuche anhand der Größe der roten Kreise ablesbar.

Das Bearbeitungsraster N7 (Gewerbe) hat über 4.000 MWh/ha, N2 und N5 noch über 1.000 MWh/ha. Ausgehend vom Bearbeitungsraster N8 mit seinen Wohntürmen (780 MWh/ha) ist eine Fernwärmeerschließung der Wohngebiete N9, N10 und evtl. N11 denkbar. Auch der Altstadtbereich (N3) mit 750 MWh/m<sup>2</sup> würde sich grundsätzlich für Fernwärmenutzung eignen.

Ausgehend von den drei Sanierungsszenarien der Wohngebäude wird eine mögliche zukünftige Wärmebedarfsdichte simuliert, um dies beim Aufbau von Wärmenetzen zu berücksichtigen.

Das Wärmekataster für die Stadt Neuburg wurde elektronisch auf GIS-Basis erstellt. Grundlage bildet eine Tabelle mit gebäudegenauen Energieverbräuchen der Stadtwerke Neuburg. Bei Anpassung der Energieverbräuche beispielsweise durch Gebäudesanierung kann das Wärmekataster jederzeit problemlos aktualisiert werden.

## **Handlungsmöglichkeiten der Stadt Neuburg an der Donau im Rahmen des Energienutzungsplanes**

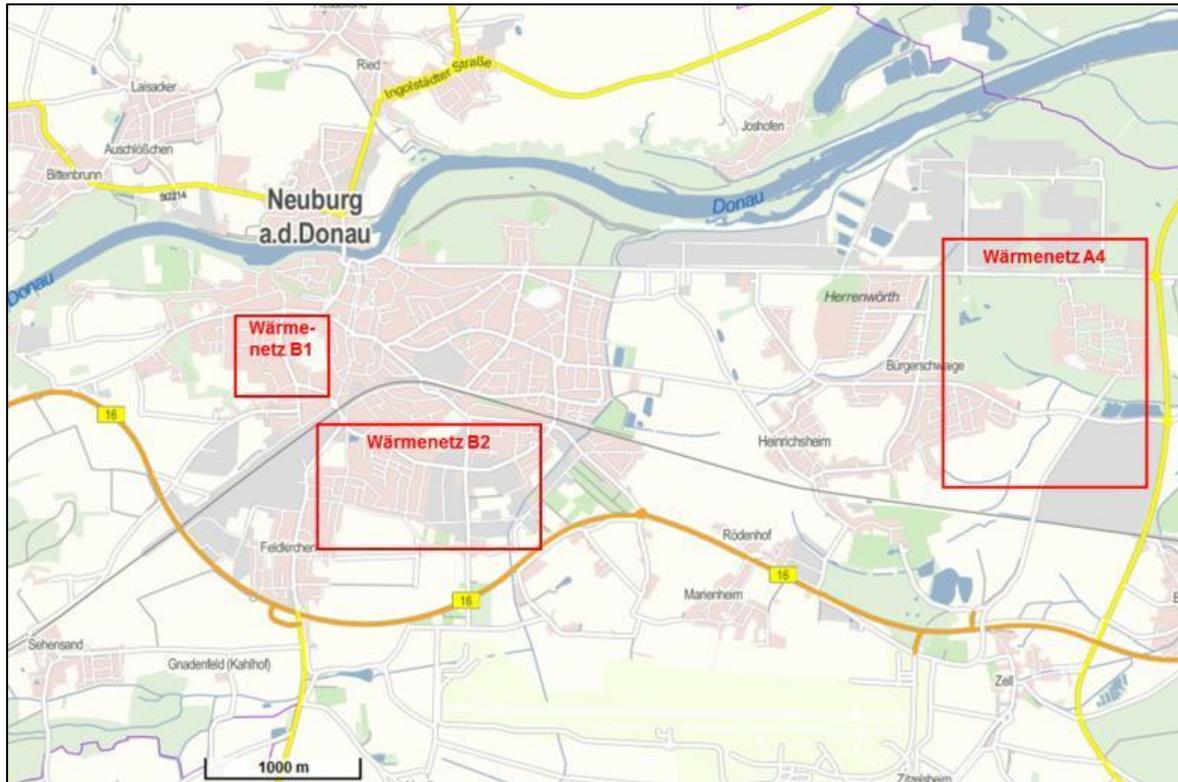
Im Folgenden werden Handlungsmöglichkeiten der Stadt Neuburg dargestellt, die im Rahmen des Energienutzungsplanes erarbeitet wurden:

- Beitrag vorhandener Wärmenetze für den Klimaschutz und Potenzial durch den Ausbau der Fernwärmeversorgung
- Wärmeerzeugungspotential in Neuburg mittels Kraft-Wärme-Kopplung
- Sanierung öffentlicher (kommunaler) Gebäude
- Anforderungen an die ökologische Bauleitplanung
- Anreize bei der Sanierung von Wohngebäuden

## Beitrag vorhandener Wärmenetze für den Klimaschutz und Potenzial durch den Ausbau der Fernwärmeversorgung

Die aktuelle Situation der Energieinfrastruktur der Stadt Neuburg wird wesentlich bestimmt durch die bereits als Inseln existierenden drei Nahwärmenetze Altenheim St. Augustin, Goldanger/Schwalbanger sowie Audi/Bundeswehr/Donaumalz und deren künftige Verknüpfung und Integration in das Fernwärmenetz Neuburg. Die Übersichtskarte zeigt die drei bestehenden Wärmenetze, hierbei handelt es sich um Insellösungen.

**Abbildung 8: Stadt Neuburg mit Markierungen der drei Wärmenetze**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage [www.energieatlas.bayern.de](http://www.energieatlas.bayern.de)

Durch den Ausbau des Nahwärmenetzes wird eine weitere Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen ermöglicht. Dies wird erreicht durch Nutzung von Abwärmequellen wie auch durch Kraftwärmekopplung.

### **Detailuntersuchung Ausbau der Fernwärmeversorgung nördlich der Donau**

In drei Teilprojekten wurde in den nördlich der Donau gelegenen Stadtteilen Laisacker, Bittenbrunn, Hesselohle, Ried und nördlicher Ortskern Neuburg, die Option einer Fernwärmeversorgung dargestellt und nach ökonomischen und verfahrenstechnischen Kriterien bewertet. Die Anbindung an das große Fernwärmenetz der südlich der Donau gelegenen Stadtteile kommt aus mehreren Gründen nicht in Betracht.

Durch die räumliche Nähe der drei Teilprojekte zueinander bietet es sich aus Kostengründen hierbei an, die nicht unbeträchtlichen Investitionskosten einer Heizzentrale auf die drei Projekte umzulegen und somit eine größere Zentrale zu planen und an einem optimal gelegenen Standort zu realisieren. Hierbei sind die Wärmeverluste und die zusätzlichen Verbindungsstrassen besonders zu berücksichtigen. Hierfür würde sich beispielsweise das im städtischen Besitz befindliche Grundstück an der Monheimer Straße eignen. Dieses liegt außerdem sehr zentral für alle drei Projektteile und kommt auch für eine Anbindung zur Abwärmenutzung an der Ziegelei in Ried in Frage.

Kernpunkte der Analyse:

1. Mit einem Wärmemischpreis von 11 Ct/kWh wirtschaftlich und mit hohem Anschlussgrad realisierbar
2. Zentralisierung des Heizhauses reduziert die Kosten deutlich stärker (im Vergleich zu 3 Heizhäusern) als Kosten für die Verbindungsleitungen verursachen. – Synergieeffekte
3. Die Möglichkeit einer Realisierung ist auch bei derartiger Verbraucherstruktur gegeben.
4. Enorme CO<sub>2</sub>-Einsparungen durch den Einsatz von KWK-Fernwärme

### Wärmeerzeugungspotenzial in Neuburg mittels Kraft-Wärme-Kopplung

Wenn sämtliche Haushalte in Neuburg an das örtliche Nahwärmenetz in der Stadt angeschlossen werden, würden ca. 240.000 MWh<sub>th</sub> thermischer Energie jährlich benötigt. Unter Berücksichtigung der in einem Nahwärmenetz anfallenden thermischen Verluste ergibt sich somit ein Bedarf von 262.163 MWh<sub>th</sub>/a. Um die für diesen Fall erforderliche Energiemenge bereitzustellen sind vier Erzeugersysteme erforderlich. Dabei handelt es sich bei Erzeuger 1 um eine Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlage (KWK-Anlage), welche 53% der installierten Leistung ausmacht. Über die lange Laufzeit von 4.000 Vollbenutzungsstunden (Vbh) werden mit diesem Erzeuger jedoch 253.092 MWh<sub>th</sub>/a der zu erzeugenden Wärme bereitgestellt. Der Anteil der mit der KWK-Technologie erzeugten Wärme würde demnach 96,54 % betragen. Die restlichen Wärmeerzeuger dienen zur Bereitstellung der Spitzenlast. Die dadurch gleichzeitig erzeugte Strommenge von ca. 202.474 MWh<sub>el</sub> entspricht ca. 75 % des gesamten Strombedarfs in Neuburg (ca. 270.000 MWh<sub>el</sub>). Die Daten zum Potenzial der Wärmeerzeugungsanlagen in Neuburg werden in der nachfolgenden Tabelle zusammenfassend dargestellt.

**Tabelle 3: Potenziale der Wärmeerzeugung und deren Aufteilung durch KWK in Neuburg**

|                 |                       |                    |                 |               |
|-----------------|-----------------------|--------------------|-----------------|---------------|
| <b>geordnet</b> | Wärmeabnahme          |                    | 240.000.000 kWh | 91,55%        |
|                 | Netzverlust           |                    | 22.162.957 kWh  | 8,45%         |
|                 | Wärmeerzeugung        |                    | 262.162.957 kWh | 100,00%       |
| <b>VBH</b>      | <b>Erzeugersystem</b> | <b>Leistung th</b> | <b>Summe</b>    | <b>Anteil</b> |
| 4.000 Vbh       | Erzeuger 1            | <b>63.273 kW</b>   | 253.091.912 kWh | 96,54%        |
|                 | Rest I                |                    | 9.071.045 kWh   | 3,46%         |
| 405 Vbh         | Erzeuger 2            | <b>19.000 kW</b>   | 7.694.514 kWh   | 2,94%         |
|                 | Rest II               |                    | 1.376.531 kWh   | 0,53%         |
| 62 Vbh          | Erzeuger 3            | <b>19.000 kW</b>   | 1.176.386 kWh   | 0,45%         |
|                 | Rest III              |                    | 200.145 kWh     | 0,08%         |
| 11 Vbh          | Erzeuger 4            | <b>18.165 kW</b>   | 200.145 kWh     | 0,08%         |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage vom den Stadtwerken Neuburg

## Sanierung öffentlicher (kommunaler) Gebäude

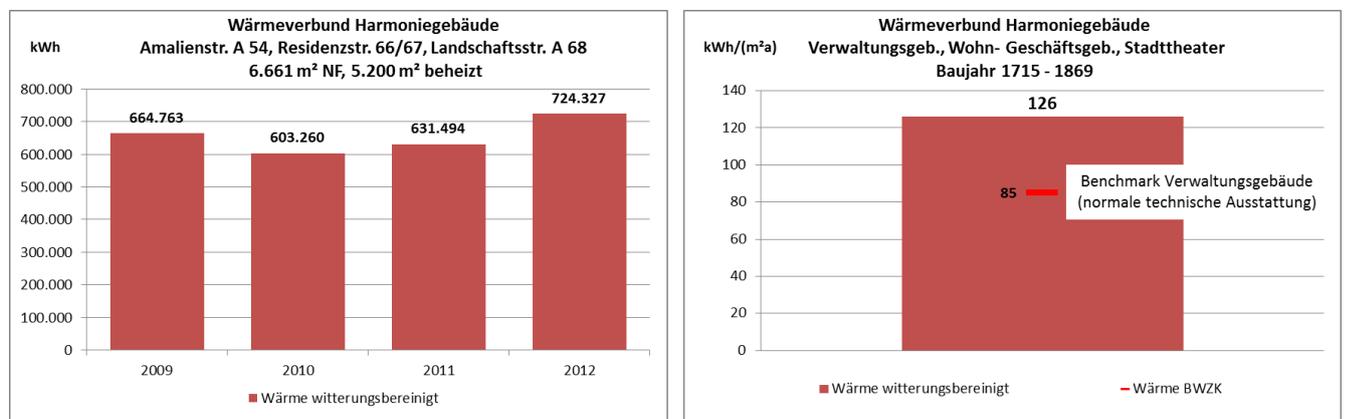
Im Rahmen des Energienutzungsplanes wurden für alle kommunalen Gebäude die Verbrauchswerte erhoben und in einem Benchmark den Vergleichswerten aus dem Bauwerkzuordnungskatalog (BWZK) gegenübergestellt. Für den Benchmark der kommunalen Liegenschaften wurden durch die Stadtverwaltung die Wärme- und Stromverbräuche der Jahre 2009/2010/2011/2012 zur Verfügung gestellt. Die Energieträger zur Wärmeerzeugung (Heizöl, Erdgas, Flüssiggas, Pellets) werden in kWh umrechnet und witterungsbereinigt. Somit ist die Entwicklung des Wärmeverbrauchs der einzelnen Jahre vergleichbar. Der Benchmark wurde für 43 kommunale Liegenschaften durchgeführt, wobei die Wärmeversorgung einiger Gebäude im Wärmeverbund erfolgt.

In Absprache mit der Stadtverwaltung wurden außerdem das Harmoniegebäude, die Burgwehr und die Parkschule (Mittelschule) für eine Gebäudebegehung ausgewählt. Im Zuge der Begehung werden sowohl die Hülle, als auch die vorhandene Heizungstechnik und Beleuchtung aufgenommen und in einem Kurzbericht dokumentiert. Hier werden Defizite aufgezeigt und Energieeffizienzpotenziale mit Handlungsempfehlungen dargestellt.

Folgende Abbildungen zeigen beispielhaft die Verbrauchserfassung und den Benchmark für das Harmoniegebäude:

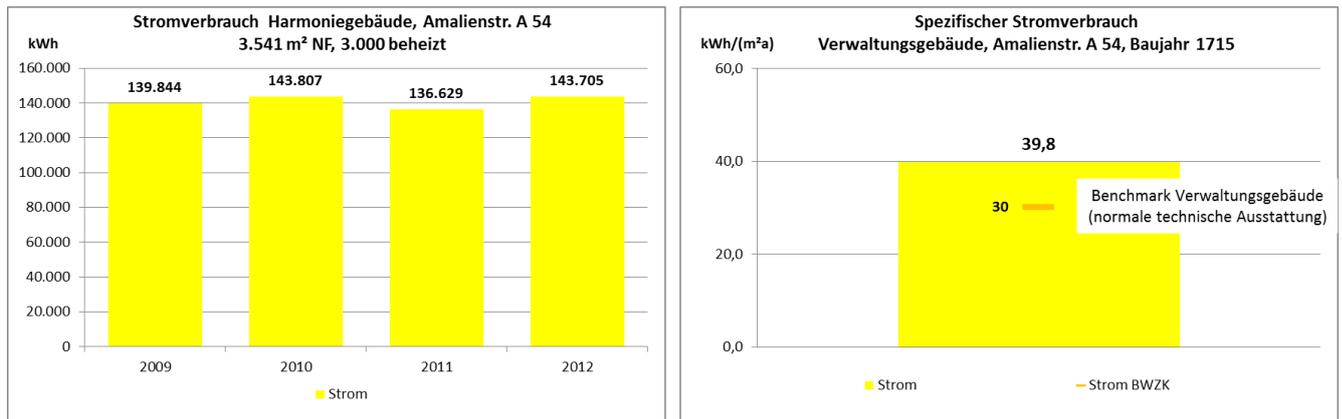
### Abbildung 9: Benchmark Wärmeverbund Harmoniegebäude

Die Erdgas-Heizzentrale im Harmoniegebäude versorgt einen Wärmeverbund mit den angrenzenden Gebäuden Residenzstraße 66/67 und Landschaftsstraße A 68. Im Wärmeverbund sind in den versorgten Gebäuden keine Wärmemengenzähler installiert, somit ist eine individuelle Bewertung nicht möglich.



Der gesamte, witterungsbereinigte Wärmeverbrauch betrug im Jahr 2012 knapp 725.000 kWh und war somit um 20% höher als im Jahr 2010. Der spezifische Wärmeverbrauch beträgt im vier Jahresdurchschnitt 126 kWh/(m²a) bezogen auf die beheizte Gesamtnutzfläche von 5.200 m² und liegt somit um knapp 50% über dem Vergleichswert für Verwaltungsgebäude. Der hohe Wärmeverbrauch ist auf das Baualter der Gebäude zurückzuführen.

Würde der Wärmeverbund Harmoniegebäude durch eine energetische Gebäudesanierung dem Vergleichswert entsprechen, könnten jährlich ca. 210.000 kWh eingespart werden.

**Abbildung 10: Benchmark Strom Harmoniegebäude**

Der Stromverbrauch im Harmoniegebäude lag in den letzten vier Jahren relativ konstant um die 140.000 kWh. Der spezifische Wärmeverbrauch beträgt im vier Jahresdurchschnitt knapp 40 kWh/(m²a) bezogen auf die gesamte Nutzfläche von 3.541 m² und liegt um 33% über dem Vergleichswert.

Wenn der Stromverbrauch durch Optimierung der Beleuchtung, der EVD und Vermeidung von Stand-By Verlusten dem Vergleichswert entspricht könnten jährlich rund 35.000 kWh eingespart werden.

Insgesamt verbrauchen die kommunalen Gebäude in Neuburg 7.435.000 kWh Wärme und 1.082.000 kWh Strom. Viele Gebäude liegen weit über den Vergleichswerten nach dem Bauwerkzuordnungskatalog. Hier ist für die Stadt ein erhebliches Einsparpotenzial und somit eine Kostensenkung vorhanden.

Ein erster Schritt kann das kommunale Energiemanagement sein. Hier erfolgt unter anderem ein detailliertes Monitoring der Verbrauchsdaten, die Optimierung der vorhandenen Technik, Schulung von Hausmeistern und Nutzern sowie intensive fachliche Zuarbeit bei anstehenden Investitionsentscheidungen. Allein durch ein verbessertes Nutzer- und Bedienerverhalten sowie eine Optimierung der vorhandenen Anlagentechnik können die Energiekosten um bis zu 20% gesenkt werden, ohne größere Investitionen tätigen zu müssen.

Große Investitionen sind in erster Linie bei der energetischen Sanierung der Gebäudehülle nötig. Wegen knapper Haushaltskassen werden hier oftmals keine Maßnahmen ergriffen. Die Dämmung der obersten Geschosdecke ist aber meist eine relativ kostengünstige Maßnahme und in vielen kommunalen Gebäuden möglich. Die Stadt Neuburg hat z.B. das Rathaus vom Juli 2011 bis Februar 2013 umgebaut und teilweise energetisch saniert (Dämmung Dach, Dämmung Boden im Treppenhausebereich). Der sehr hohe spezifische Wärmeverbrauch (149 kWh/m²) wird sich dadurch in Zukunft reduzieren.

### Anforderungen an die ökologische Bauleitplanung

Die Stadt Neuburg plant einige neue Baugebiete auszuweisen. Hier bietet die ökologische Bauleitplanung ein erhebliches Potenzial zur Energieeinsparung. Am Baugebiet „Ried Straßäcker“ wurde im Rahmen des Energienutzungsplanes exemplarisch eine ökologische Bauleitplanung durchgeführt.

Der bestehende Bebauungsplan weist 30 Baufelder auf, in denen jeweils freistehende Einfamilienhäuser geplant sind. In Abstimmung mit dem Stadtplanungsamt wurde für die optimierte Variante des Bebauungsplans eine Ansammlung aus Einfamilienhäusern, Doppelhäusern, Reihenhäusern sowie Reihenhäuser als Mehrgenerationenhaus mit Pultdachform geplant. Als Energiestandards wurden die verschärfte EnEV 2014 (gilt ab 01.01.2016) und der Passivhausstandard festgelegt.

Infolge der Verdichtung durch Doppel- und Reihenhäuser ergeben sich energetische Vorteile. Durch die optimierte Kompaktheit der Gebäude sind hier die spezifischen Wärmeverluste der Gebäudehülle gegenüber Einfamilienhäusern um ca. 10% bis 15% geringer. Folgende Abbildung zeigt die optimierte Variante für das Baugebiet Ried Straßäcker:

Abbildung 11: Optimierte Planung Ried Straßäcker



Quelle: Dipl. Ing. (FH) Architekt Rupert Diels (Plan M 1:1000 im Anhang)

Im Vergleich zum bestehenden Bebauungsplan können wegen der optimierten Abstandsverhältnisse sowie durch die Verdichtung mittels Reihen- und Doppelhäuser 8 zusätzliche Wohneinheiten geschaffen werden. Die optimierte Planung hat außerdem einen Wohnflächengewinn von 63% (2.690 m<sup>2</sup>), der gesamte Endenergiebedarf der EnEV-Varianten ist aber lediglich um 15% höher. Beim Pas-

sivhausstandard ergibt sich für den Endenergiebedarf eine Einsparung von 22% gegenüber der Bestandsplanung.

Der spezifische Wärmebedarf der Optimierten Planung nach EnEV ist mit durchschnittlich 54 kWh/m<sup>2</sup> um 30% geringer als die Ausgangsplanung mit 77 kWh/m<sup>2</sup>. Die Passivhäuser haben nur noch einen Wärmebedarf von 37 kWh/m<sup>2</sup>.

Der Passivhausstandard wird über die KfW-Bank durch das Programm "Energieeffizient Bauen" neben einem zinsgünstigen Darlehn (75.000 € je Wohneinheit) mit einem Tilgungszuschuss in Höhe von max. 5.000 € je Wohneinheit gefördert. Die Stadt Neuburg an der Donau bietet zusätzlich über eine **Positivliste (bei Veräußerung städtischer Grundstücke zur Wohnbebauung)** für den Passivhausstandard einen Kaufpreinsnachlass von 12 € je m<sup>2</sup> Grundstücksfläche an. Durch die Fördermöglichkeiten sind die Mehrkosten des Passivhauses beinahe gedeckelt.

### Motivation bei der Sanierung von Wohngebäuden

Wie oben bereits beschrieben, wird ein Großteil des Energiebedarfs für das Wohnen benötigt. In der Sanierung des Gebäudebestandes lassen sich enorme Einsparpotenziale wecken, die in anderen Lebens- und Wirtschaftsbereichen nicht üblich sind. Betrachtet man den CO<sub>2</sub>-Ausstoß fossiler Brennstoffe als Kenngröße, so lassen sich mit weitreichenden Maßnahmenkombinationen Entlastungen der Umwelt auf ein Zehntel und weniger des Ausgangswertes erreichen.

Wohngebäude besitzen eine hohe Lebensdauer von durchschnittlich 60 – 80 Jahren, die begleitet wird von mehreren Erneuerungszyklen. Dabei reicht die Spannweite von „Großmodernisierungen“, bei der der Bestand bis auf das konstruktive Grundgerüst zurückgebaut wird, über die Erneuerung der Haustechnik beim Austausch eines Heizkessels oder der Umstellung auf einen anderen Energieträger bis zu internen Veränderungen, die sich nicht unbedingt im baulichen Bereich zeigen müssen.

Ein Haus sollte bei einer energetischen Sanierung immer als Ganzes betrachtet werden, um Bauschäden zu vermeiden und um zu erkennen, welche Maßnahmen das beste Kosten-Nutzen-Verhältnis haben. Viele Maßnahmen sind kombinierbar; es empfiehlt sich, vor Beginn einer energetischen Sanierung einen Energieberater hinzuzuziehen, um für das jeweilige Gebäude ein optimales Maßnahmenbündel zu finden.

Eine umfangreiche energetische Sanierung ist sehr kostspielig und ist meist nur wirtschaftlich darstellbar wenn „sowieso“ Maßnahmen am Gebäude anstehen. Staatliche Förderprogramme wie z.B. „Energieeffizient Sanieren“ der KfW unterstützen diese Maßnahmen durch zinsgünstige Kredite und Zuschüsse.

Die Stadt Neuburg bietet zusätzliche Anreize durch das **Förderprogramm Klima- und Ressourcenschutz**, das energetische Sanierungsmaßnahmen der Gebäudehülle und die Umstellung auf effiziente Wärmeherzeugung finanziell unterstützt.

Der Sanierungspfad Wohngebäude in diesem Bericht (Punkt 7.5) beschreibt detailliert Finanzierungsmöglichkeiten und Sanierungsmaßnahmen für typische im Stadtgebiet vorkommende Gebäudetypen.

# 1 Ausgangslage

## 1.1 Aufgabenstellung und Energiepolitische Zielsetzung der Kommune

Der Grundstein für die energiepolitische Zielsetzung der Stadt Neuburg an der Donau wurde bereits vor Jahrzehnten gelegt. Es war die Vision des damaligen Umweltreferenten Hans Mayr vom „**erdölfreien Neuburg**“, in der er das Ziel einer effizienten Energieversorgung unter Verzicht auf fossile Energieträger und mit möglichst umfassender Nutzung regenerativer Quellen klar formuliert hatte. Dies war die Initialzündung und gleichzeitig auch der Nährboden für eine aktive und langanhaltende Agenda 21 - Arbeit (seit 1998) quer durch alle Bevölkerungsschichten in Neuburg und für eine Neuorientierung der kommunalen Energiepolitik. Bereits im Jahr 1997 war in der Stadtverwaltung die Stabsstelle Umweltschutz und Agenda 21 eingerichtet worden. Seit dieser Zeit wird die Lokale Agenda 21 in insgesamt sieben Arbeitskreisen aktiv und kreativ in Neuburg gelebt. Die Arbeitskreise Energie und Stadtentwicklung haben schon früh den Gedanken der Abwärmenutzung aufgegriffen und die Idee von Nahwärmenetzen mit regenerativen Energieträgern verfolgt. Seit 1992 hat die Stadt Neuburg Solaranlagen gefördert und bietet mittlerweile ein äußerst vielfältiges Förderprogramm „**Klima- und Ressourcenschutz**“ für Neuburger Bürger an, die in Erneuerbare Energien und Energieeffizienz investieren.

Initiiert von der Lokalen Agenda 21 und Mitgliedern des Stadtrates wurde im Jahr 2005 das **f10 Forschungszentrum für Erneuerbare Energien Neuburg GmbH** mit der Stadt Neuburg als alleinigem Gesellschafter gegründet. Mit seinem ganzheitlichen Ansatz der Integration aller erneuerbaren Energieträger und seinen Schwerpunkten in den Bereichen Biomasse, Energieeffizientes Bauen, Dezentrale Energiesysteme und Nahwärmenetze hat das f10 in Bayern eine Alleinstellung; es ist deutschlandweit ebenso wie im internationalen Kontext tätig. Zielgruppen seiner Aktivitäten sind Kommunen, öffentliche Einrichtungen, gewerbliche, kommunale und landwirtschaftliche Unternehmen, für die Lösungen ihrer energetischen Aufgabenstellungen erarbeitet und geplant werden.

Von 2007-2009 nahm die Stadt am **EU-Projekt RES PUBLICA** teil. Herzstück dabei war die Erarbeitung einer international anwendbaren Methode für Kommunen zur Förderung Erneuerbarer Energien, zur Reduzierung des Energieverbrauchs und zur Steigerung der Energieeffizienz. Darüber hinaus entwickelte jeder Projektpartner ein Energieprogramm mit Energieleitbild für seine Kommune. Für eine möglichst breite Basis wurde dieses in acht Workshop-Sitzungen unter der Beteiligung aller relevanten Stakeholder nach dem „bottom-up“ Prinzip (30 verschiedene Akteure - Firmen, Politik, Multiplikatoren-) erarbeitet. Als Resultat stand das **Neuburger Energie-Leitbild** untermauert vom Neuburger Energieprogramm mit konkreten Maßnahmenvorschlägen auf einem soliden Fundament. Im Dezember 2008 verabschiedete der Stadtrat das Neuburger Energieleitbild. Kernaussage ist die Einsparung von 30 % CO<sub>2</sub> bis zum Jahr 2020 (Basisjahr 2006). Diese Reduktion um fast 111.000 t CO<sub>2</sub> soll durch Energieeinsparung (z.B. Gebäudesanierungen um Faktor 10), höhere Energieeffizienz (z.B. Nutzung der industriellen Abwärme für ein Fernwärmenetz) und durch den Einsatz von erneuerbaren Energien (z.B. Biomasse-Heizkraftwerk im Fernwärmenetz) erreicht werden. Parallel zum RES PUBLICA Prozess hat die Stadt Neuburg eine **Endenergiebilanz** in Auftrag gegeben, um Einsparziele mit konkreten Zahlen belegen zu können.

Es war vor allem die konsequente **Abwärmenutzung**, die es den Vertretern der energieintensivsten Industriebetriebe der Arbeitsgruppe RES PUBLICA möglich machte, das 30% Einspar-Ziel mitzutragen. So brachte das Angebot eines Firmeneigentümers für 10 Jahre sein Abwärmepotenzial kostenlos zur Verfügung zu stellen den Stein ins Rollen. Unter maßgeblicher Mitwirkung des Forschungszentrums f10 wurde das Projekt „Abwärme-/Nahwärme Neuburg“ entwickelt. Für dessen Umsetzung wurde im Jahr 2010 das kommunale Tochterunternehmen „Wärmeversorgung Neuburg GmbH“ gegründet, dessen Aktivitäten 2013 in die Stadtwerke integriert wurden.

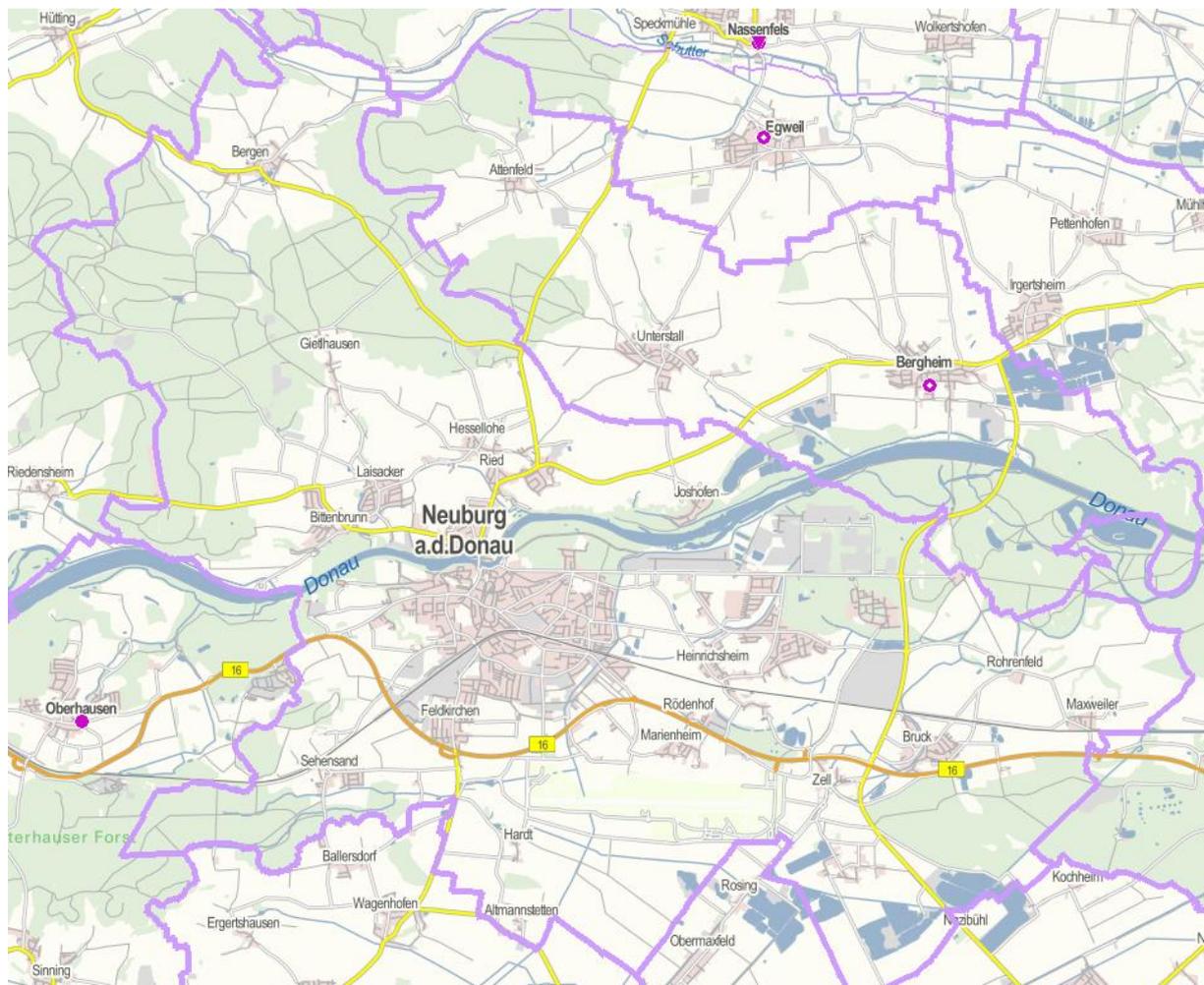
Durch einstimmigen Beschluss des Stadtrats wurde eine **nachhaltige und bezahlbare Energieversorgung** für die eigenen Bürger zum wesentlichen Bestandteil der **sozialen Daseinsvorsorge** erklärt und das Projekt mit einer Gesamtinvestition von 135 Mio. € (über 15 Jahre verteilt) verabschiedet. Im Endausbau sollen 3500 Privathaushalte, möglichst viele öffentliche Liegenschaften, gewerbliche Gebäude und Industrieanlagen an das Fernwärmenetz angeschlossen sein. Darüber hinaus werden verschiedene Produktionsbetriebe mit Prozessenergie versorgt und parallel dazu ein Kommunikationsnetz auf der Basis von Glasfasertechnologie aufgebaut.

## 1.2 Rahmendaten

### 1.2.1 Beschreibung des Gebiets

Die große Kreisstadt Neuburg an der Donau liegt im Regierungsbezirk Oberbayern nordöstlich von Augsburg und westlich von Ingolstadt und ist Sitz der Kreisverwaltung des Landkreises Neuburg-Schrobenhausen.

**Abbildung 12: Übersichtskarte Stadt Neuburg an der Donau**



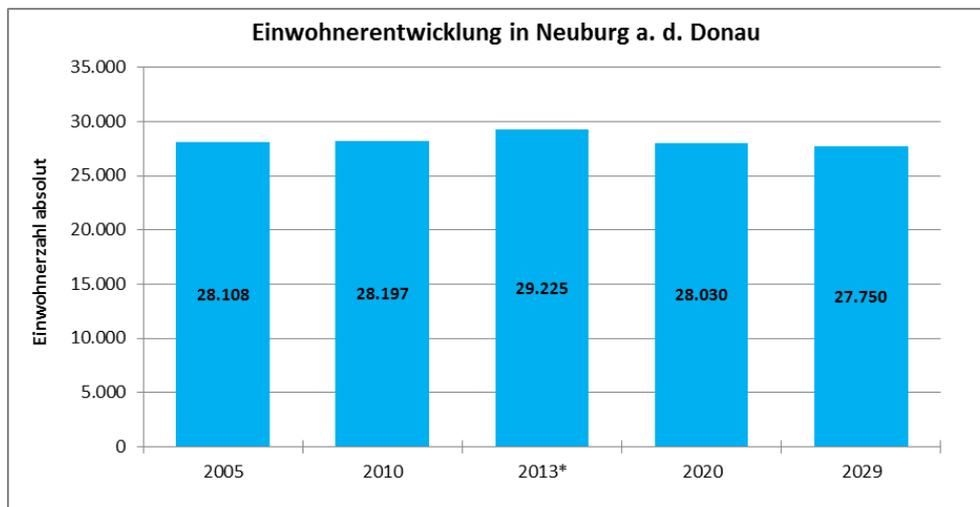
Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage [www.energieatlas.bayern.de](http://www.energieatlas.bayern.de)

Zur Stadt Neuburg an der Donau gehören die Orte Altmannstetten, Auschlösschen, Bergen, Bittenbrunn, Bruck, Bürgerschwaige, Eulahof, Feldkirchen, Forsthof, Gietlhausen, Gnadenfeld (Kahlhof), Grünau, Hardt, Heinrichsheim, Herrenwörth, Hessellohe, Joshofen, Laisacker, Marienheim, Maxweiler, Ried, Rödendorf, Rohrenfeld, Rothheim, Sebensand, Zell und Ziegelau.

## 1.2.2 Demographie und demographische Entwicklung

Zum 31.10.2013 hatte die Stadt Neuburg 29.225 Einwohner. Die Bevölkerungsdichte beträgt ca. 348 Einwohner pro Quadratkilometer und liegt damit über dem Durchschnitt des Landkreises Neuburg-Schrobenhausen mit 142 EW/km<sup>2</sup> sowie dem bayerischen Mittel von 179 EW/km<sup>2</sup>.

**Abbildung 13: Einwohnerzahl Neuburg a. d. Donau mit Prognose bis 2029**



Quelle: Eigene Grafik auf der Grundlage von Statistik kommunal und Demographie-Spiegel für Bayern (Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung) \*Stand 31.10.2013

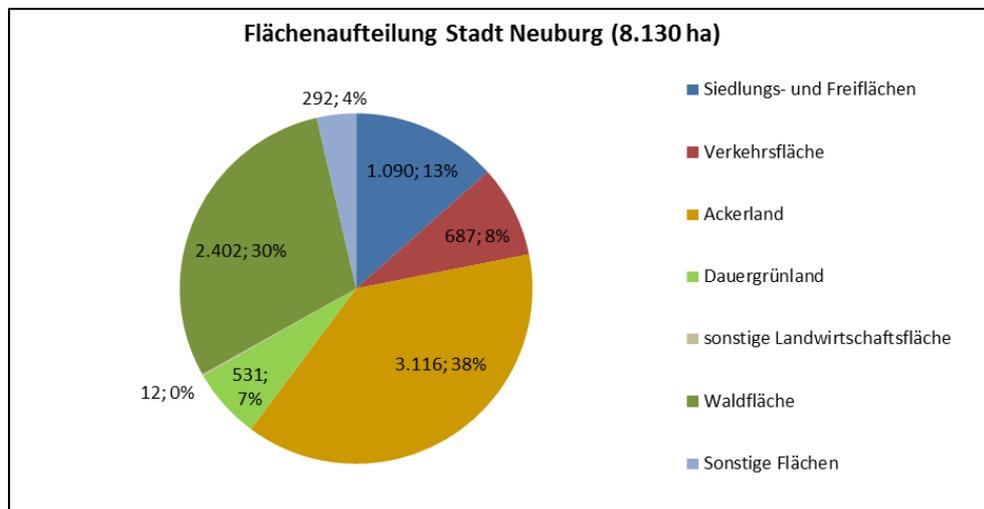
In den letzten Jahren ist die Bevölkerung kontinuierlich gewachsen. Nach dem Demographie-Spiegel für Bayern kommt es bis 2029 allerdings zu einem Rückgang um ca. 5%.

Veränderungen wird es auch hinsichtlich der Altersstruktur geben. So wird sich bis 2029 das Durchschnittsalter der Einwohner von aktuell rund 43 Jahren auf 46 Jahre erhöhen.

### 1.2.3 Flächennutzung

Das Stadtgebiet mit den umliegenden Orten umfasst insgesamt 8.130 ha, davon gelten 13% als Siedlungs- und Verkehrsfläche. Ca. 45% sind Landwirtschaftsfläche, hiervon werden 3.116 ha als Ackerland und 531 ha als Dauergrünland genutzt. Rund 30% des Gebietes sind Waldfläche.

**Abbildung 14: Flächennutzung in Neuburg a. d. Donau**



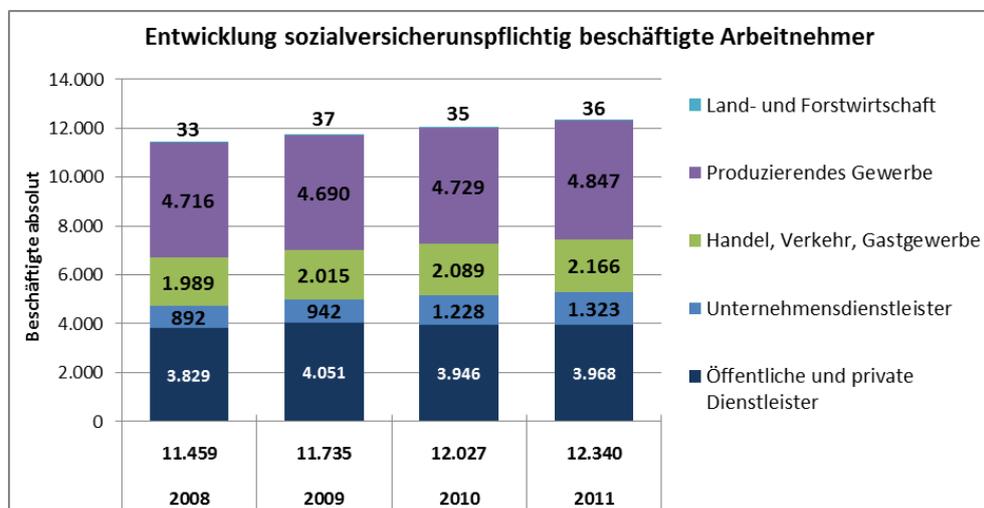
Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage Statistik kommunal 2012

Der insgesamt recht hohe Anteil an Wald- und Landwirtschaftsfläche bietet auch im Stadtgebiet selbst Potenzial zur Nutzung erneuerbarer Energien. Weitere nutzbare Potenziale sind im umliegenden Landkreis zu sehen.

### 1.2.4 Wirtschaft und Beschäftigung

Insgesamt waren im Jahr 2011 12.340 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte am Arbeitsort gemeldet. In allen Bereichen, ausgenommen öffentliche und private Dienstleister, ist in den letzten Jahren ein Anstieg zu verzeichnen. Mit 40% der Beschäftigten hat das produzierende Gewerbe den größten Anteil.

**Abbildung 15: Beschäftigte nach Sektoren 2008-2011**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage Statistik kommunal 2012

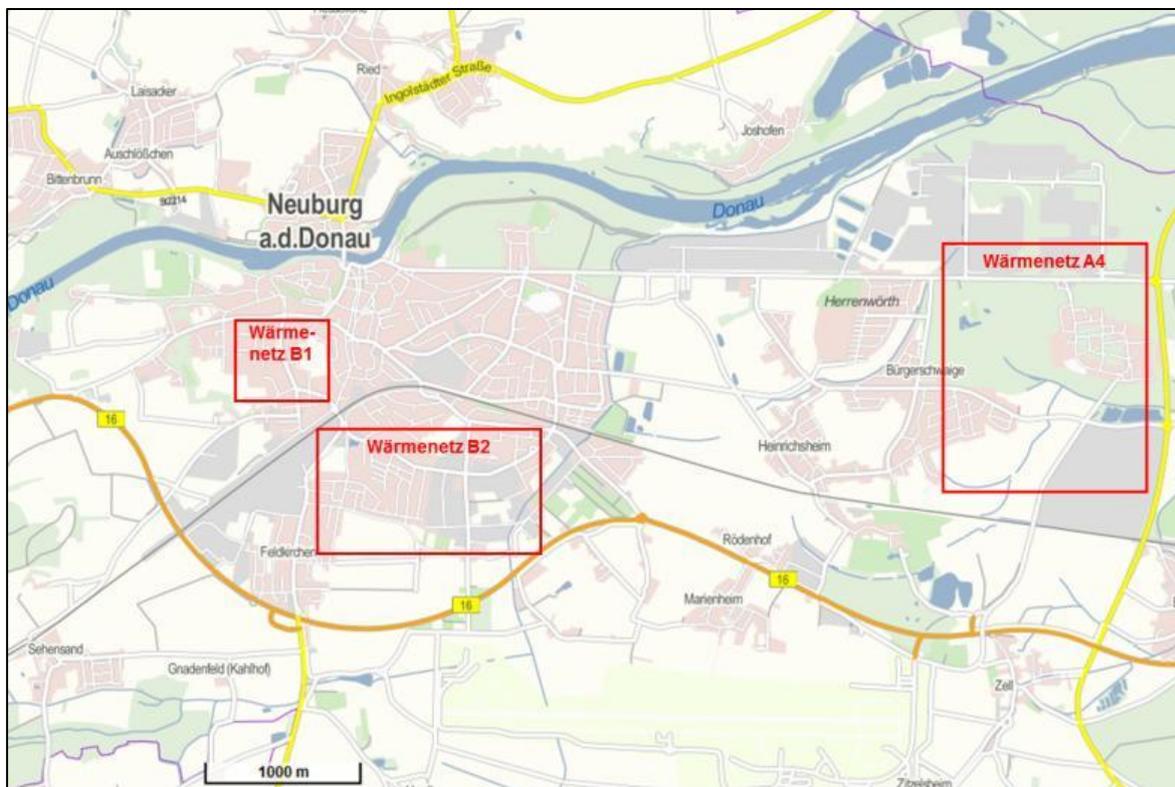
## 2 Bestandsanalyse

### 2.1 Energieverbrauch und Energieinfrastruktur

#### 2.1.1 Energieinfrastruktur / Wärmebereitstellung

Die aktuelle Situation der Energieinfrastruktur der Stadt Neuburg wird wesentlich bestimmt durch die bereits als Inseln existierenden drei Nahwärmenetze Altenheim St. Augustin, Goldanger/Schwalbanger sowie Audi/Bundeswehr/Donaumalz und deren künftige Verknüpfung und Integration in das Fernwärmenetz Neuburg. Aus Abbildung 5, die die Übersichtskarte der Stadt Neuburg mit Markierungen für die drei bestehenden Wärmenetze zeigt, geht klar hervor, dass es sich bislang jeweils um eine Insellösung handelt.

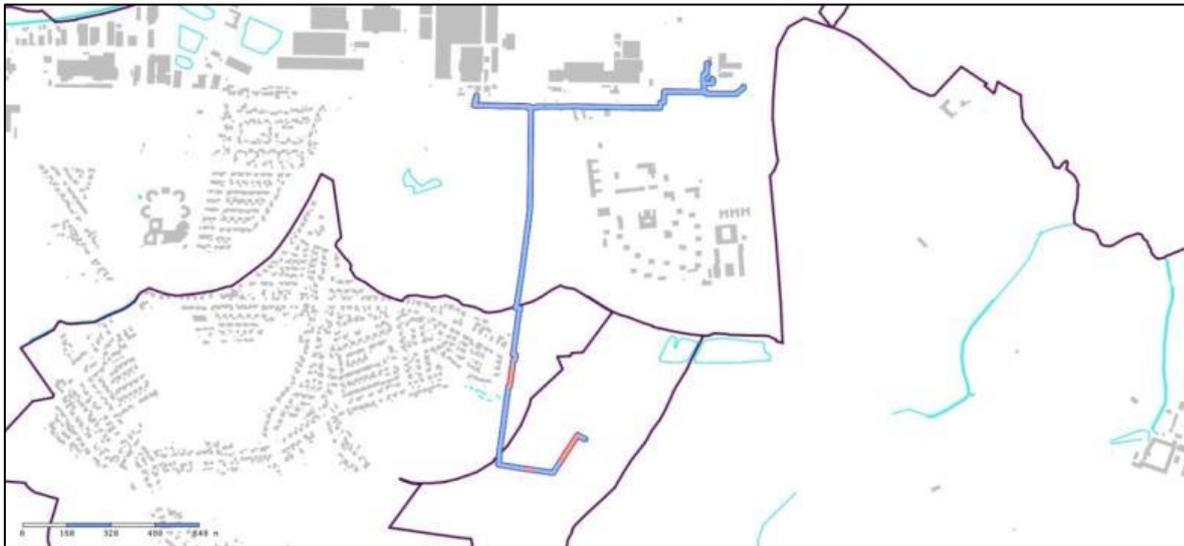
**Abbildung 16: Stadt Neuburg mit Markierungen der drei Wärmenetze**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage [www.energieatlas.bayern.de](http://www.energieatlas.bayern.de)

Abbildung 6 zeigt das Wärmenetz im Industriegebiet von Neuburg. Es verbindet mit der kürzeren horizontalen West-Ost Trasse die beiden Firmen Saint Gobain als Wärmelieferant und Donau-Malz als Verbraucher. Die Nord-Süd-Trasse verbindet das Betriebsgelände der Audi AG mit der Haupttrasse. In diesem Abschnitt wurde die erste Abwärmequelle erschlossen. Bei dem Glasproduzenten Saint Gobain wird dem Rauchgas, welches bisher ungenutzt an die Umwelt abgegeben wurde, thermische Energie entzogen. Die Abwärmeleistung beträgt nach Wannenumbau ca. 2,8 MW. Für die Spitzenlastabdeckung wurde eine Erdgaskesselanlage mit einer thermischen Leistung von 15 MW installiert. Es wird in Zukunft zusätzlich ein Blockheizkraftwerk inkl. eines Wärmespeichers mit 235 m<sup>3</sup> in Betrieb genommen.

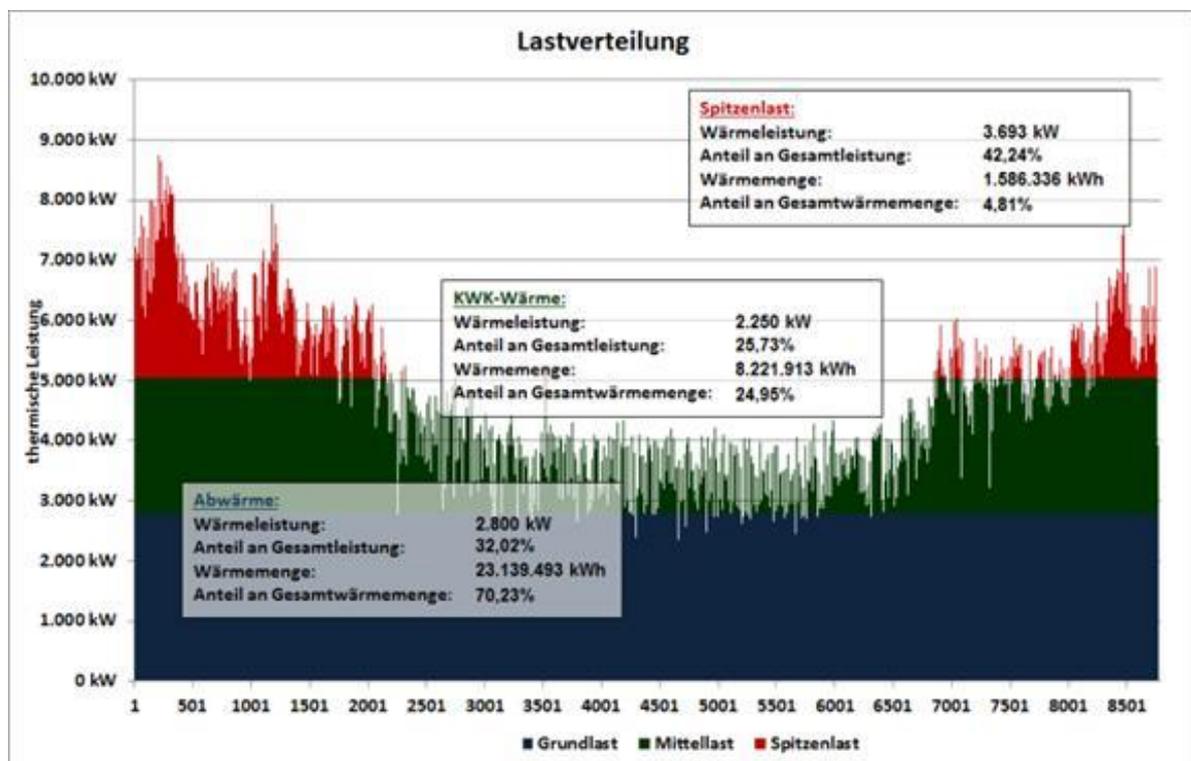
Abbildung 17: Wärmenetz A4



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage [www.geoportal10.de/stwnd](http://www.geoportal10.de/stwnd)

In diesem Abschnitt werden die ersten Wärmekunden seit 2014 versorgt. In diesem Bauabschnitt werden derzeit lediglich zwei Kunden (Donau Malz, Audi) versorgt. Demnächst wird zusätzlich noch die Wilhelm-Frankl-Kaserne der Bundeswehr mit Wärmeenergie versorgt. Die folgenden Projektdaten beziehen sich auf den zu erwartenden Wärmeabsatz ab 2015. Die Abbildung 7 zeigt die Lastverteilung in dem Gebiet A1.

Abbildung 18: Lastverteilung im Gebiet A4



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage vom den Stadtwerken Neuburg

Der prognostizierte Gesamtwärmebedarf (inkl. Netzverluste) beläuft sich in 2015 auf ca. 33.000 MWh bei 3 Wärmekunden. Der KWK-Anteil inkl. Abwärme beträgt dann, mit den beschriebenen Wärmeerzeugungsanlagen, ca. 95 %. Die Tabelle 1 zeigt noch abschließend die bisher verbauten Netzlängen und Dimensionen in diesem Gebiet.

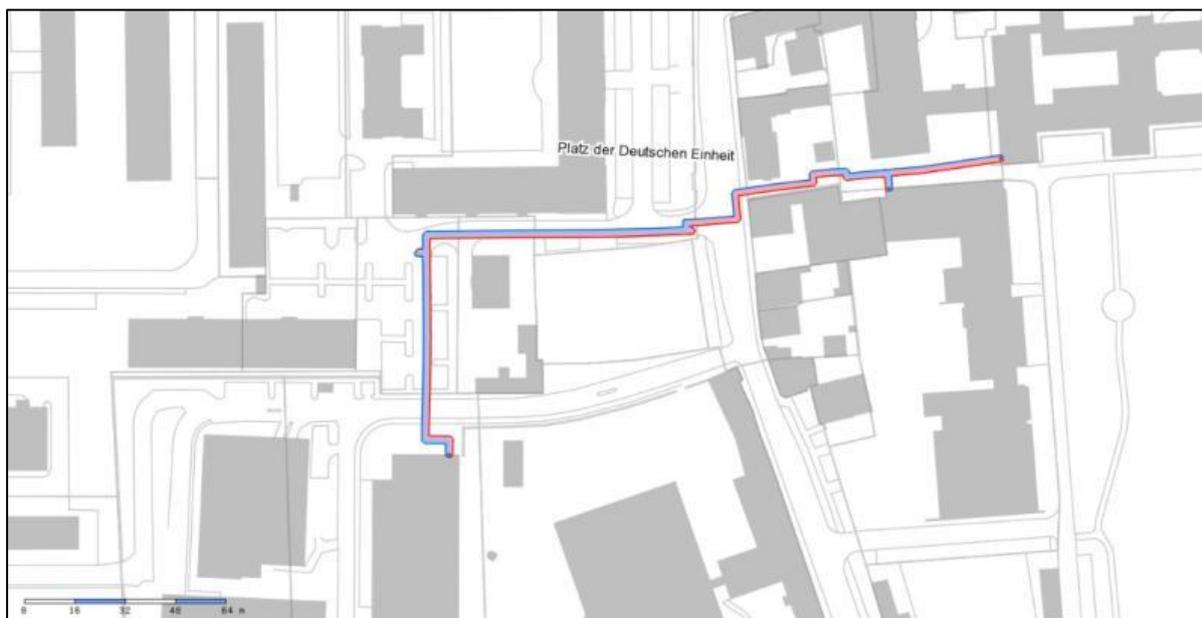
**Tabelle 4: Netzlängen und Dimensionen A4**

| Netzlängen A4 |              |                  |
|---------------|--------------|------------------|
| Dimension     | Hauptleitung | Anschlussleitung |
| DN32          |              | 85,34 m          |
| DN50          |              | 4,89 m           |
| DN100         |              | 3,13 m           |
| DN125         |              | 1,07 m           |
| DN150         | 2.007,69 m   |                  |
| DN200         | 1.129,08 m   |                  |
| Gesamt        | 3.136,77 m   | 94,43 m          |
|               | 3.231,20 m   |                  |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage vom den Stadtwerken Neuburg

Die Abbildung 8 zeigt das Wärmenetz B1. Die Kliniken St. Elisabeth errichten derzeit zwei Blockheizkraftwerke (BHKW) mit einer elektrischen Leistung von je 420 kW und einer thermischen Leistung von je 504 kW. Die BHKW werden strom- und wärmegeführt betrieben, wodurch die Klinik in der Lage ist, nahezu ihren gesamten Strombedarf durch die BHKW zu erzeugen. Um die bei der Stromproduktion anfallende thermische Energie auch in den „wärmeren“ Jahreszeiten verwerten zu können, wird die Wärmeenergie in das Wärmenetz der Stadtwerke Neuburg eingeführt. Die Inbetriebnahme der BHKW erfolgt nach derzeitigen Planungen im Juli 2014. Für die Bereitstellung der Reserve- und Spitzenlast dienen zwei bestehende Erdgaskessel mit einer Leistung von je 1.000 kW<sub>th</sub>.

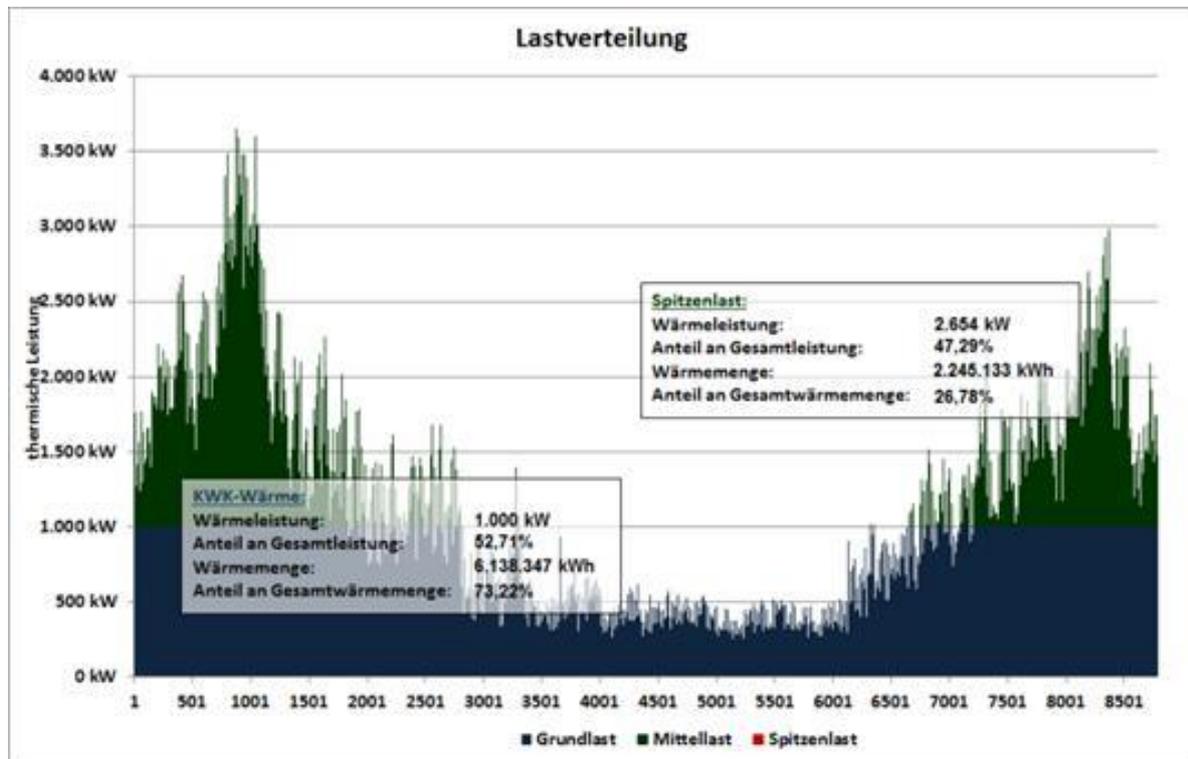
**Abbildung 19: Wärmenetz B1**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage [www.geoportal10.de/stwnd](http://www.geoportal10.de/stwnd)

In diesem Abschnitt wird der erste Wärmekunde Altenheim St. Augustin versorgt. Der Baubeginn des ersten Teils der Wärmeleitung war aufgrund von Sanierungsarbeiten des Wärmekunden bereits früher. Die folgenden Projektdaten beziehen sich auf die maximale Ausbaustufe der Nahwärme, die derzeit von den Stadtwerken Neuburg errichtet und bald abgeschlossen sein wird. Die folgende Abbildung zeigt die Lastverteilung in dem Gebiet B1.

**Abbildung 20: Lastverteilung B1**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage vom den Stadtwerken Neuburg

Der prognostizierte Gesamtwärmebedarf (inkl. Netzverluste) beläuft sich auf ca. 8.385 MWh. Der KWK-Anteil beträgt dann, mit der beschriebenen Wärmeerzeugungsanlage ca. 73%. Die Dimensionen der Wärmeleitungen wurden ermittelt:

**Tabelle 5: Netzlängen und Dimensionen B1**

| Netzlängen B1 |              |                  |
|---------------|--------------|------------------|
| Dimension     | Hauptleitung | Anschlussleitung |
| DN50          |              | 5,67 m           |
| DN65          |              | 25,98 m          |
| DN80          |              | 92,28 m          |
| DN200         | 95,20 m      | 70,32 m          |
| Gesamt        | 95,20 m      | 194,25 m         |
|               | 289,45 m     |                  |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage vom den Stadtwerken Neuburg

Die Abbildung 10 zeigt einen Überblick über das Wärmenetz B2 mit seinen Erweiterungen. In den Jahren 2009/10 wurde in diesem Gebiet ein neues Wohngebiet errichtet. In diesem Zusammenhang wurde von den Stadtwerken Neuburg ein Wärmenetz gebaut, welches durch Pellet- und Erdgaskessel mit der notwendigen thermischen Energie versorgt wird. Aufgrund der hohen Nachfrage und anstehenden Sanierungsmaßnahmen von Wärmekunden wurde das Wärmenetz weiter ausgebaut. Infolge von Verzögerungen beim Bau des Heizkraftwerkes war es jedoch wegen mangelnder installierter Leistung nicht möglich sofort die errichteten Netzabschnitte in Betrieb zu nehmen. Die betroffenen Gebäude wurden notgedrungen mit mobilen Heizölcontainern versorgt. Durch eine Leistungserhöhung der Erdgaskesselanlage konnten diese Gebäude sukzessive an das Wärmenetz angeschlossen werden.

**Abbildung 21: Wärmenetz B2 und die Erweiterungen**

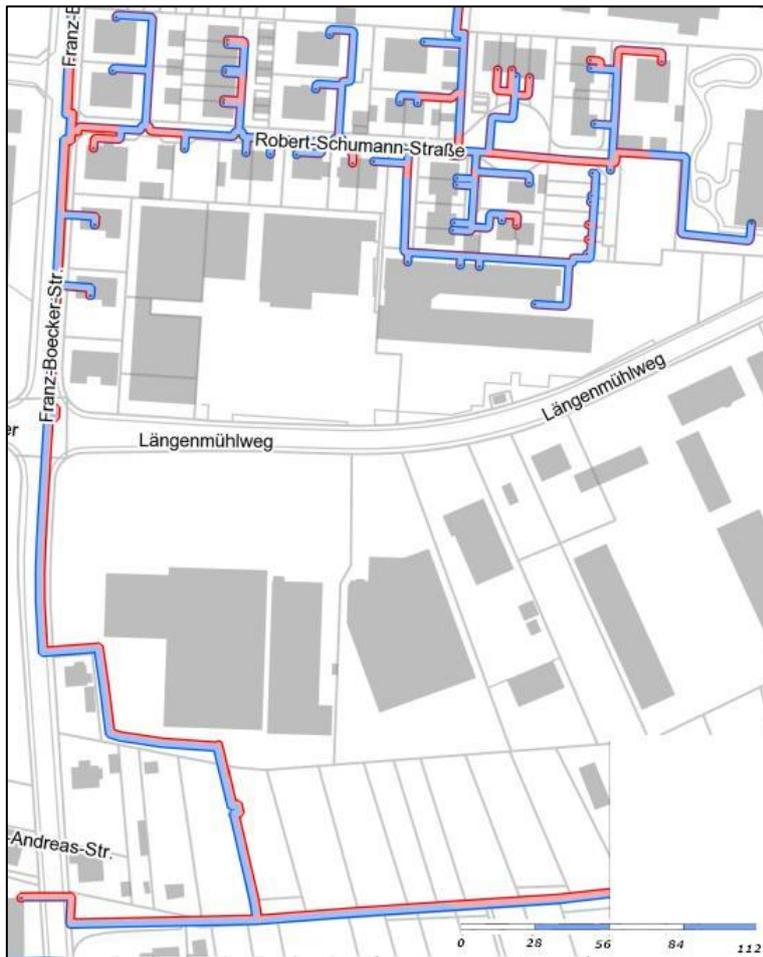


Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage [www.geoportal10.de/stwnd](http://www.geoportal10.de/stwnd)

Im Juli/August 2014 wird voraussichtlich das neu errichtete Heizhaus in Betrieb genommen. Dieses Heizhaus beinhaltet ein Blockheizkraftwerk mit einer thermischen Leistung von 1,3 MW, eine Erdgaskesselanlage mit 2 mal 5 MW und einen Wärmespeicher mit 250 m<sup>3</sup>. Darüber hinaus wird zusätzlich in 2015 nochmals ein Blockheizkraftwerk mit einer thermischen Leistung von 1,3 MW in das Erzeugungssystem mit eingebunden.

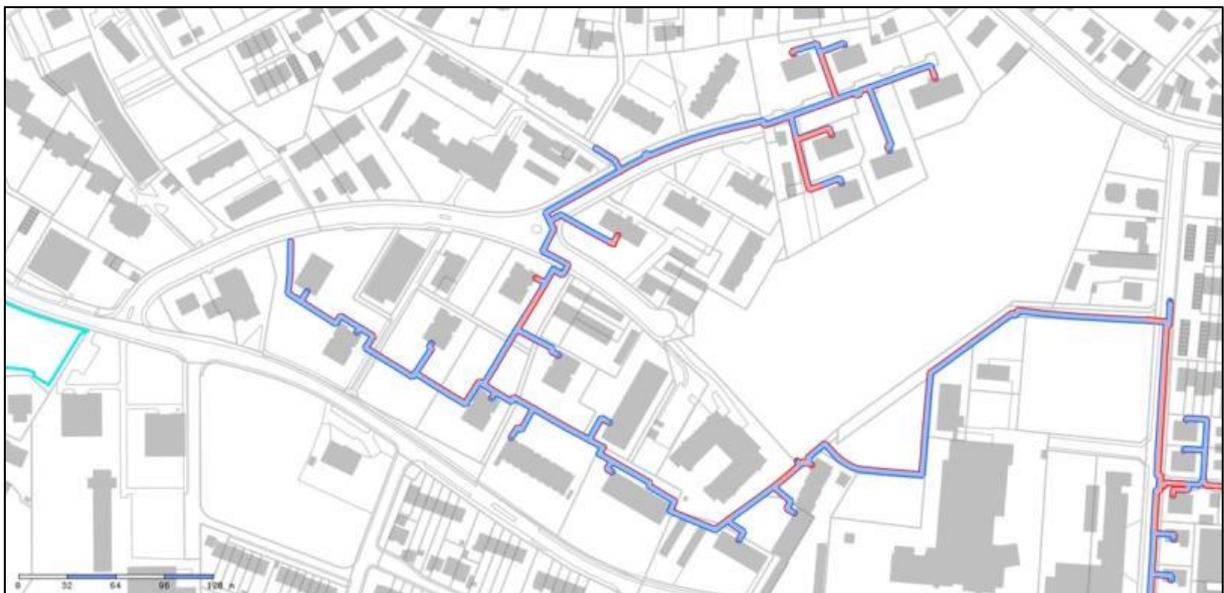
Die Abbildung 11, Abbildung 12 und Abbildung 13 stellen die einzelnen Teilabschnitte nochmals vergrößert dar:

**Abbildung 22: Wärmenetz B2**



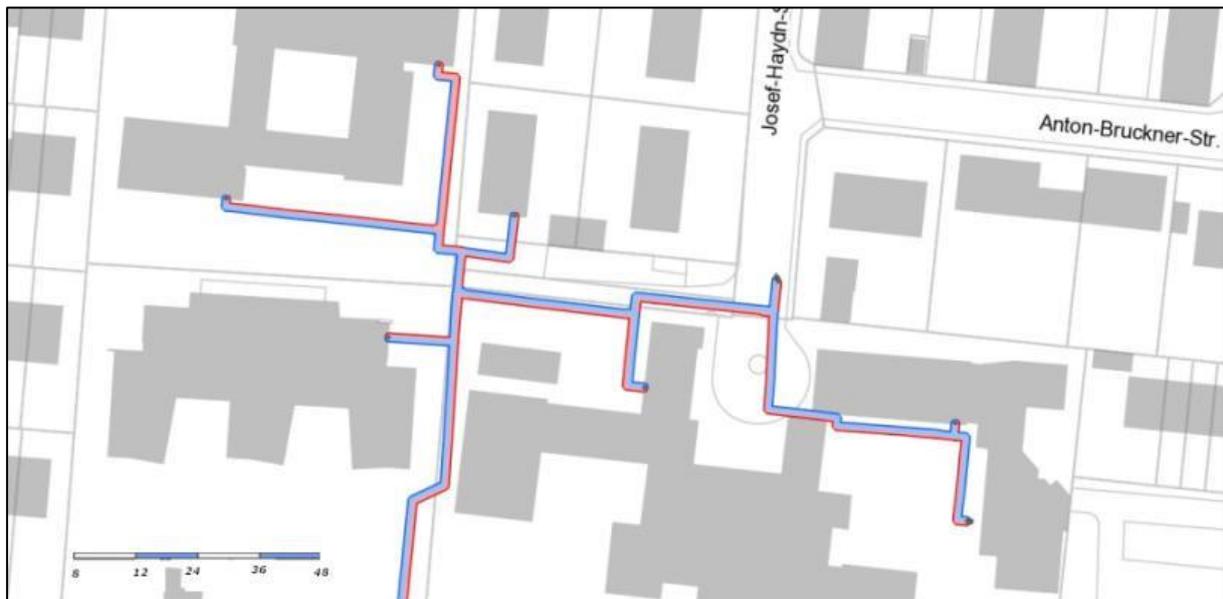
Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage [www.geoportal10.de/stwnd](http://www.geoportal10.de/stwnd)

**Abbildung 23: Wärmenetz B2 mit Erweiterung 2012**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage [www.geoportal10.de/stwnd](http://www.geoportal10.de/stwnd)

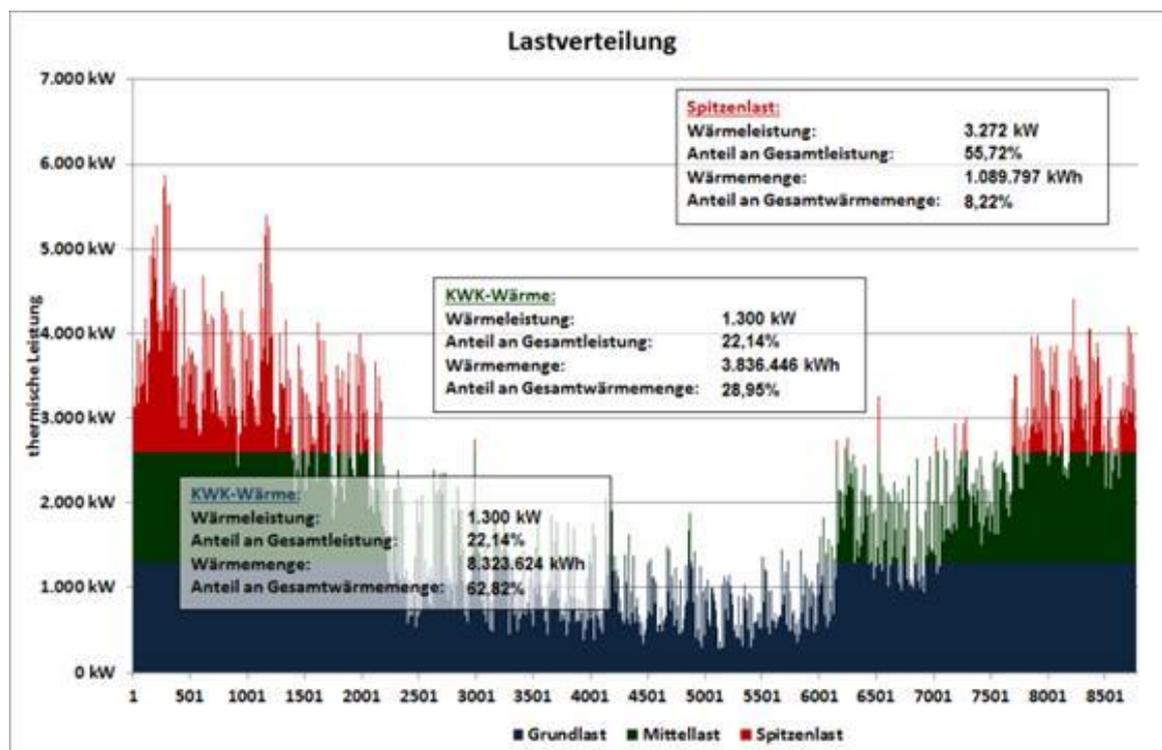
Abbildung 24: Wärmenetz B2 mit Erweiterung Goldanger



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage [www.geoportal10.de/stwnd](http://www.geoportal10.de/stwnd)

Der Baubeginn der Erweiterung „Goldanger“ und der Erschließung „Schwalbanger“ war aufgrund von Sanierungsarbeiten der Wärmekunden bereits früher. Die folgenden Projektdaten beziehen sich auf die geplante Ausbaustufe der Nahwärme, die derzeit von den Stadtwerken Neuburg an der Donau errichtet und voraussichtlich in 2015 abgeschlossen sein wird. Der prognostizierte Gesamtwärmebedarf (inkl. Netzverluste) beläuft sich in/nach 2015 auf ca. 13.250 MWh bei 111 Wärmekunden. Der KWK-Anteil beträgt dann, mit den beschriebenen Wärmeerzeugungsanlagen ca. 92 %. Folgende Abbildung zeigt die Lastverteilung im Gebiet B2.

Abbildung 25: Lastverteilung im Gebiet B2



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage vom den Stadtwerken Neuburg

Die Tabelle 3 zeigt die Längen und Dimensionen der im Gebiet B1 zum Einsatz gekommenen Wärmeleitung.

**Tabelle 6: Netzlängen und Dimensionen B2**

| Netzlängen B2 |              |                  |
|---------------|--------------|------------------|
| Dimension     | Hauptleitung | Anschlussleitung |
| DN 20         |              | 41,76 m          |
| DN 25         | 9,72 m       | 194,41 m         |
| DN 32         | 20,99 m      | 621,16 m         |
| DN 40         | 41,30 m      | 229,69 m         |
| DN 50         | 62,55 m      | 307,41 m         |
| DN 65         | 279,11 m     | 62,40 m          |
| DN 80         | 163,21 m     | 327,40 m         |
| DN 100        | 341,06 m     | 19,46 m          |
| DN 125        | 723,99 m     | 1,52 m           |
| DN 150        | 157,49 m     | 2,16 m           |
| DN 200        | 107,13 m     |                  |
| DN 250        | 443,24 m     |                  |
| <b>Gesamt</b> | 2.349,79 m   | 1.807,38 m       |
|               | 4.157,17 m   |                  |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage vom den Stadtwerken Neuburg

Abbildung 15 zeigt das im Stadtgebiet Neuburg verlegte Erdgasnetz. Die hier grün dargestellte Netzstruktur ist hauptsächlich im Süden der Stadt verlegt und hat nur eine Verbindungsleitung über die Donaubrücke zu den Verbrauchern im Norden der Stadt.

**Abbildung 26: Erdgasnetz der Stadt Neuburg**

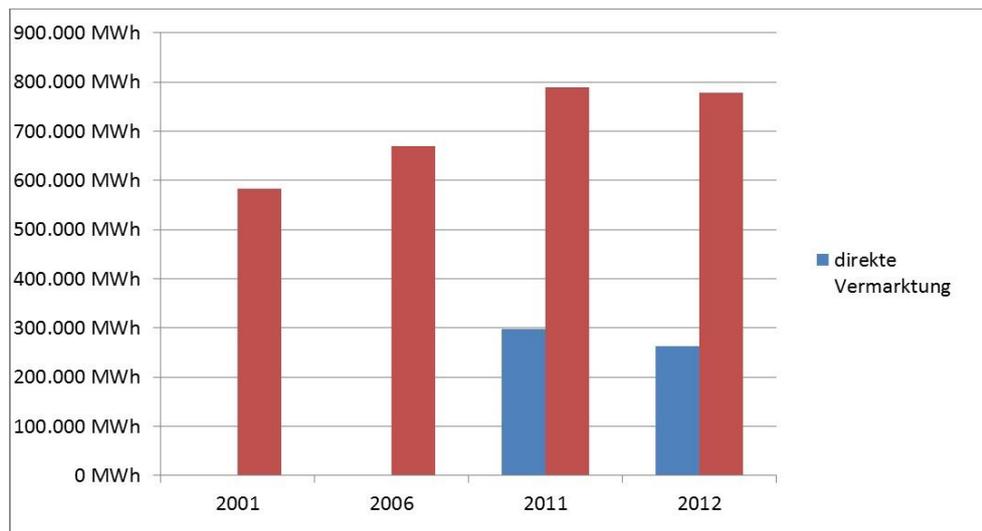


Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage [www.geoportal10.de/stwnd](http://www.geoportal10.de/stwnd)

## 2.1.2 Bestandsanalyse Wärme / Erdgas

Zur Ermittlung des Wärmebedarfs werden unterschiedliche Datenquellen berücksichtigt und ausgewertet. Als Grundlage dient die Siedlungsstruktur mit den jeweiligen Baualterklassen. Aufgrund der industriell geprägten Wirtschaft steigt der Erdgasverbrauchs im Stadtgebiet Neuburg von knapp 600.000 MWh im Jahr 2001 auf fast 800.000 MWh im Jahr 2011. Die Angaben zum von den Stadtwerken direkt verkauften Erdgas sind erst seit 2011 verfügbar.

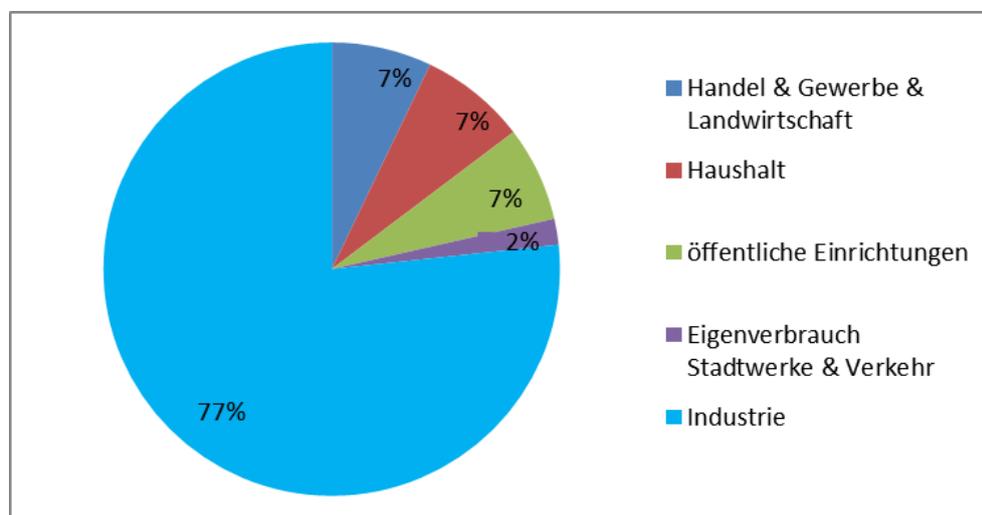
**Abbildung 27: Erdgasverbrauch im Stadtgebiet Neuburg; Verbrauchsjahre 2001 - 2012**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von Daten der Stadtwerken Neuburg

Der gesamte Erdgasverbrauch betrug im Jahr 2012 778.460 MWh. Ein Anteil von 263.966 MWh wird hierbei von den Stadtwerken selbst vermarktet. Den größten Anteil am Gasverbrauch hat die Industrie. Alleine die Hohlglaserzeugung in Neuburg verbraucht ca. die Hälfte der Gesamtliefermenge. Der Verbrauch in der Stadt stieg seit der ersten Erhebung der Daten in 2001 (583.856 MWh) kontinuierlich bis 2011 an. Ab diesem Zeitpunkt ist Der Verbrauch stagniert seit 2011 bzw. ist sogar rückläufig. Folgende Abbildung zeigt, dass  $\frac{3}{4}$  des gesamten Erdgasverbrauches von der Industrie benötigt werden, somit ist der Gesamtverbrauch stark abhängig von der aktuellen Wirtschaftslage.

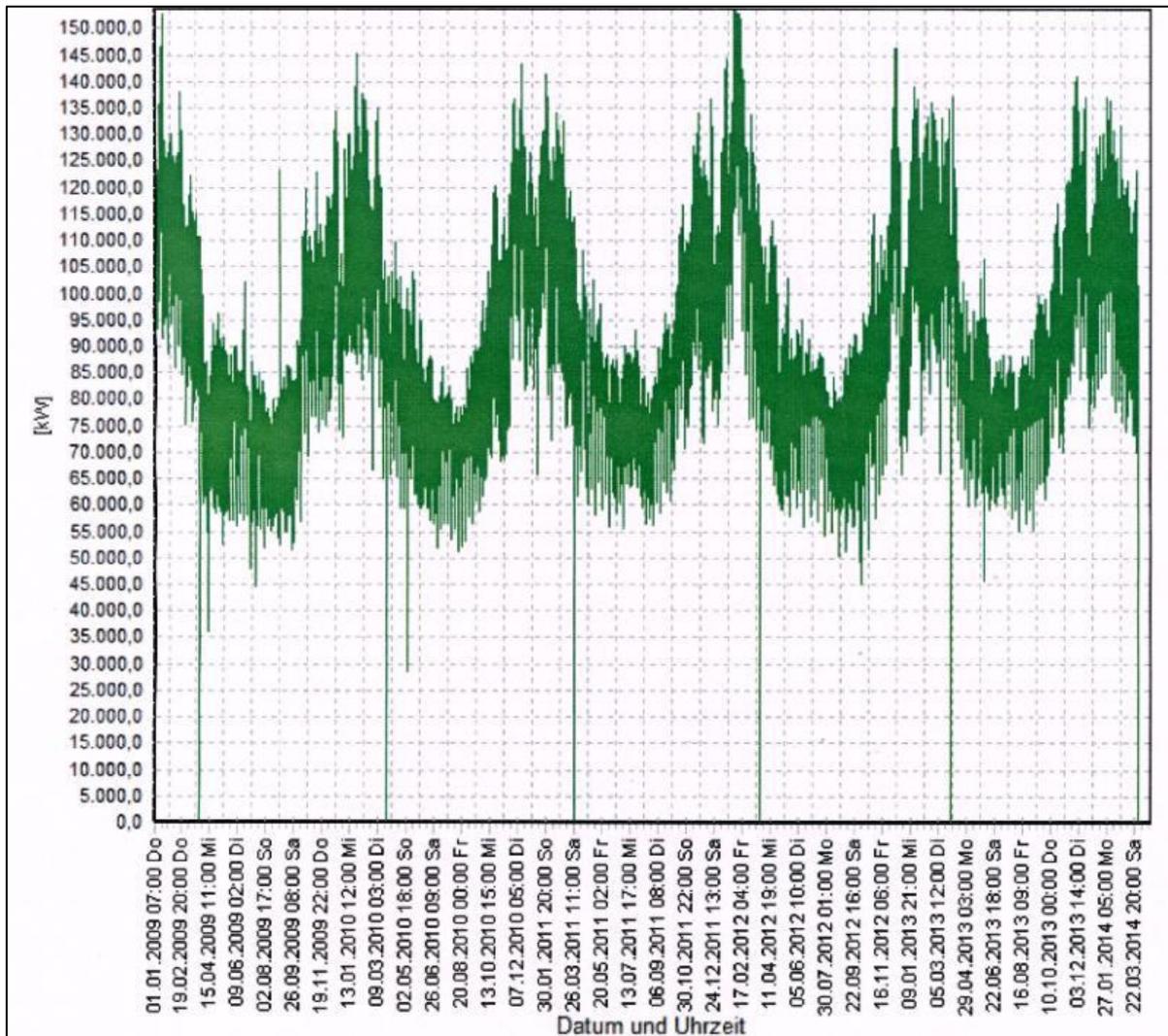
**Abbildung 28: Erdgasverbrauch nach Sektoren in 2012**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von Daten der Stadtwerken Neuburg

Abbildung 18 zeigt den gesamten Gaslastgang der letzten fünf Jahre in Neuburg. Darauf ist zu erkennen, dass es kaum einen Anstieg gibt, da kein Mehrverbrauch der einzelnen Verbraucher zu verzeichnen war. Lediglich der Zubau von Gewerbe und Industrie verursachte eine Erhöhung des Gasverbrauchs. Dieser wird aber durch den kontinuierlichen Rückgang des gemittelten Tagesverbrauchs in den privaten Haushalten ausgeglichen. Das Verhältnis Erdgasverbrauch von Haushalten zu Erdgasverbrauch im Gewerbe beträgt hierbei ca. 1:9.

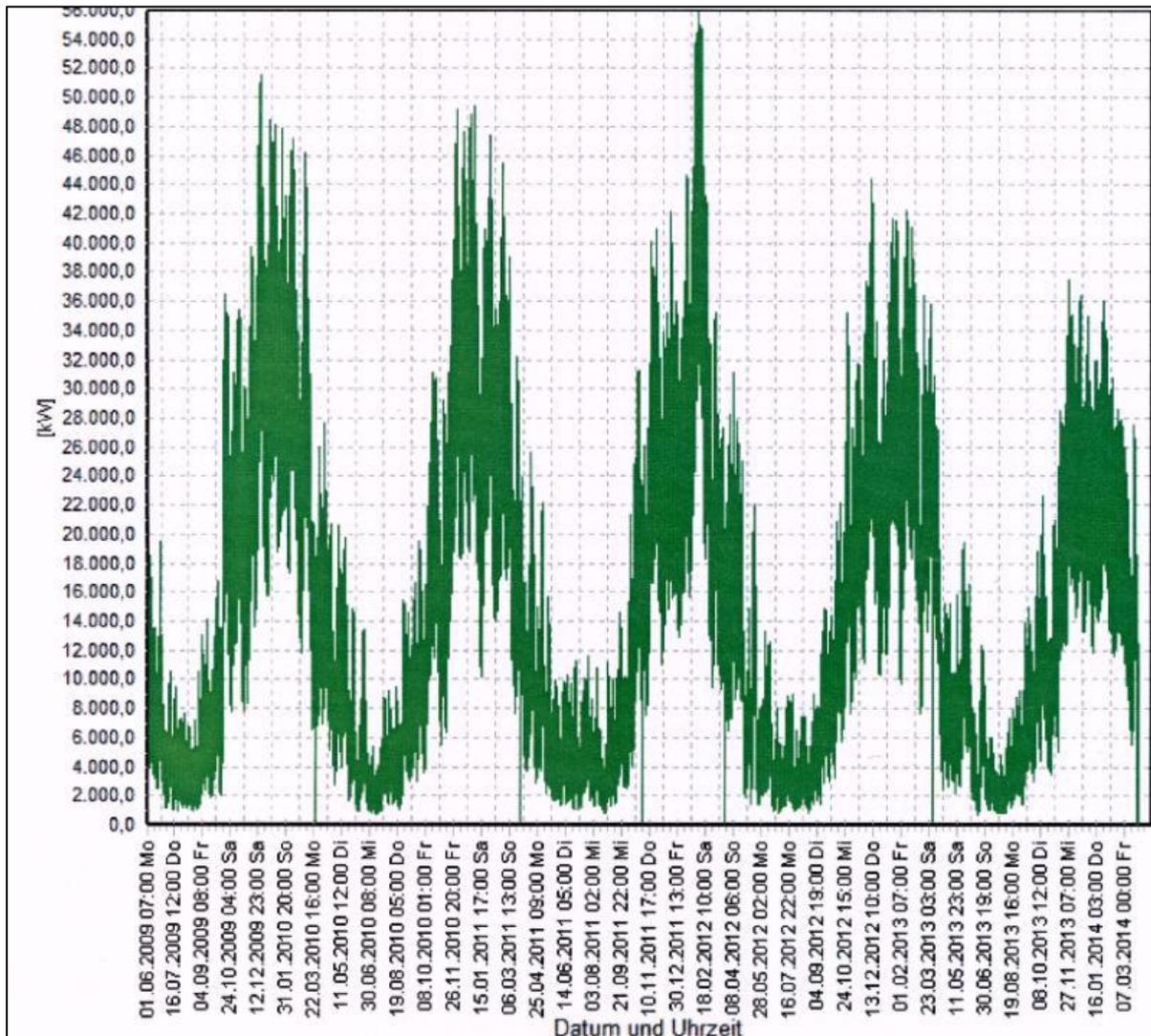
**Abbildung 29: Lastgang des gesamten Gasverbrauches in Neuburg in den Jahren 2009 bis 2014**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage vom den Stadtwerken Neuburg

Wie aus Abbildung 19 hervorgeht, ist dort ein kontinuierlicher Abfall zu verzeichnen. Die Verbrauchsspitze im Winter 2011 ist durch die langanhaltend kalte Winterperiode in diesem Jahr zu erklären. Der direkte Erdgasverkauf der Stadtwerke ging dabei kontinuierlich zurück, lediglich die gesamte Durchleitung von außerhalb Neuburgs gekauftem Erdgas stieg an. Dies verursachte deutliche Umsatzeinbußen in diesem Marktsegment bei den Stadtwerken Neuburg.

**Abbildung 30: Gaslastgang der privaten Haushalte in Neuburg in den Jahren 2009 - 2014**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage vom den Stadtwerken Neuburg

### 2.1.3 Bestandsanalyse Wärmekataster

Zur Ermittlung des Wärmebedarfs wurden unterschiedliche Datenquellen berücksichtigt und ausgewertet. Als Grundlage dient die Siedlungsstruktur mit den jeweiligen Baualtersklassen. Für die Beschreibung der Bestandsanalyse wurde Neuburg in vier Sektoren unterteilt:

- V. Neuburg - Nord, gesamtes Gebiet nördlich der Donau,
- VI. Neuburg - nördlich Bahnlinie, Bereich zwischen Donau und der Bahnlinie
- VII. Neuburg - südlich Bahnlinie, Gebiet südlich der Bahnlinie
- VIII. Neuburg - Heinrichsheim, (aufgrund der etwas abgelegenen Lage)

#### 2.1.3.1 Siedlungsstruktur

##### Legende:

Siedlungsstruktur je Gebäude

- EFH/ZFH/DHH
- Gewerbegebiet
- Reihenhaus
- Mehrfamilienhaus
- Altstadt

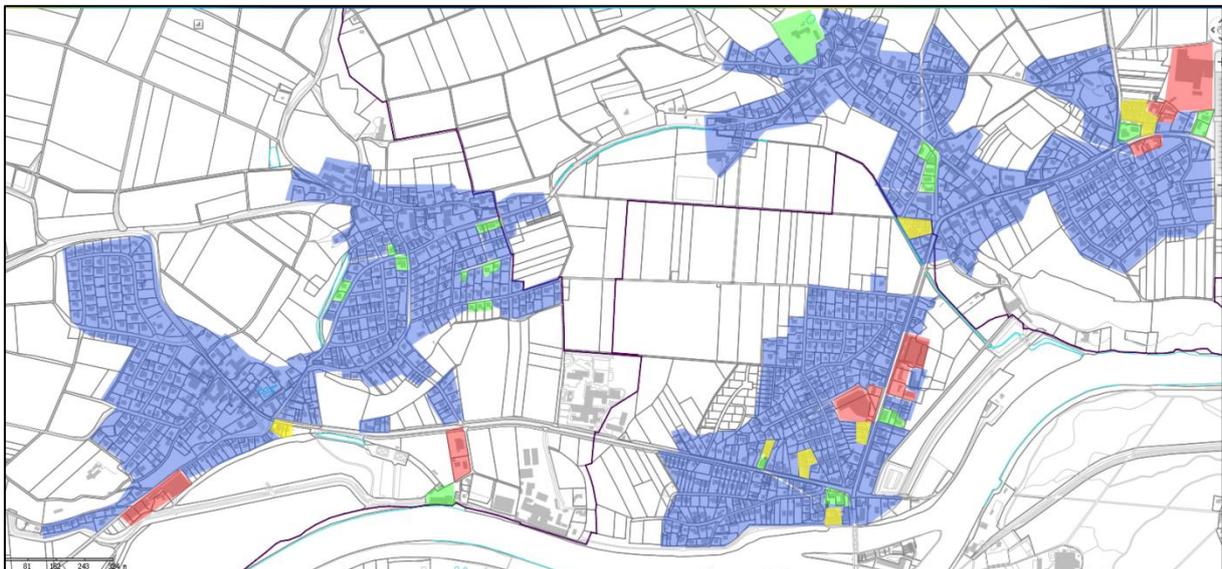
In den folgenden vier Abbildungen ist die Siedlungsstruktur von Neuburg dargestellt. Dabei wird unterschieden um welchen Gebäudetyp es sich grundsätzlich handelt.

Die nebenstehende Legende zeigt die farbliche Einteilung der Siedlungsstruktur.

(Alle Pläne finden sich im A3-Format im Anhang.)

In der folgenden Abbildung ist die Struktur für Neuburg – Nord dargestellt. Darauf ist ersichtlich das sich nördlich der Donau nur ein geringer Anteil an Gewerbe befindet.

**Abbildung 31: Siedlungsstruktur Neuburg - Nord**

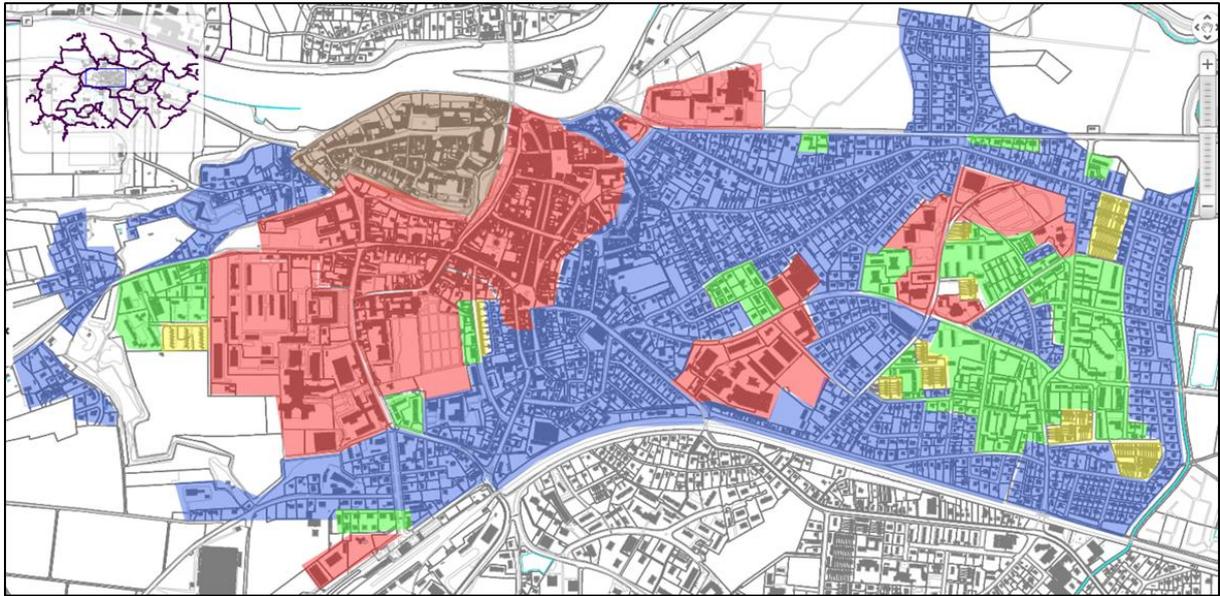


Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage des Bauamtes Neuburg

Von einer geringfügigen Bebauung des Bereichs unmittelbar nördlich der Elisenbrücke über die Donau ausgehend entwickelte sich erst nach dem zweiten Weltkrieg der im Überschwemmungsbereich der Donau liegende Bereich von Neuburg Nord. Zunächst nur entlang der Ingolstädter- und Monheimer Straße, später auch in die Fläche gehend, verstärkte nach den Eindeichungsmaßnahmen nach 1964, einwickelte sich überwiegend Einfamilienhausbebauung. Später kamen gewerbliche Einheiten mit zwei größeren Einzelhandelsmärkten hinzu.

Südlich der Donau, vor allem im Stadtkern, um die Altstadt erstreckt sich das Gewerbezentrum.

**Abbildung 32: Siedlungsstruktur Neuburg - nördlich Bahnlinie**

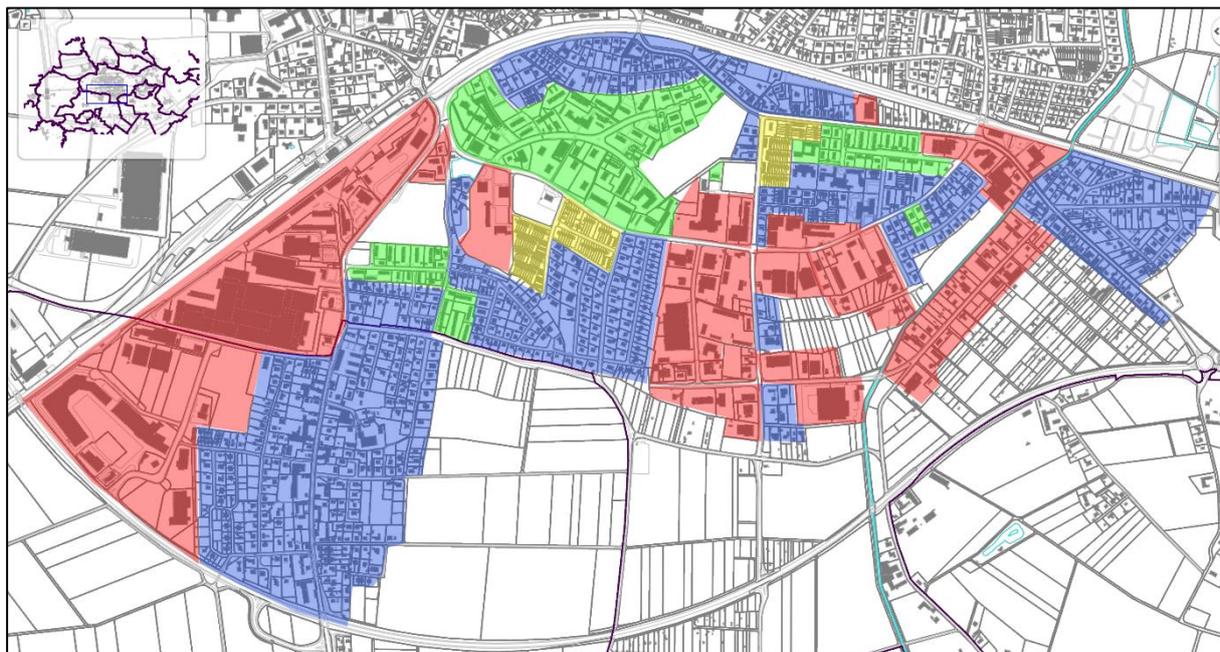


Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage des Bauamtes Neuburg

Der Ortsteil Feldkirchen entwickelte sich schon früh entlang der Römerstraße, die direkt vom Altstadtberg nach Augsburg führte. Die Industriebrache wurde bereits erfolgreich umgenutzt für Wohnen, Einzelhandel und Dienstleistungsbetriebe.

Das Südparkgelände sollte die Kaufkraft in Neuburg und Umgebung halten. Dies ist in nachfolgender Abbildung zu sehen.

**Abbildung 33: Siedlungsstruktur Neuburg - südlich Bahnlinie**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage des Bauamtes Neuburg

In Neuburg Heinrichsheim handelt es sich um ein reines Wohngebiet, welches ausschließlich aus Einfamilienhäusern, Zweifamilienhäusern, Doppelhaushälften und einem kleinen Anteil von Reihenhäusern besteht.

**Abbildung 34: Siedlungsstruktur Neuburg - Heinrichsheim**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage des Bauamtes Neuburg

Hier ist auch die Justizvollzugsanstalt angesiedelt.

### 2.1.3.2 Baualtersklassen

In den folgenden vier Abbildungen sind die Siedlungsstrukturen Neuburgs nach Baualtersklassen unterteilt. Dabei sind Gebiete, die in annähernd gleichen Zeiträumen bebaut wurden, zu einer Einheit zusammengefasst worden. Dies war möglich, weil die Gebäude meist zeitlich zusammenhängend z. B. in einem gemeinsamen Abschnitt des jeweiligen Baugebietes errichtet worden waren. Die erfassten Gebiete wurden dabei ab Baujahr 1977 detailliert betrachtet, davor bebaute Gebiete

**Legende:**

Baualtersklassen je Gebäude

- vor 1977
- 1977 - 1982
- 1983 - 1995
- 1996 - 2002
- Ab 2003
- Altstadt

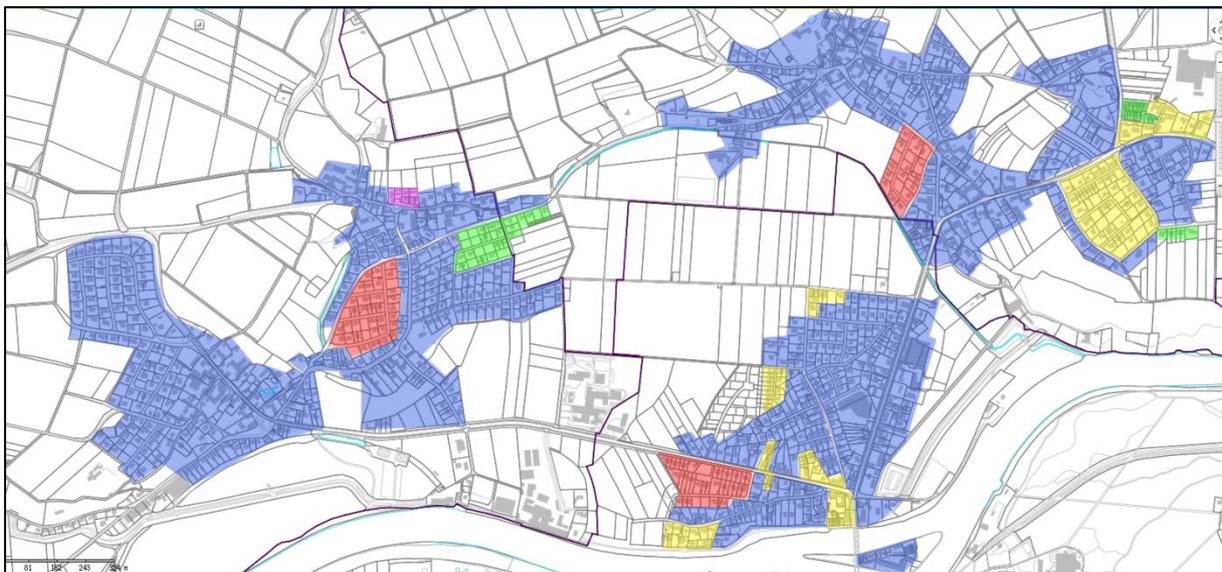
nur mit ihrer Unterscheidung zur Altstadt. Die meisten einzelnen Gebäude wurden durch Vor-Ort-Begehungen detailliert erfasst, werden aber aus Gründen der Übersichtlichkeit flächig dargestellt.

Die nebenstehende Legende zeigt die farbliche Einteilung nach Baualtersklasse.

(Alle Pläne finden sich im A3-Format im Anhang.)

Neuburg – Nord wurde zum größten Teil vor 1977 bebaut. Wenige Bereiche stammen aus den 80er Jahren und nur kleine Gebiete wurden nach 1996 errichtet.

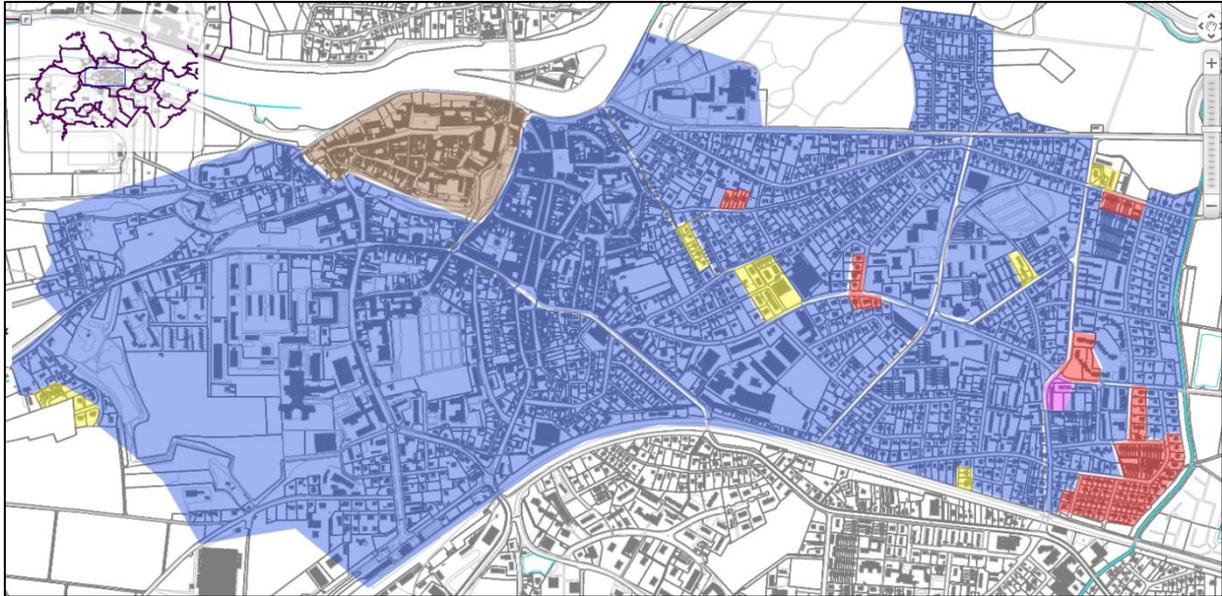
**Abbildung 35: Baualtersklassen Neuburg - Nord**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage des Bauamtes Neuburg

Entlang des Altstadtmauerrings entstanden die Untere und die Obere Vorstadt, beide gefasst in den Sternschanzen, die aufgrund des 30-jährigen Krieges im 17. Jahrhundert errichtet wurden. Im Osten der Stadt entstand in den 60er und 70er Jahren des 20. Jahrhunderts der größte Stadtteil von Neuburg, das Ostend mit ca. 5.300 Einwohnern. Dies wird in nachfolgender Abbildung dargestellt.

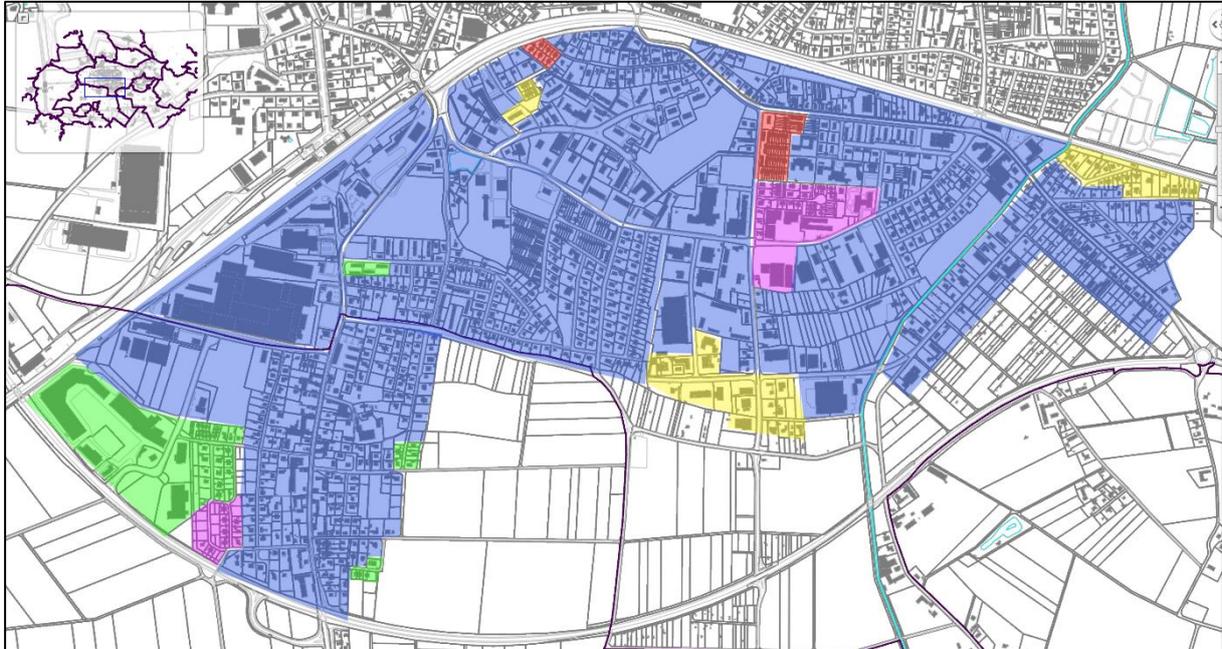
**Abbildung 36: Baualtersklassen Neuburg - nördlich Bahnlinie**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage des Bauamtes Neuburg

Der Industriepark Süd entstand aus den Eternitwerken an der Augsburgener Straße. Die Siedlungsgebiete Am Schwalbanger mit ihren Geschosswohnungsbauten entstanden in den 70er Jahren mit den Zuzügen der Nachkriegsphase bzw. in den Zeiten des Wirtschaftswunders. Die Bereiche an der Franz-Boecker-Straße sind im Zusammenhang mit dem vormals bestehenden Strickerei- und Schneiderei-betrieb zu sehen.

**Abbildung 37: Baualtersklassen Neuburg - südlich Bahnlinie**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage des Bauamtes Neuburg

Bei Heinrichsheim handelt es sich um einen im Vergleich zur Kernstadt deutlich jüngeren Stadtteil, da hier ca. die Hälfte der Gebäude nach dem Jahr 1977 errichtet wurde.

**Abbildung 38: Baualtersklassen Neuburg - Heinrichsheim**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage des Bauamtes Neuburg

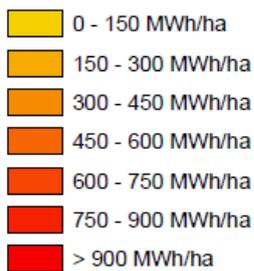
In den anderen Sektoren bzw. Teilorten überwiegen ältere Gebäude im Stadtbild. Aus einem schon sehr früh entstandenen Ringstraßendorf mit sehr großen landwirtschaftlichen Flächen im Angerbereich hat sich in mehreren Bauabschnitten in der Zeit nach dem zweiten Weltkrieg eine überwiegend von Einzel- und Doppelhausbebauung, zum Teil durchsetzt mit sehr stark verdichteten Reihenhausstrukturen entwickelt. Das im Osten von Neuburg liegende Industriegebiet konnte auf Grund seiner spezifischen Struktur nicht in die Betrachtung für den ENP mit einbezogen werden.

### 2.1.3.3 Wärmekataster Bestand

Das Wärmekataster gibt, ausgehend von der Siedlungsstruktur und den Baualtersklassen der Gebäude, Aufschluss über die aktuelle siedlungsbezogene Wärmebedarfsdichte. Die Wärmebedarfsdichte wird für festgelegte Bearbeitungsraster planerisch dargestellt. In weiteren Szenarien wird eine mögliche zukünftige Wärmebedarfsdichte simuliert, um geeignete und ungeeignete Gebiete zum Aufbau von Wärmenetzen zu ermitteln.

Nach Leitfaden Energienutzungsplan<sup>2</sup> gilt als Schwellenwert zur Identifizierung von für Wärmenetze geeigneten Gebieten eine Wärmebedarfsdichte von über 150 MWh/ha.

#### Legende:



Wärmenetze sollten idealerweise von sogenannten Verbrauchsschwerpunkten, Gebäude oder Gebäudegruppen mit hohem Energieverbrauch, aufgebaut werden. Verbrauchsschwerpunkte werden in den folgenden Plänen durch große rote Einzelpunkte markiert.

Die nebenstehende Legende zeigt die farbliche Einteilung der Wärmedichte.

Im Folgenden wird das Wärmekataster für vier Teilgebiete dargestellt (alle Pläne finden sich maßstabsgerecht im Anhang).

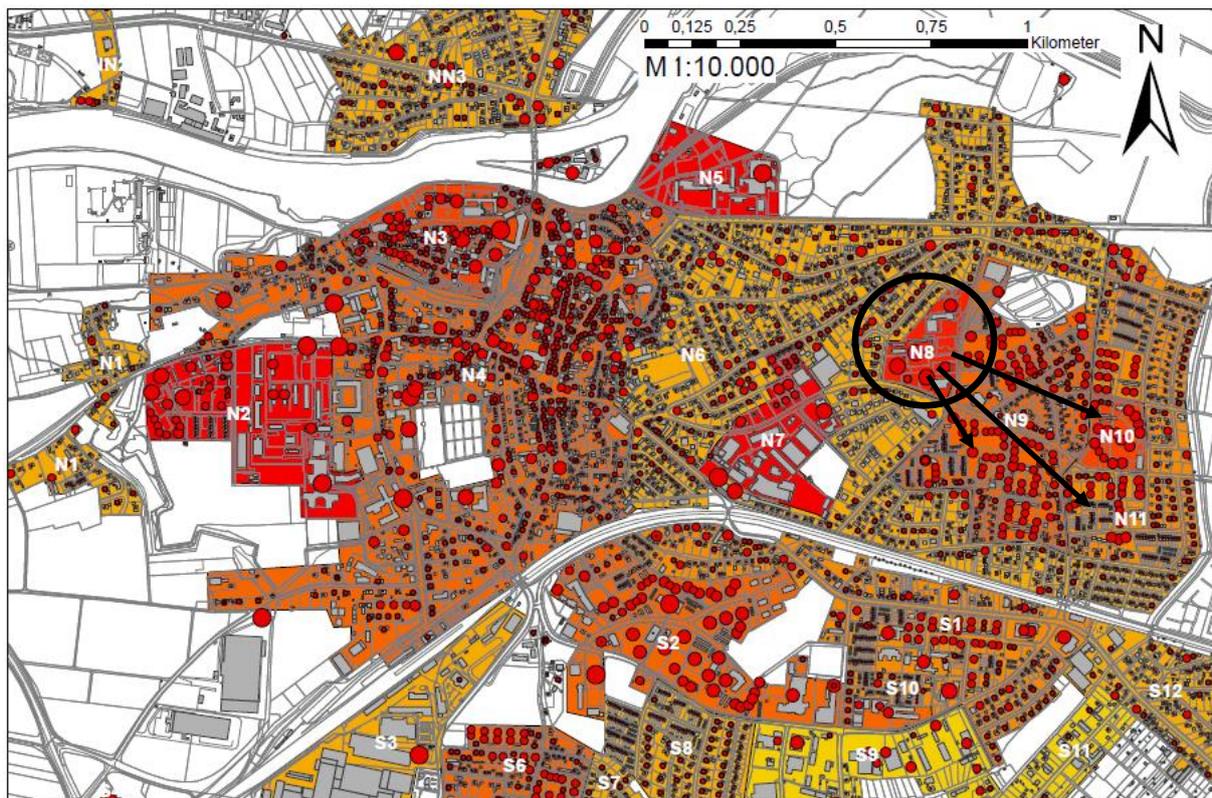
**Abbildung 39: Wärmekataster Bestand Neuburg - Nord (NN1-NN5)**



Quelle: Eigene Darstellung mit ArcGIS Software

Das Bearbeitungsraster NN5 hat einen geeigneten Verbrauchsschwerpunkt und mit 440 MWh/m<sup>2</sup> die höchste Wärmebedarfsdichte in Neuburg Nord. Aber auch die Siedlungsgebiete NN1-NN4 bieten im Bestand eine ausreichende Wärmedichte für Fernwärmenutzung.

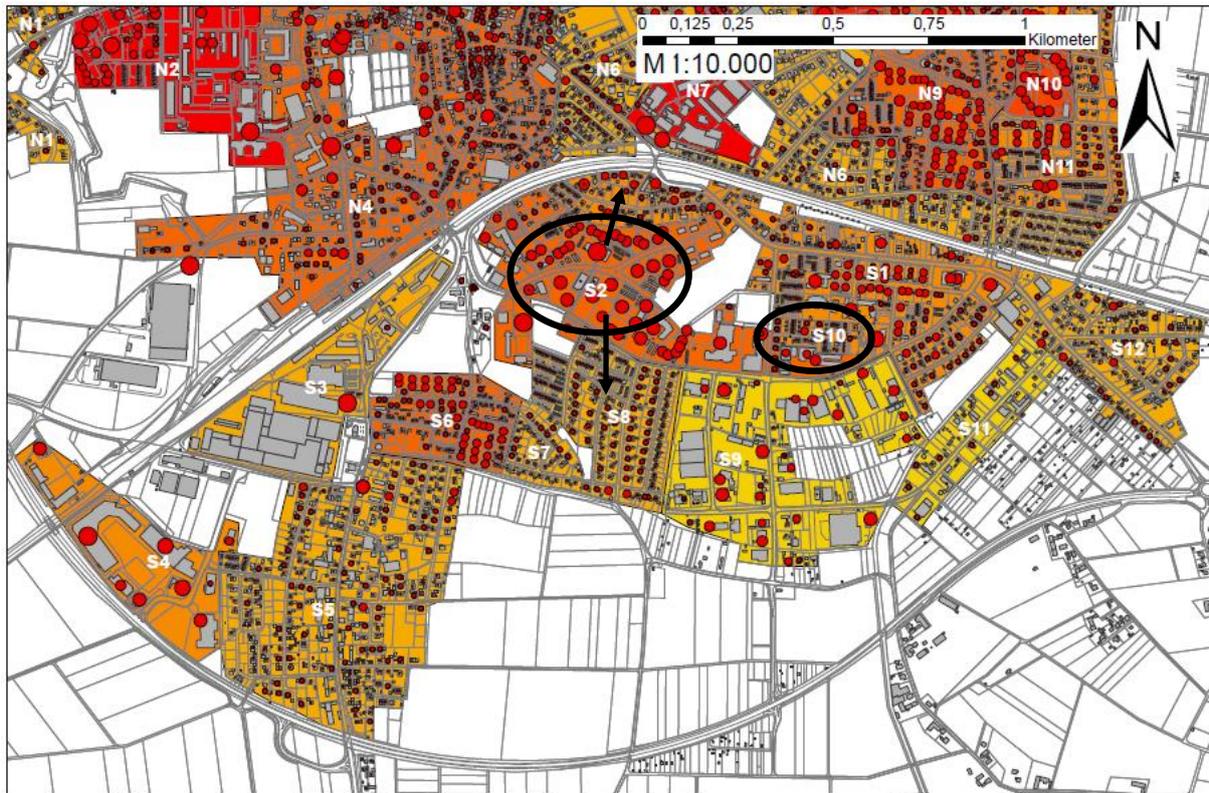
<sup>2</sup> Leitfaden Energienutzungsplan, Bay. Staatsmin. für Umwelt und Gesundheit, Bay. Staatsmin. für Wirtschaft, Oberste Baubehörde, 21. Februar 2011

**Abbildung 40: Wärmekataster Bestand Neuburg - nördlich Bahnlinie (N1-N11)**

Quelle: Eigene Darstellung mit ArcGIS Software

Wegen verdichteter Bauweise und höherem Gewerbeanteil ist hier die Wärmebedarfsdichte deutlich höher. Das Bearbeitungsrastraster N7 (Gewerbe) hat über 4.000 MWh/ha, N2 und N5 noch über 1.000 MWh/ha. Ausgehend vom Bearbeitungsrastraster N8 mit seinen Wohntürmen (780 MWh/ha) ist eine Fernwärmeerschließung der Wohngebiete N9, N10 und evtl. N11 denkbar.

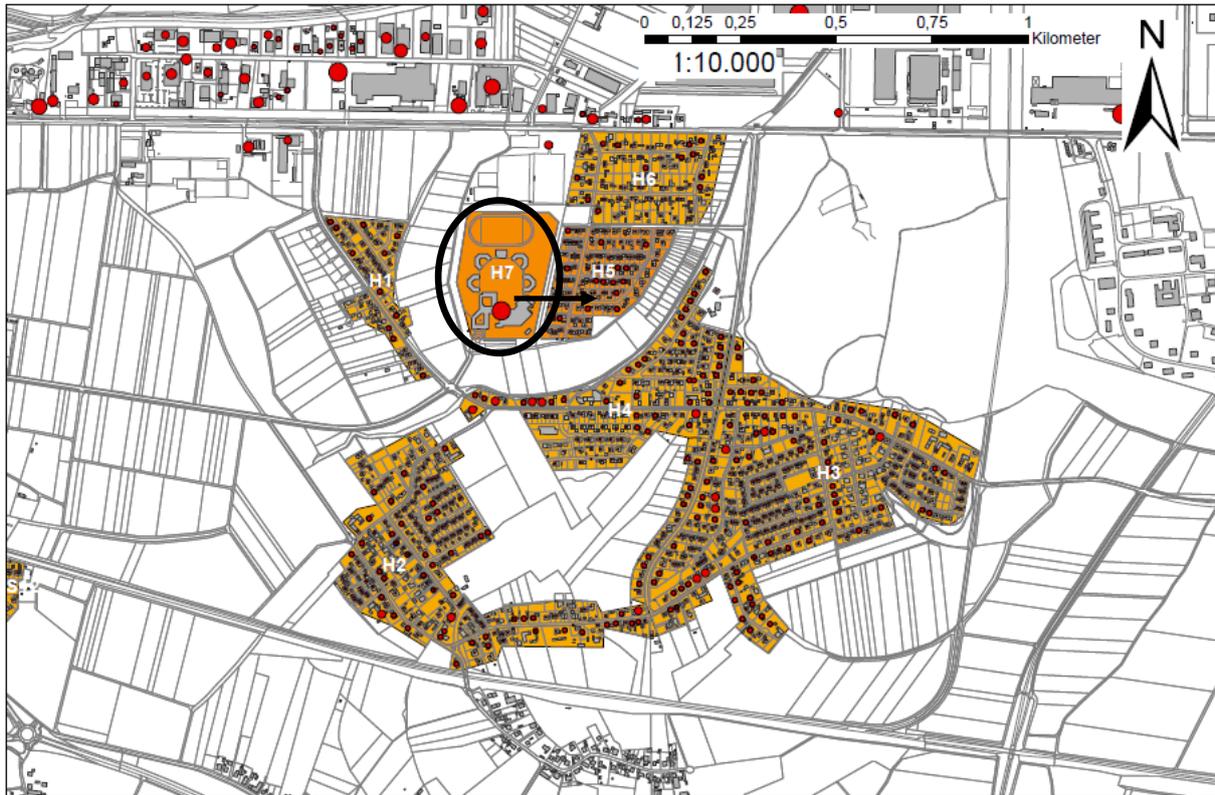
Auch der Altstadtbereich (N3) mit 750 MWh/m<sup>2</sup>, würde sich grundsätzlich für Fernwärmenutzung eignen.

**Abbildung 41: Wärmekataster Bestand Neuburg - südlich Bahnlinie (S1-S12)**

Quelle: Eigene Darstellung mit ArcGIS Software

Das Bearbeitungsraster S2 hat mit seinen Wohntürmen (knapp 600 MWh/m<sup>2</sup>) das größte Potenzial zum Aufbau eines Wärmenetzes. Eine Erweiterung könnte nach Norden ins Wohngebiet S1 und nach Süden in Gebiet S8 erfolgen.

Im Bearbeitungsraster S10 (Robert-Schumann-Straße) ist bereits eine Fernwärmeversorgung (Wärmenetz Goldanger, 309 MWh/m<sup>2</sup>) vorhanden, hier wird unter Punkt 7.1 eine Optimierung und Ausbau der Versorgung untersucht.

**Abbildung 42: Wärmekataster Bestand Neuburg - Heinrichsheim (H1-H2)**

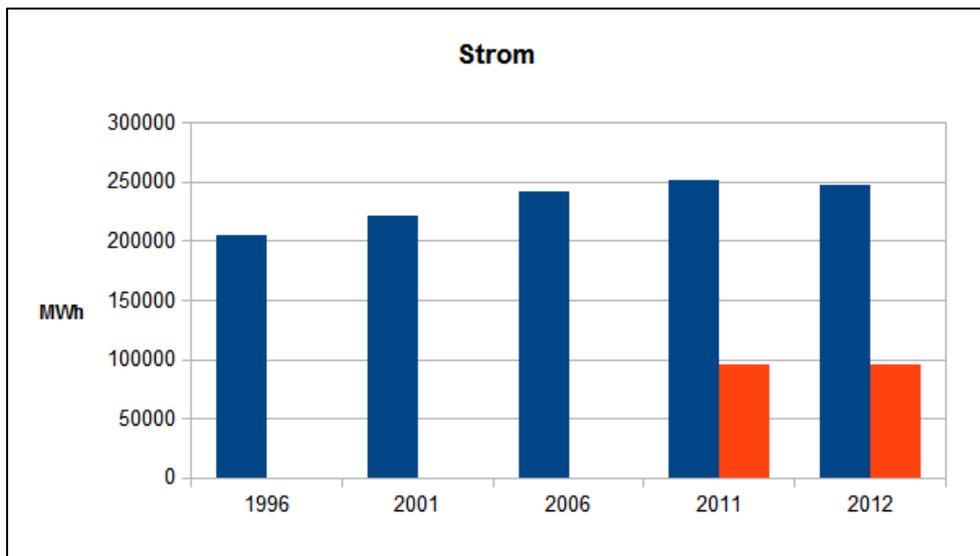
Quelle: Eigene Darstellung mit ArcGIS Software

Lediglich das Wohngebiet H5 hat in Heinrichsheim im Bestand eine Wärmebedarfsdichte von über 300 MWh/ha. Als Verbrauchsschwerpunkt und für eine Fernwärmeversorgung könnte die Justizvollzugsanstalt (H7) dienen.

### 2.1.4 Bestandsanalyse Strom

In Abbildung 32 ist der Stromverbrauch der Stadt Neuburg über 16 Jahre hinweg (1996 bis 2012) dargestellt. Aufgrund der industriell geprägten Wirtschaft steigt der Verbrauch von 1996 (204.718 MWh) bis 2011 (252.196 MWh) kontinuierlich an. Erst im Jahr 2012 kam es zu einer Umkehr dieses Trends und der Stromverbrauch ging leicht zurück.

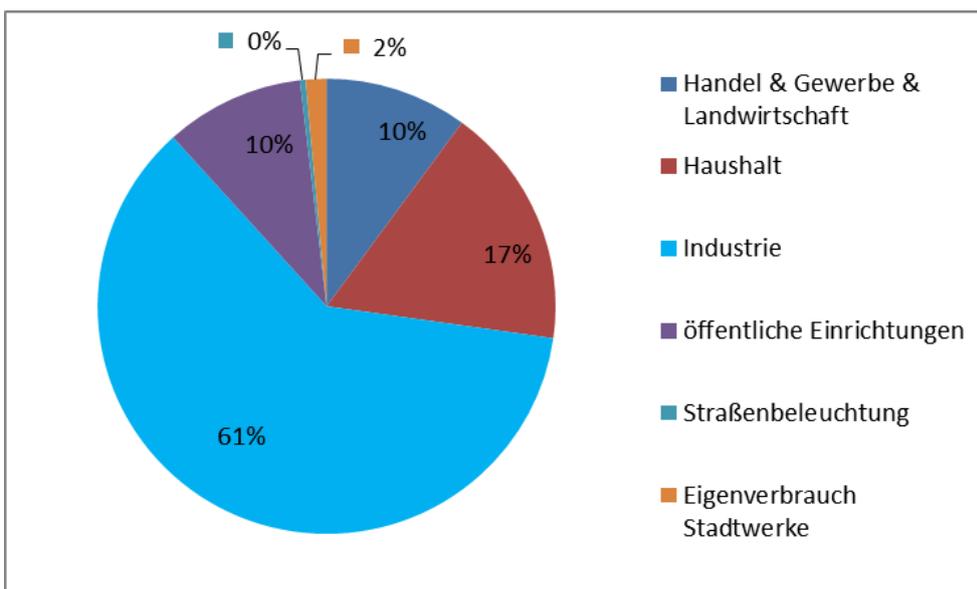
**Abbildung 43: Stromverbrauch in Neuburg in den Jahren 1996 – 2012**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage vom den Stadtwerken Neuburg

Die blauen Balken stellen dabei den Gesamtstromverbrauch im Stadtgebiet Neuburgs dar, die orangenen Balken stehen für den Anteil am Gesamtstromverbrauch, der durch die Stadtwerke Neuburg abgedeckt werden konnte. Folgende Abbildung zeigt, dass fast 2/3 des Stromverbrauchs in Neuburg durch die Industrie benötigt wird:

**Abbildung 44: Stromverbrauch nach Sektoren in 2012**

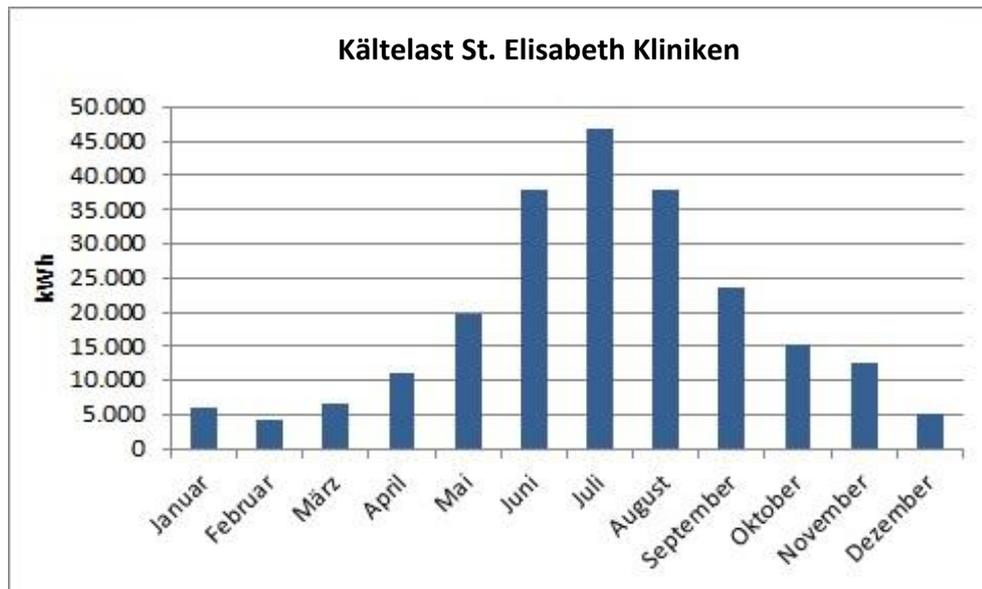


Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von Daten der Stadtwerken Neuburg

### 2.1.5 Bestandsanalyse Kälte

Die im Gebiet Neuburgs benötigte Prozesskälte beschränkt sich lediglich auf die beiden bedeutsamen Verbraucher St. Elisabeth – Kliniken und die Fa. Donaualz KG. Folgende Abbildung zeigt einen beispielhaften Kältelastgang der St. Elisabeth Kliniken. So lag der gesamte Kältebedarf im Jahr 2010 bei 226.440 kWh.

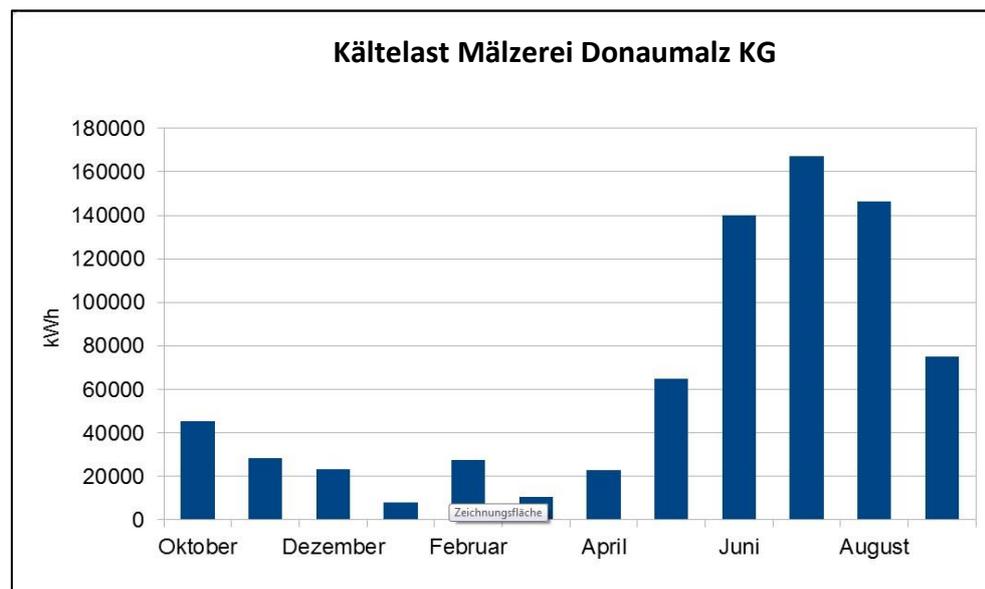
**Abbildung 45: Beispielhafter Kältelastgang der St. Elisabeth Kliniken Neuburg im Jahr 2010**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage vom den Stadtwerken Neuburg

Einen bedeutend höheren Kältebedarf hat die Mälzerei der Donaualz KG, der beispielhaft für das Jahr 2010 dargestellt wird. Der Kälteverbrauch betrug demnach im Jahr 2010 759.600 kWh.

**Abbildung 46: Beispielhafter Kältelastgang der Fa. Donaualz KG im Jahr 2010**



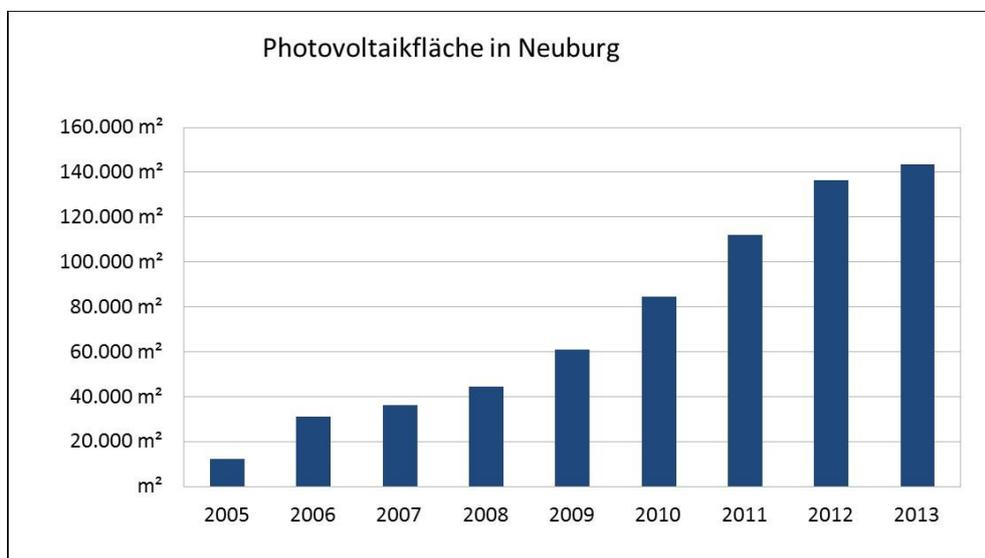
Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage vom den Stadtwerken Neuburg

## 2.2 Vorhandene Anlagen zur - Stromerzeugung - nach EEG

### 2.2.1 Photovoltaik

Die sehr dynamische Entwicklung des jährlichen Zubaus an Photovoltaikanlagen im Gebiet der Stadt Neuburg geht aus der nachfolgenden Abbildung 36 hervor, die den jährlichen Zuwachs an Photovoltaikflächen deutlich macht. Die Balken zeigen die aufsummierten mit Photovoltaik belegten Fläche in m<sup>2</sup> an. So waren in den Jahren 2006 und 2009 deutliche Schübe für den Zuwachs erkennbar. Der Sprung in 2009 hängt mit der Novelierung des EEG in jenem Jahr zusammen. Hier kann man den direkten Einfluß politischer Entscheidungen auf die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen der regenerativen Energien und damit auf den Zubau an Kapazitäten erkennen. Ebenso deutlich ist der Einbruch der Zuwachskurve ab Mitte 2012 zu verzeichnen. Auch dies ein Ausfluß der im Rahmen der Novellierung des EEG im Jahre 2012 zusammenhängenden Reduktion der Einspeisetarife für Solarstrom.

**Abbildung 47: Entwicklung des Bestandes an Photovoltaikfläche in Neuburg**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage vom Umweltamt Neuburg

Im Jahr 2013 waren auf 143.354 m<sup>2</sup> Dachfläche in Neuburg Photovoltaikanlagen installiert. Da 1 kWp hierbei 10m<sup>2</sup> oder 1000 kWh/a entspricht, kommt man auf eine Summe von ca. 14.335 MWh Solarstrom pro Jahr, die in 2013 innerhalb der Stadtgrenzen Neuburgs erzeugt wurden.

### 2.2.2 Biogas

Im Stadtgebiet Neuburg war lediglich eine Biogasanlage mit einer elektrischen Leistung von ca. 40 kW vorhanden. Diese wurde jedoch im Oktober 2013 still gelegt.

### 2.2.3 Windkraft

Aktuell sind in Neuburg keine Windkraftanlagen >100 kW installiert. (Begrenzung wegen kleinen Privatanlagen in kW Größe)

## 2.2.4 Wasserkraft

Im Stadtgebiet Neuburg sind zwei Laufwasserkraftwerke in Betrieb. Zum einen das Laufwerk in Bitenbrunn, welches 1969 in Betrieb genommen wurde. Es wird mit drei axial angeströmten Wasserturbinen und verstellbarem Laufrad betrieben. Die Ausbauleistung beträgt 20,2 MW und wird von der E.ON Wasserkraft betrieben. Das zweite Wasserkraftwerk im Stadtgebiet ist das Laufwasserkraftwerk in Bergheim. Es wurde 1970 erbaut und hat eine elektrische Leistung von 23,7 MW. Es wird ebenfalls von der E.ON Wasserkraft betrieben und speist in der 20-kV-Mittelspannungsebene ein.

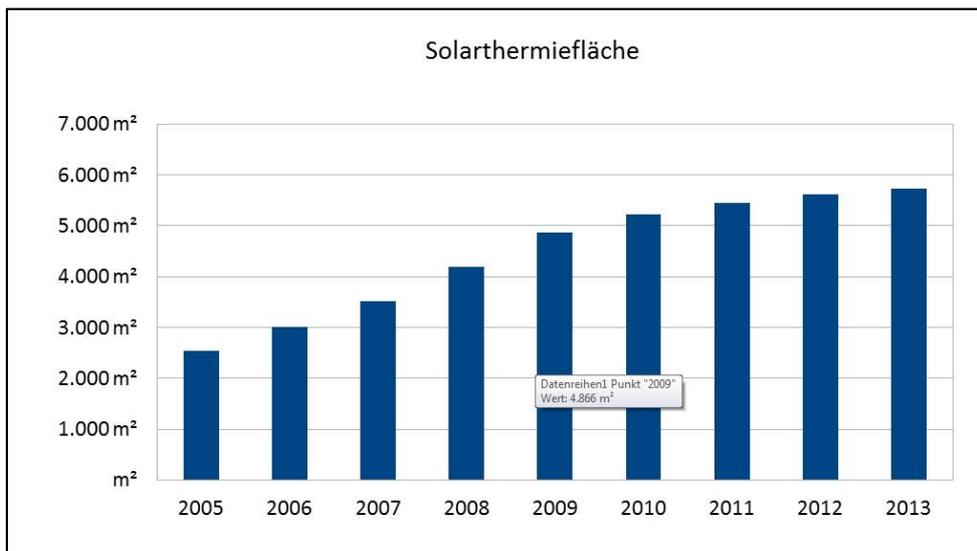
Der gesamte Strom beider Kraftwerke wird in das Bahnstromnetz von DB Energie gespeist.

## 2.3 Vorhandene Anlagen zur regenerativen Wärmeerzeugung

### 2.3.1 Solarthermie

Die Abbildung 37 zeigt den jährlichen Zuwachs an Solarthermie in Neuburg. Die Balken zeigen eine Aufsummierung der mit Solarthermie belegten Dachfläche in m<sup>2</sup>. Ab dem Jahr 2010 ist ein deutlich geringerer Zuwachs erkennbar. Die gesamte installierte Fläche für Solarthermie betrug 2013 5.721 m<sup>2</sup>. Dies entspricht etwa einer Leistung von 2.431 MWh pro Jahr.

**Abbildung 48: Aufsummierung der Solarthermieflächen in Neuburg**



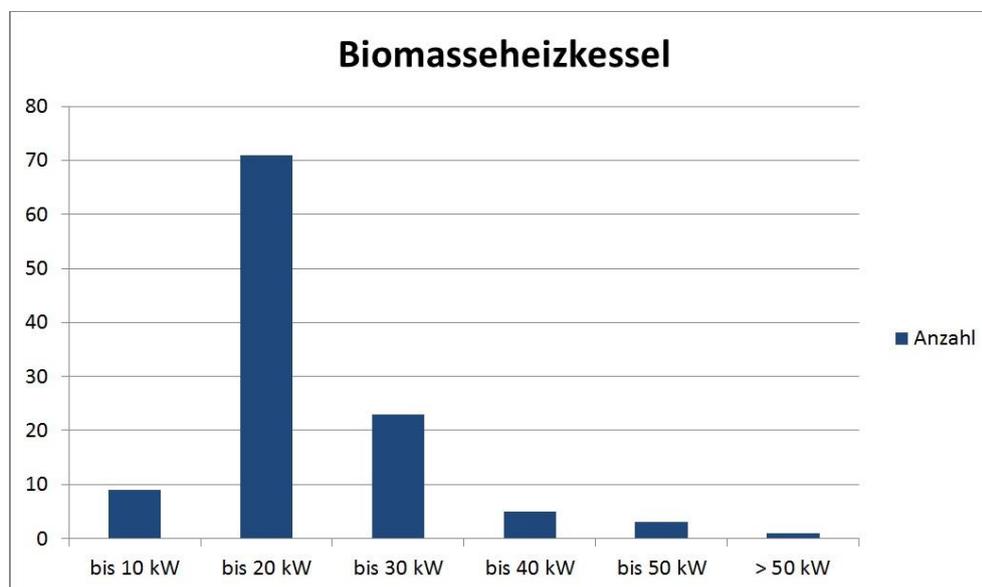
Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage vom Umweltamt Neuburg

### 2.3.2 Feste Biomasse (Holz)

In privaten Haushalten werden in Deutschland jährlich ca. 14 Mio. m<sup>3</sup> Waldholz, was ungefähr einem Drittel des jährlichen Holzeinschlages entspricht, zur Wärmeherzeugung genutzt. Das Nadelholz hat hierbei mit 77% den höchsten Anteil am Gesamteinschlag.

Die Verwertung kann zu stofflichen oder energetischen Zwecken erfolgen. Bei der stofflichen Nutzung sollte das Augenmerk auf eine weitgehende Verwertung und Nutzung der anfallenden Beiprodukte gelegt werden. Die energetische Nutzung kann in klassischen Biomasseheizwerken (Holzkessel, Holzhackschneitzkesseln, Pelletöfen) zur alleinigen Bereitstellung von thermischer Energie erfolgen. In Abbildung 38 ist eine Übersicht der von der Stadt Neuburg in den letzten 10 Jahren geförderten privaten Biomasseheizanlagen.

**Abbildung 49: Anzahl geförderter Biomasseheizkessel in Neuburg seit 2004**



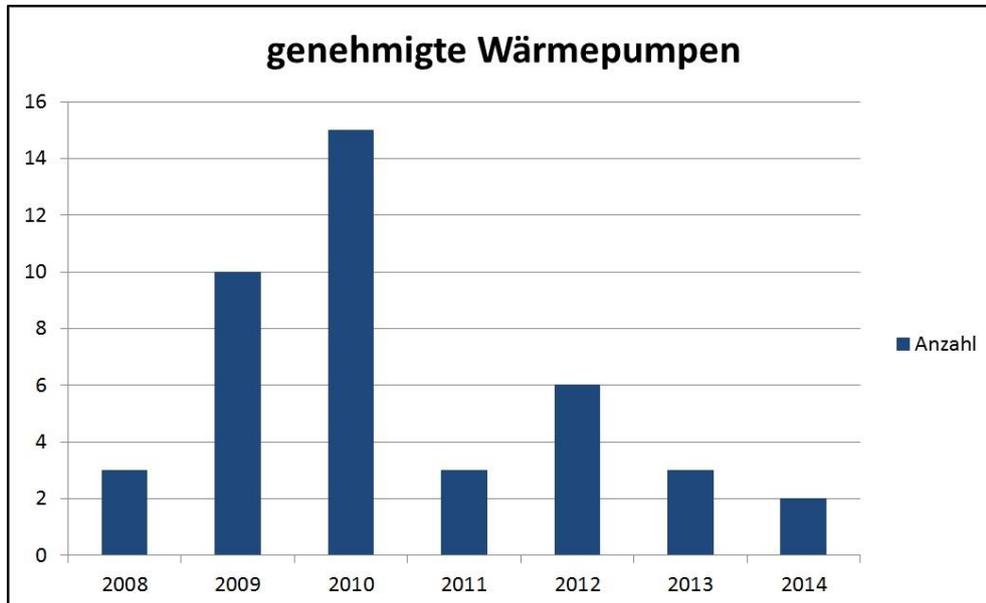
Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage vom Umweltamt Neuburg

Hierbei handelt es sich hauptsächlich um Pelletheizungen mit einer durchschnittlichen Leistung von 19,7 kW thermisch. Die gesamte geförderte Leistung beträgt mittlerweile 2.207 kW thermisch und entfällt auf 112 Biomasseheizkessel. Deutlich besser in Bezug auf die Wertigkeit von Energie sind die Biomasseheizkraftwerke (Kraft-Wärme-Kopplung) zu sehen. Hierbei werden bei ähnlich hohen Gesamtwirkungsgraden der energetisch höher zu bewertende Energieträger Strom als Koppelprodukt unter Bereitstellung zusätzlicher Wärme umweltfreundlich erzeugt. Diese können allerdings erst ab einer mittleren Größe wirtschaftlich sinnvoll betrieben werden.

### 2.3.3 Oberflächennahe Geothermie, Wärmepumpen

In Abbildung 39 sind die von der Stadt Neuburg seit 2008 bis 2014 geförderten Wärmepumpen dargestellt. Die durchschnittliche Jahresarbeitszahl beträgt 4,4. Es handelte sich dabei um zehn Luft-Wasser, 14 Sole-Wasser und 18 Wasser-Wasser Wärmepumpen.

**Abbildung 50: Anzahl geförderter Wärmepumpen in Neuburg seit 2004 (Umweltamt BBK)**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage vom Umweltamt Neuburg

## 2.4 Kraft-Wärme-Kopplung mit fossilen Energieträgern

In der Abbildung 40 ist eine Übersicht der KWK- und sonstigen Anlagen zu sehen. Diese Anlagen stellen elektrische Energie und Wärme gleichzeitig bereit. In der Regel wird die nutzbare Wärme für Heizzwecke oder direkt in der Produktion verwendet. Diese Anlagen werden durch das KWKG und das EEG gefördert.

Die 17 BHKWs erbringen eine Gesamtleistung von 2.156,4kW<sub>el</sub>. Im Jahr 2013 haben diese eine thermische Energie von ca. 4.699 MWh<sub>th</sub> erzeugt. Dies entspricht bei einem thermischen Wirkungsgrad der BHKW's von  $\eta=0,5$  rechnerisch lediglich ca. 1.700 Vollbetriebsstunden. In der Regel werden BHKW's mit ca. 5.000 bis 6.000 h betrieben. Bei angenommenen 5.000 Vollaststunden würden ca. 10.782 MWh Strom und ca. 13.823 MWh Wärme erzeugt werden. Die niedrigen Benutzungsstunden hängen mit der Verwendung der BHKWs zusammen. Das in der Klinik eingesetzte BHKW wird nur als Notstromaggregat verwendet und wird daher auch nur kurzfristig dem Einsatzzweck entsprechend und zur Sicherung der Einsatzbereitschaft betrieben.

Abbildung 51: Übersicht der KWK- und sonstigen Anlagen in Neuburg

| Stammdaten     |                               |                           | Jahreswerte                                  |                         |                        |                        |   |                         |
|----------------|-------------------------------|---------------------------|--|-------------------------|------------------------|------------------------|---|-------------------------|
| KWK-Anlage (x) | installierte elektr. Leistung | Wirkung ab (lt. Bescheid) | akkumulierte Erzeugung bis 31.12.2012<br>kWh | 2013                    |                        |                        | Gesamte Erzeugung bis 31.12.2013<br>kWh |                         |
|                |                               |                           |  | Erzeugung<br>kWh        | Einspeisung<br>kWh     | Selbstverbrauch<br>kWh |   |                         |
| x              | 110,0 kW                      | 01.04.2002                | 34.830,0 kWh                                 | 0,0 kWh                 | 0,0 kWh                | 0,0 kWh                | 34.830,0 kWh                            |                         |
|                | 183,0 kW                      | 01.01.2010                | 2.811.975,0 kWh                              | 1.467.248,0 kWh         | 0,0 kWh                | 1.467.248,0 kWh        | 4.279.223,0 kWh                         |                         |
|                | 1,0 kW                        | 06.08.2013                |  | 2.407,0 kWh             | 856,0 kWh              | 1.551,0 kWh            | 2.407,0 kWh                             |                         |
|                | 880,0 kW                      | 01.01.2003                | 3.578.683,0 kWh                              | 986.574,0 kWh           | 0,0 kWh                | 986.574,0 kWh          | 4.565.257,0 kWh                         |                         |
| x              | 49,5 kW                       | 15.10.2013                |  | 8.711,0 kWh             | 1.073,0 kWh            | 7.638,0 kWh            | 8.711,0 kWh                             |                         |
|                | 311,0 kW                      | 01.04.2002                | 37.469,0 kWh                                 | 5.637,2 kWh             | 0,0 kWh                | 5.637,0 kWh            | 43.106,2 kWh                            |                         |
|                | 19,0 kW                       | 14.10.2010                | 120.017,0 kWh                                | 91.974,0 kWh            | 6.124,0 kWh            | 86.140,0 kWh           | 211.991,0 kWh                           |                         |
|                | 420,0 kW                      | 01.08.2010                | 3.585.311,0 kWh                              | 1.869.550,0 kWh         | 0,0 kWh                | 1.869.550,0 kWh        | 5.454.861,0 kWh                         |                         |
|                | 129,0 kW                      | 01.01.2007                | 0,0 kWh                                      | 0,0 kWh                 | 0,0 kWh                | 0,0 kWh                | 0,0 kWh                                 |                         |
|                | 1,0 kW                        | 13.12.2013                |  | 180,0 kWh               | 150,0 kWh              | 30,0 kWh               | 180,0 kWh                               |                         |
|                | 5,5 kW                        | 26.10.2009                | 57.628,0 kWh                                 | 29.681,0 kWh            | 20.200,0 kWh           | 9.481,0 kWh            | 87.309,0 kWh                            |                         |
|                | 15,2 kW                       | 27.03.2009                | 158.074,0 kWh                                | 55.760,0 kWh            | 12.330,0 kWh           | 43.430,0 kWh           | 213.834,0 kWh                           |                         |
|                | 4,7 kW                        | 22.05.2012                | 2.736,0 kWh                                  | 24.237,0 kWh            | 2.672,0 kWh            | 21.565,0 kWh           | 26.973,0 kWh                            |                         |
|                | 7,5 kW                        | 26.11.2012                | 1.888,0 kWh                                  | 26.518,0 kWh            | 5.558,0 kWh            | 20.960,0 kWh           | 28.406,0 kWh                            |                         |
|                | 18,0 kW                       | 22.07.2010                | 255.429,0 kWh                                | 128.082,0 kWh           | 52.859,0 kWh           | 75.223,0 kWh           | 383.511,0 kWh                           |                         |
|                | 1,0 kW                        | 19.09.2012                | 645,0 kWh                                    | 2.352,0 kWh             | 1.320,0 kWh            | 1.032,0 kWh            | 2.997,0 kWh                             |                         |
|                | 1,0 kW                        | 06.08.2013                |  | 472,0 kWh               | 472,0 kWh              | 0,0 kWh                | 472,0 kWh                               |                         |
|                |                               | <b>2.156,4 kW</b>         |  | <b>10.644.685,0 kWh</b> | <b>4.699.383,2 kWh</b> | <b>103.614,0 kWh</b>   | <b>4.596.059,0 kWh</b>                  | <b>15.344.068,2 kWh</b> |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage vom den Stadtwerken Neuburg

### 3 Weiterentwicklung Wärmekataster

Für die Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes ist der Wärmebedarf der zu versorgenden Gebäude entscheidend. Mit sinkendem Energieverbrauch durch energetische Gebäudesanierungen werden Wärmenetze in der Zukunft zunehmend unattraktiver. Um für die Stadt Neuburg a. d. Donau geeignete Fernwärmegebiete zu lokalisieren werden aus diesem Grund drei Sanierungsszenarien für die Wohngebäude simuliert und in das Wärmekataster übertagen.

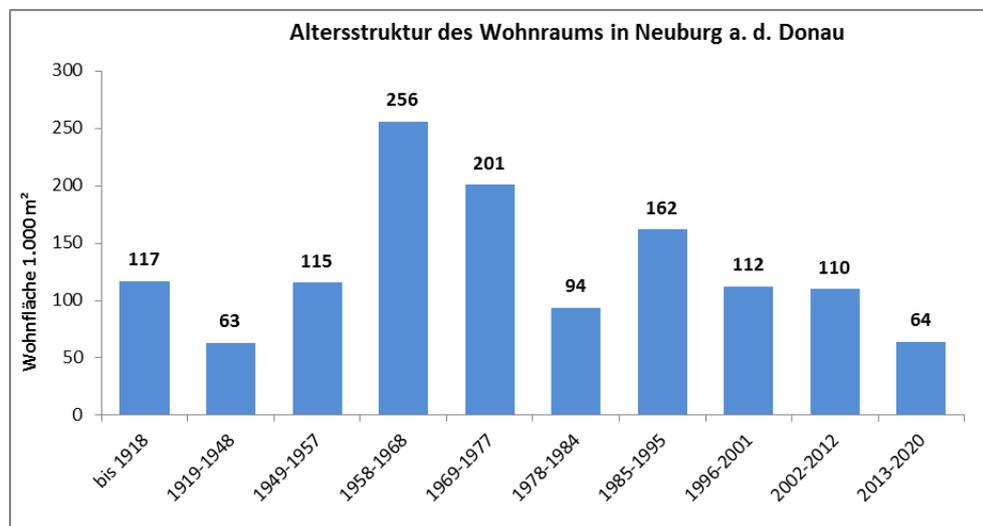
In der Endenergiebilanz 2006 wurden bereits zwei Sanierungsszenarien berechnet, die hier vergleichend dargestellt werden.

Am 1. Mai 2014 ist die lang diskutierte neue EnEV-Novelle 2014 in Kraft getreten. Kernelement ist eine Anhebung der Effizienzanforderungen für die Gebäudehülle von Neubauten um durchschnittlich 20% ab dem 01.01.2016. Eine EU Richtlinie sieht für Neubauten spätestens ab 2021 einen Niedrigst-Energiehausstandard (ähnlich Passivhaus) für ganz Europa vor.

#### 3.1 Altersstruktur der Wohngebäude

Zum Stand 31.12.2012 gibt es in Neuburg 6.433 Wohngebäude mit 12.996 Wohnungen bei einer gesamten Wohnfläche von knapp 1.230.000 m<sup>2</sup>. Jeder Einwohner bewohnt im Durchschnitt 42 m<sup>2</sup>.

**Abbildung 52: Altersstruktur des Wohnraums in Neuburg a. d. Donau**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage Statistik Kommunal

Die Hauptbautätigkeit hatte in Neuburg in den 60er und 70er Jahren stattgefunden. Besonders für diese Baualterklassen sind durch energieeffiziente Gebäudesanierung hohe Einsparpotenziale vorhanden. Charakteristisch für Neuburg ist ein großer Gebäudebestand bis 1918. Hier wird durch die Anforderungen des Denkmalschutzes eine Gebäudesanierung nur eingeschränkt möglich sein. Bis 2020 wird analog zur Endenergiebilanz 2006 ein jährlicher Zubau von 8.000 m<sup>2</sup> Wohnfläche pro Jahr berücksichtigt.

## 3.2 Sanierung der Wohngebäude

40 Prozent der Energie verbrauchen wir in Deutschland fürs Wohnen. Der Wärmebedarf des Gebäudebestandes soll bezogen auf 2010 bis 2020 um 20% sinken. Bis 2050 sollen Häuser nahezu klimaneutral sein, also den eigenen Bedarf nur aus erneuerbaren Energien decken<sup>3</sup>. Das größte Einsparpotenzial liegt hierbei in der energetischen Gebäudesanierung. Dafür ist die Verdopplung der energetischen Sanierungsrate von derzeit jährlich etwa 1 % auf 2 % erforderlich.

Entsprechend den Anforderungen an den Neubau (siehe Bestand Wohngebäude Punkt 2.1.3.3) steigen auch die energetischen Anforderungen bei der Gebäudesanierung. Durch weiteren technologischen Fortschritt sinken in Zukunft aber auch gleichzeitig die Baukosten für hocheffiziente Maßnahmen wie Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung und Passivhausfenster. Die Bundesregierung unterstützt zudem die energieeffiziente Gebäudesanierung durch das KfW-Programm „Energieeffizient Sanieren“.

Die Energieeinsparung soll vor allem durch zwei Maßnahmenpakete erreicht werden: Einerseits soll die Sanierungsrate der energetischen Sanierung von Gebäuden mindestens verdoppelt werden, andererseits wird der Einsatz von Erneuerbaren Energien wie Holzpellets oder Umweltwärme deutlich verstärkt. Das Energiekonzept des Freistaates Bayern sieht eine Steigerung des Anteils der Erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch auf 20% bis 2020 vor<sup>4</sup>.

### 3.2.1 Sanierungsszenarien Endenergiebilanz 2006

In der Endenergiebilanz 2006 wurden bereits zwei Sanierungsszenarien berechnet, die hier vergleichend dargestellt werden. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass in der Endenergiebilanz von anderen Rahmenbedingungen ausgegangen worden ist. Im Koalitionsvertrag vom 11.11.2005 hatte sich die damalige große Koalition die Zielvorgabe von einer Steigerung der Sanierungsrate auf 5% gesetzt, dieser Ansatz ist aus heutiger Sicht völlig unrealistisch.

**Tabelle 7: Basisszenario Endenergiebilanz 2006**

| Basisszenario  | 2006 | 2010 | 2015 | 2020 |
|--|------|------|------|------|
| Sanierungsrate<br>Sanierungsstandard EnEV 2002 + 40%   | 1,8% | 2,0% | 2,3% | 2,5% |
| Sanierungsanteil nach KfW CO <sub>2</sub> -<br>Gebäudesanierungsprogramm EnEV-Neubaustandard | 15%  | 20%  | 25%  | 30%  |

Quelle:

Endenergiebilanz 2006 Stadt Neuburg a. d. D.

Im Basisszenario steigt die Sanierungsrate von 1,8% bis 2020 auf 2,5%. Zusätzlich wurde angenommen, dass durch steigende Energiepreise und durch Aufstockung der Fördermittel der Anteil der Gebäude die nach dem damaligen CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramm der KfW saniert werden bis 2020 auf 30% steigt.

<sup>3</sup> Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung, BMU 28. September 2010

<sup>4</sup> Bayerisches Energiekonzept „Energie innovativ“, Bayerische Staatsregierung 24.Mai 2011

**Tabelle 8: Best-Practice-Szenario Endenergiebilanz 2006**

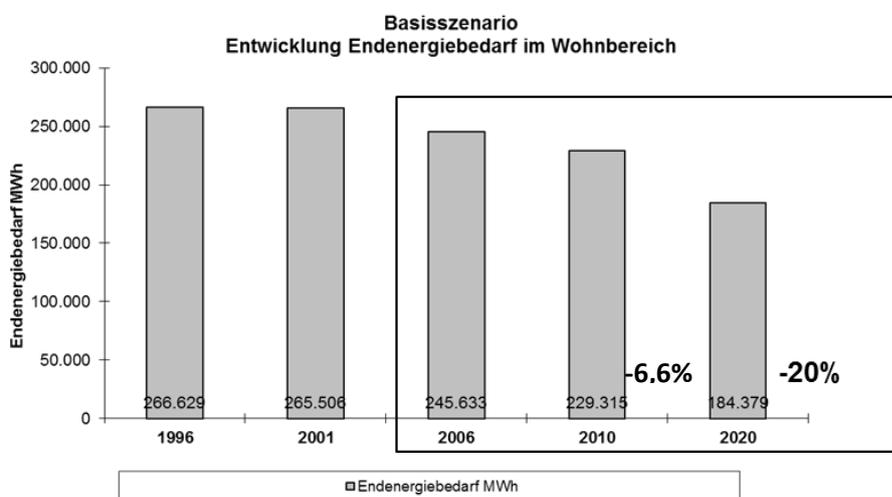
| Best Practice Szenario   | 2006 | 2010 | 2015 | 2020 |
|--|------|------|------|------|
| Sanierungsrate<br>Sanierungsstandard EnEV 2002 + 40%                                     | 1,8% | 2,5% | 3,5% | 4,0% |
| Sanierungsanteil nach KfW CO <sub>2</sub> -Gebäudesanierungsprogramm EnEV-Neubaustandard | 15%  | 25%  | 40%  | 50%  |

Quelle: Endenergiebilanz 2006 Stadt Neuburg a. d. D.

Im Best Practice Szenario steigen die Sanierungsrate auf 4% und der Sanierungsanteil nach dem KfW CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramm auf 50%.

Folgende Ergebnisse ergeben sich für das Basis- und Best-Practice-Szenario 2006:

**Abbildung 53: Basisszenario Endenergiebilanz 2006**



Quelle: Endenergiebilanz 2006 Stadt Neuburg a. d. D.

Beim Basisszenario reduziert sich der Endenergiebedarf bis 2010 um 6,6% und bis 2020 um 20% bezogen auf 2006.

**Abbildung 54: Best-Practice-Szenario Endenergiebilanz 2006**



Quelle: Endenergiebilanz 2006 Stadt Neuburg a. d. D.

Beim Best-Practice-Szenario reduziert sich der Endenergiebedarf bis 2010 um 7,5% und bis 2020 um 39% bezogen auf 2006.

### 3.2.2 Sanierungsszenarien Energienutzungsplan 2014

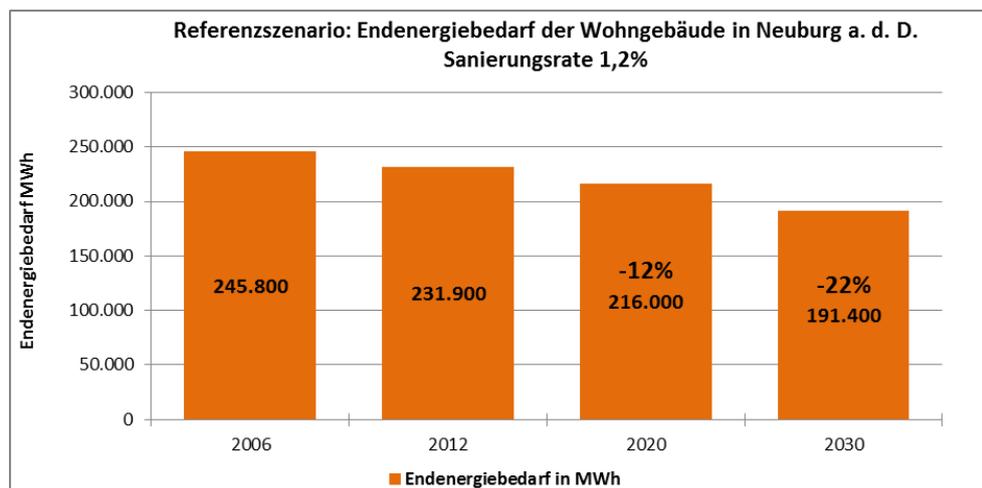
In Abstimmung mit der Stadt Neuburg und f10 wurden für den Energienutzungsplan drei neue Sanierungsszenarien festgelegt. Die Ergebnisse werden der Berechnung aus der Endenergiebilanz 2006 gegenübergestellt.

#### 3.2.2.1 Referenzszenario

Im Referenzszenario wird ein „Weiter so“ nach gängigem Prozedere in der Baupraxis angenommen (EnEV 2009 + 40%). Aufgrund der Anforderungen des für 2020/21 geplanten Niedrigst-Energiehausstandard wird ab 2021 eine Anpassungsstufe um -20% für den Heizwärmebedarf vorgenommen. Die Kennwerte für den mittleren Sanierungsstandard ab 2021 sind bereits mit heutiger EnEV-Technik erzielbar.

**Die Sanierungsrate wird mit 1,2% über den gesamten Betrachtungszeitraum fortgeschrieben.** Das Szenario ist hinsichtlich des Klimaschutzes als unambitioniert zu betrachten.

**Abbildung 55: Entwicklung Endenergiebedarf Referenzszenario**



Quelle: Eigene Berechnung und Darstellung

Beim Referenzszenario reduziert sich der Endenergiebedarf der Wohngebäude bis 2020 um 12% und bis 2030 um 22% bezogen auf 2006.

#### 3.2.2.2 Klimaschutzszenario

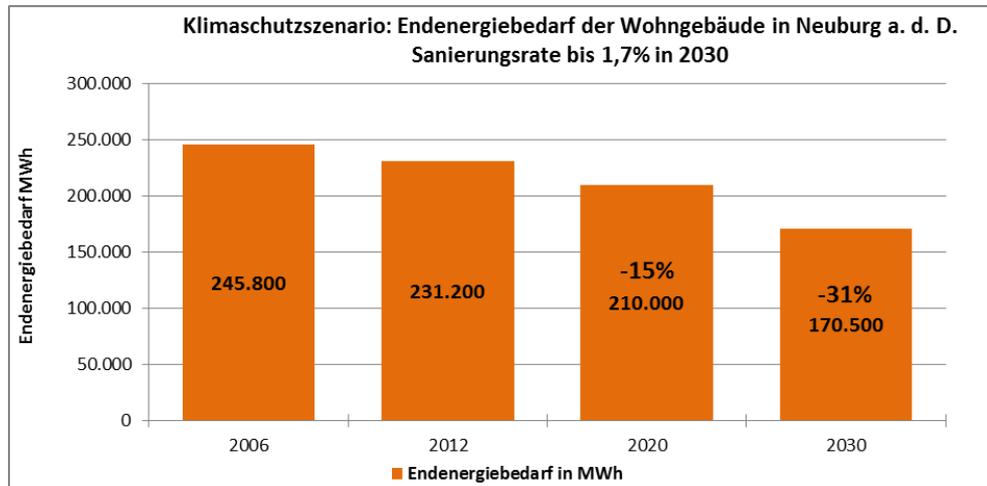
Die Entwicklung des Klimaschutzszenarios entspricht den gängigen Standards des KfW Effizienzhauses. Bezogen auf den Heizwärmebedarf nach EnEV 2009 werden folgende Stufen vorgesehen:

- 2014: KfW Effizienzhaus 115 (EnEV 130%)
- 2016: KfW Effizienzhaus 100 (EnEV 115%)
- 2018: KfW Effizienzhaus 85 (EnEV 100%)
- 2021: KfW Effizienzhaus 70 (EnEV 85%)

Die Umsetzung dieser Ziele stellt keine technische Herausforderung dar, sondern verlangt vor allem die Durchdringung des gesamten Marktes mit bereits verfügbaren, wirtschaftlich sinnvollen Techni-

ken. Dennoch ist davon auszugehen, dass nennenswerte Anstrengungen unternommen werden müssen, um diese Ziele zu erreichen. **Die Sanierungsrate wird linear von 1,2% bis 1,7% in 2030 erhöht.**

**Abbildung 56: Entwicklung Endenergiebedarf Klimaschutzszenario**



Quelle: Eigene Berechnung und Darstellung

Beim Klimaschutzszenario reduziert sich der Endenergiebedarf bis 2020 um 15% und bis 2030 um 31% bezogen auf 2006.

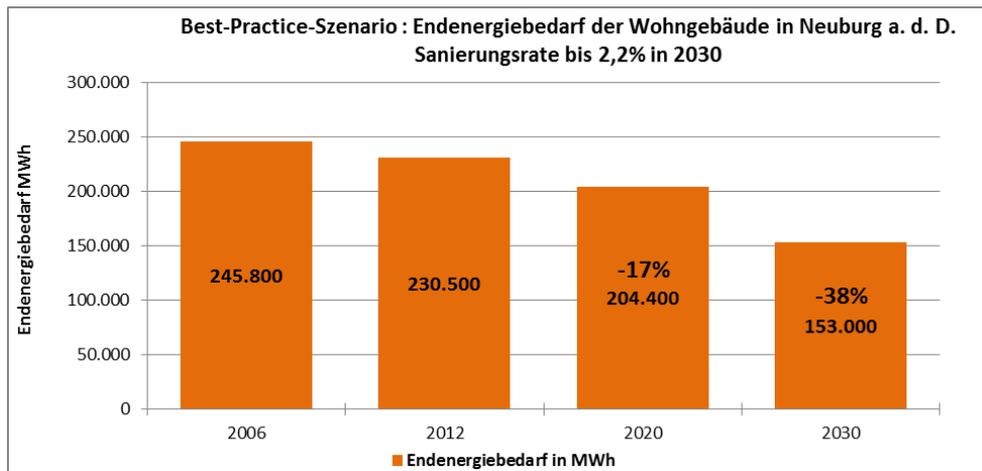
### 3.2.2.3 Best-Practice-Szenario

Beim Best Practice Standard soll abgebildet werden, was mit heute bereits verfügbaren und absehbaren Techniken erreichbar ist. Die jeweils besten Techniken werden nach fünf bis acht Jahren Modell- und Erprobungsphase in voller Breite konsequent in den Markt übernommen. Wie beim Klimaschutzszenario ist das keine wirkliche technische Herausforderung. Eine sehr hohe Anforderung stellt es aber für den Know-how-Transfer und die Anpassung der Bauwirtschaft dar. Zudem muss durch Ordnungsrecht und Förderung ein massives Maßnahmenpaket bereitgestellt werden, das den Markt dazu bringt diese sehr durchgreifende Entwicklung nachzuvollziehen.

Bezogen auf den Heizwärmebedarf nach EnEV 2009 werden folgende Stufen vorgesehen:

- 2014: KfW Effizienzhaus 100 (EnEV 115%)
- 2016: KfW Effizienzhaus 85 (EnEV 100%)
- 2018: KfW Effizienzhaus 70 (EnEV 85%)
- 2021: KfW Effizienzhaus 55 (EnEV 70%) nah am Bereich des Passivhauses

**Die Sanierungsrate wird linear von 1,2% bis 2,2% in 2030 erhöht.**

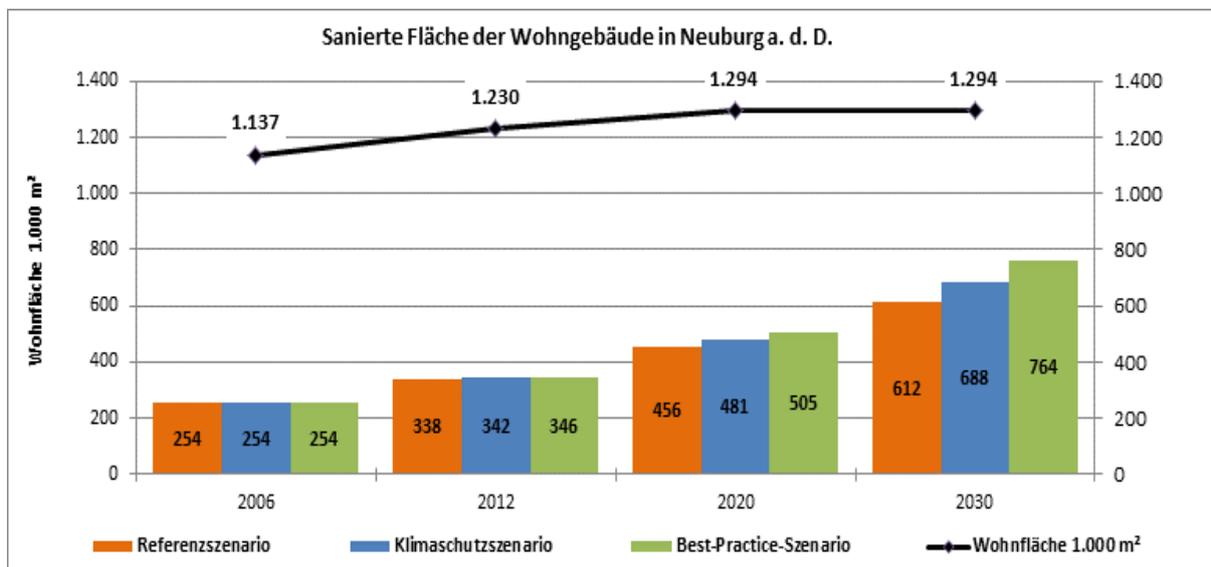
**Abbildung 57: Entwicklung Endenergiebedarf Best-Practice-Szenario**

Quelle: Eigene Berechnung und Darstellung

Beim Best-Practice-Szenario reduziert sich dann der Endenergiebedarf bis 2020 um 17% und bis 2030 um immerhin 38% bezogen auf 2006.

### 3.2.2.4 Sanierte Wohnfläche

Bis 2020 wächst die Wohnfläche in Neuburg auf ca. 1.294.000 m<sup>2</sup>. Um eine Vergleichbarkeit mit den Ergebnissen der Endenergiebilanz 2006 zu gewährleisten wird bis 2030 kein weiterer Zuwachs simuliert.

**Abbildung 58: Sanierte Wohnfläche der Szenarien**

Quelle: Eigene Berechnung und Darstellung

Beim Referenzszenario sind bis 2030 612.000 m<sup>2</sup> Wohnfläche saniert, dies sind 50% des aktuellen Gebäudebestandes.

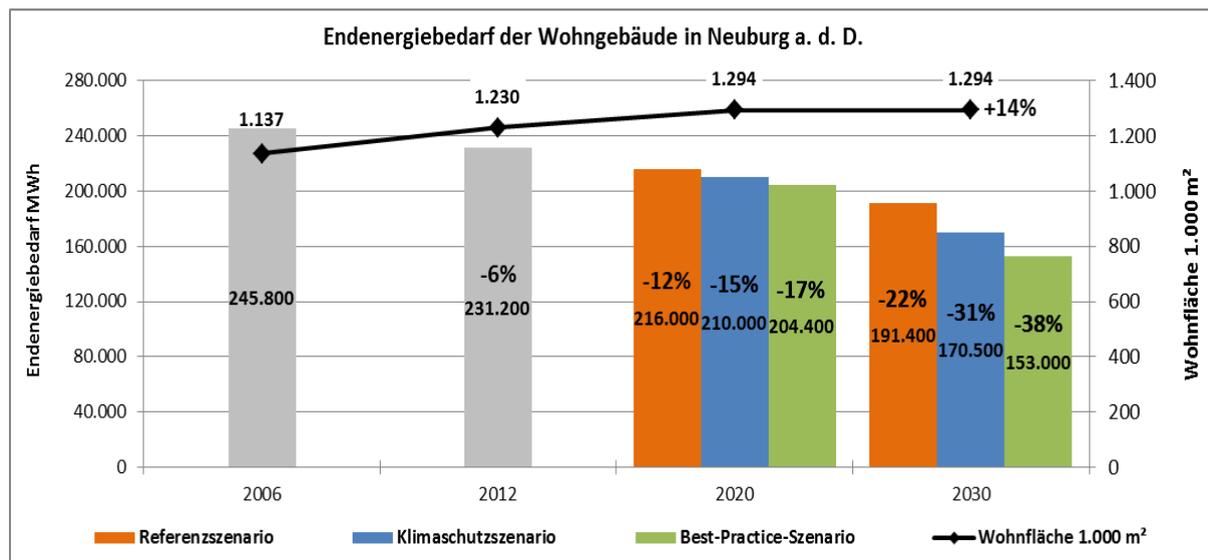
Beim Klimaschutzszenario sind bis 2030 688.000 m<sup>2</sup> saniert, dies entspricht 56% des Gebäudebestandes von 2012.

Beim Best-Practice-Szenario reduziert sind dann bis 2030 764.000 m<sup>2</sup> Wohnfläche saniert, dies entspricht 62% des aktuellen Gebäudebestandes.

### 3.2.3 Variantenvergleich Sanierungsszenarien

Folgende Abbildung zeigt die Ergebnisse der Sanierungsszenarien bis zum Jahr 2030:

**Abbildung 59: Variantenvergleich Sanierungsszenarien Energienutzungsplan**



Quelle: Eigene Berechnung und Darstellung

Bezogen auf das Jahr 2006 reduziert sich der Endenergiebedarf der Wohngebäude bis 2030 im Basisszenario um 22%, im Klimaschutzszenario um 31% und im Best-Practice-Szenario sogar um 38%. Im gleichen Zeitraum wächst die Wohnfläche in Neuburg um 14% von 1.137.000 m<sup>2</sup> auf 1.294.000 m<sup>2</sup>. Da bei der Neuberechnung die Sanierungsraten auf ein realistisches Maß reduziert wurden (Referenzszenario 1,2%, Klimaschutzszenario bis 1,7%, Best-Practice-Szenario bis 2,2%) sind hier die Reduktionspotenziale deutlich geringer als bei der Endenergiebilanz 2006.

**Tabelle 9: Endenergiebilanz 2006 Reduktion Endenergiebedarf Wärme durch Gebäudesanierung**

|                        | Reduktion bis 2010 | Reduktion bis 2020 |
|------------------------|--------------------|--------------------|
| Basisszenario          | - 6,6 %            | - 20 %             |
| Best-Practice-Szenario | - 7,5 %            | - 39 %             |

Quelle: Endenergiebilanz 2006 Stadt Neuburg a. d. D.

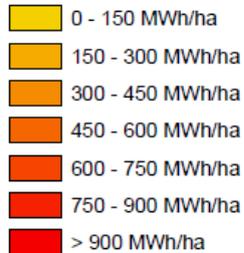
Wird beim Basisszenario der Endenergiebilanz 2006 eine Reduktion von 20% bis 2020 erreicht, sind durch Anpassung der Sanierungsrate im Energienutzungsplan sogar beim Best-Practice-Szenario nur 17% bis 2020 möglich.

Das Best-Practice-Szenario der Endenergiebilanz 2006 reduziert den Endenergiebedarf sogar um 39% bis 2020, dies erreicht das Best-Practice-Szenario im Energienutzungsplan mit -38% bis 2030 nur knapp.

### 3.3 Wärmekataster mit Sanierungsszenarien

Im Folgenden wird das Wärmekataster für die drei Sanierungsszenarien planerisch dargestellt. Anhand einer möglichen, zukünftigen Wärmebedarfsdichte können geeignete Gebiete zum Aufbau von Wärmenetzen ermittelt werden und einer näheren Betrachtung dienen.

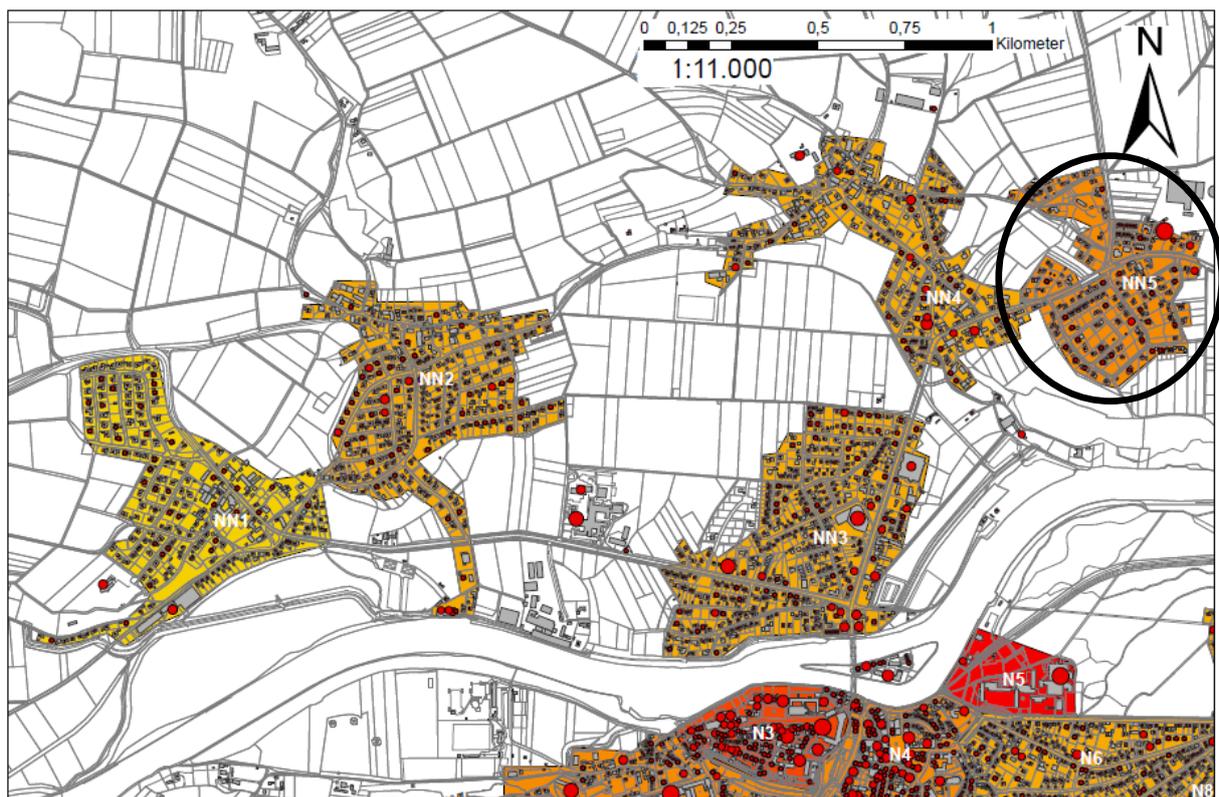
#### Legende:



Die nebenstehende Legende zeigt die farbliche Einteilung der Wärmedichte. Nach Leitfaden Energienutzungsplan<sup>5</sup> gilt als Schwellenwert zur Identifizierung von für Wärmenetze geeigneten Gebieten eine Wärmebedarfsdichte von über 150 MWh/ha. (Alle Pläne finden sich Maßstabsgerecht im Anhang.)

#### 3.3.1 Referenzszenario

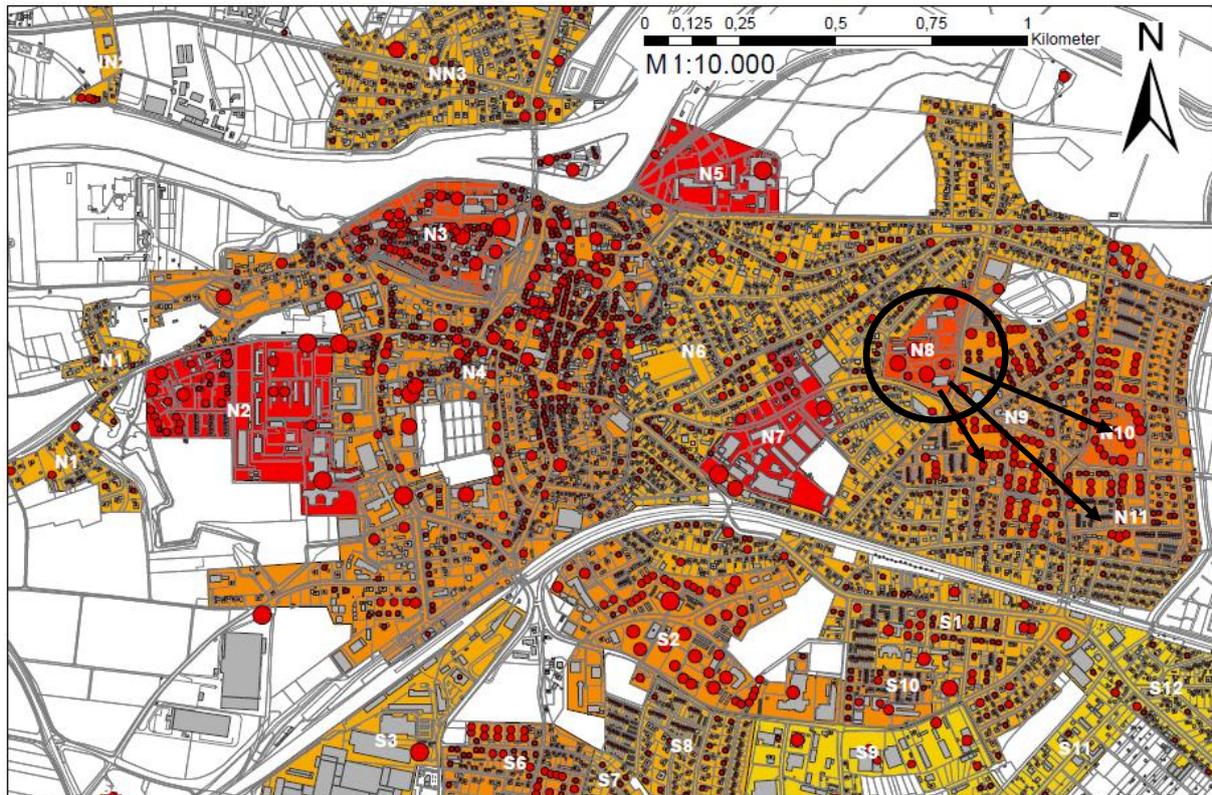
Abbildung 60: Wärmekataster Referenzszenario Neuburg Nord (NN1-NN5)



Quelle: Eigene Darstellung mit ArcGIS Software

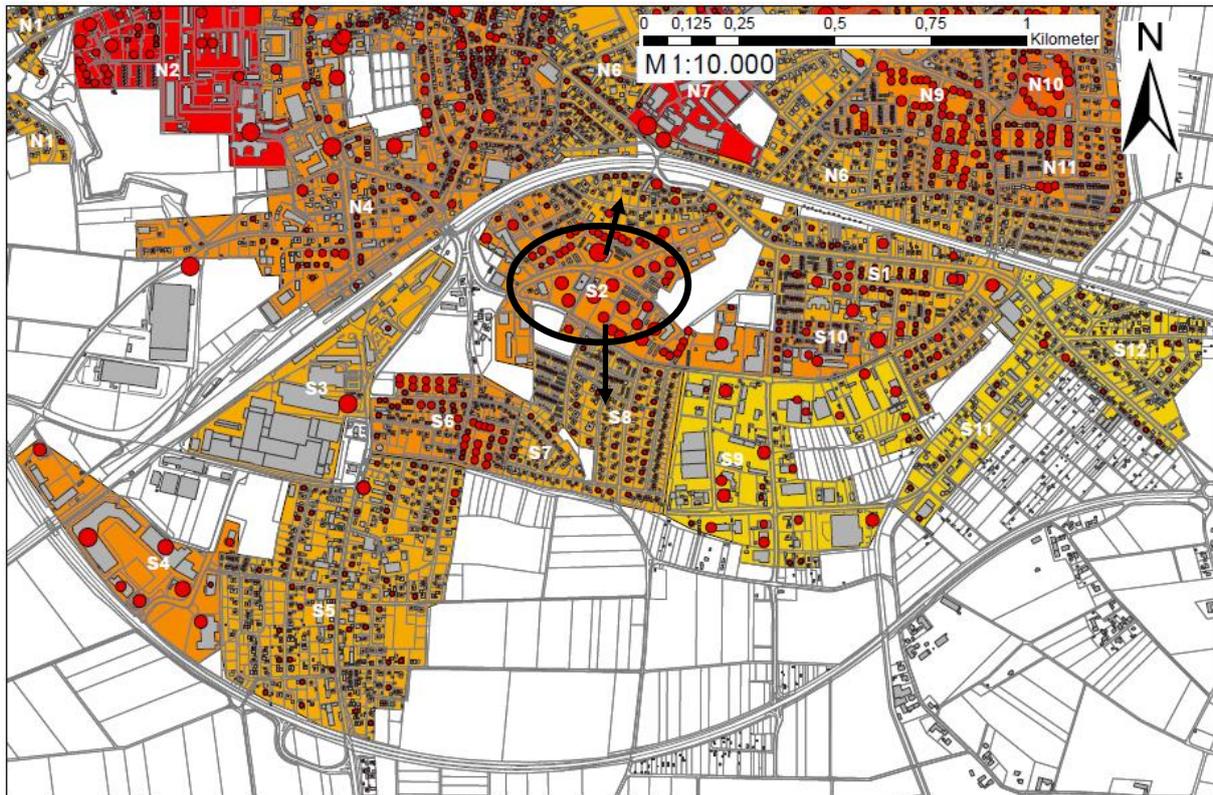
Das Bearbeitungsrastrer NN5 hat wegen dem Verbrauchsschwerpunkt immer noch eine Wärmebedarfsdichte von über 360 MWh/ha. Aber auch die Siedlungsgebiete NN2-NN4 bieten noch eine ausreichende Wärmedichte für Fernwärmenutzung (über 150 MWh/ha).

<sup>5</sup> Leitfaden Energienutzungsplan, Bay. Staatsmin. für Umwelt und Gesundheit, Bay. Staatsmin. für Wirtschaft, Oberste Baubehörde, 21. Februar 2011

**Abbildung 61: Wärmekataster Referenzszenario Neuburg nördlich Bahnlinie (N1-N11)**

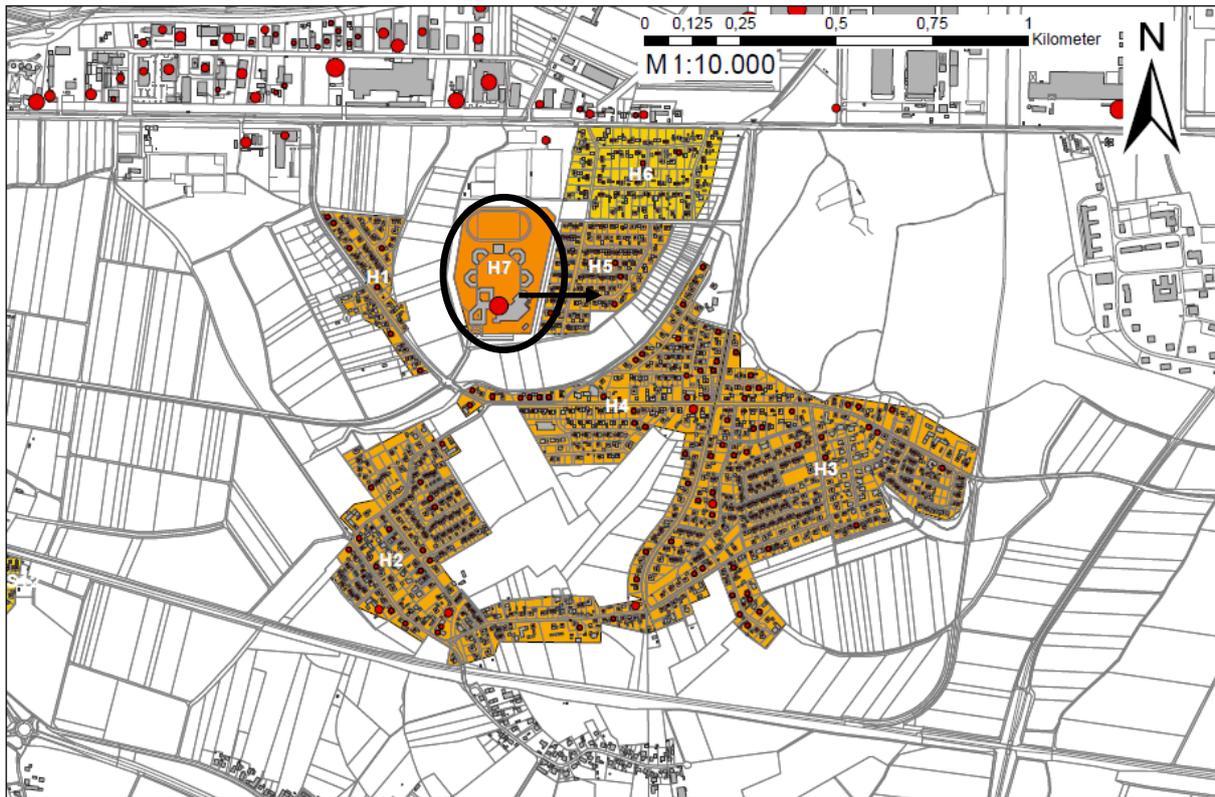
Quelle: Eigene Darstellung mit ArcGIS Software

Wegen verdichteter Bauweise und höherem Gewerbeanteil eignen sich hier nach wie vor etliche Gebiete für Fernwärmenutzung. Ausgehend vom Bearbeitungsrastrer N8 (600 MWh/ha) ist nach wie vor eine Fernwärmeerschließung der Wohngebiete N9, N10 und N11 umsetzbar.

**Abbildung 62: Wärmekataster Referenzszenario Neuburg südlich Bahnlinie (S1-S12)**

Quelle: Eigene Darstellung mit ArcGIS Software

Das Bearbeitungsraster S2 hat mit über 400 MWh/ha immer noch das größte Potenzial zum Aufbau eines Wärmenetzes. Eine Erweiterung nach Norden ins Wohngebiet S1 und nach Süden in Gebiet S8 ist weiterhin sinnvoll.

**Abbildung 63: Wärmekataster Referenzszenario Neuburg Heinrichsheim (H1-H2)**

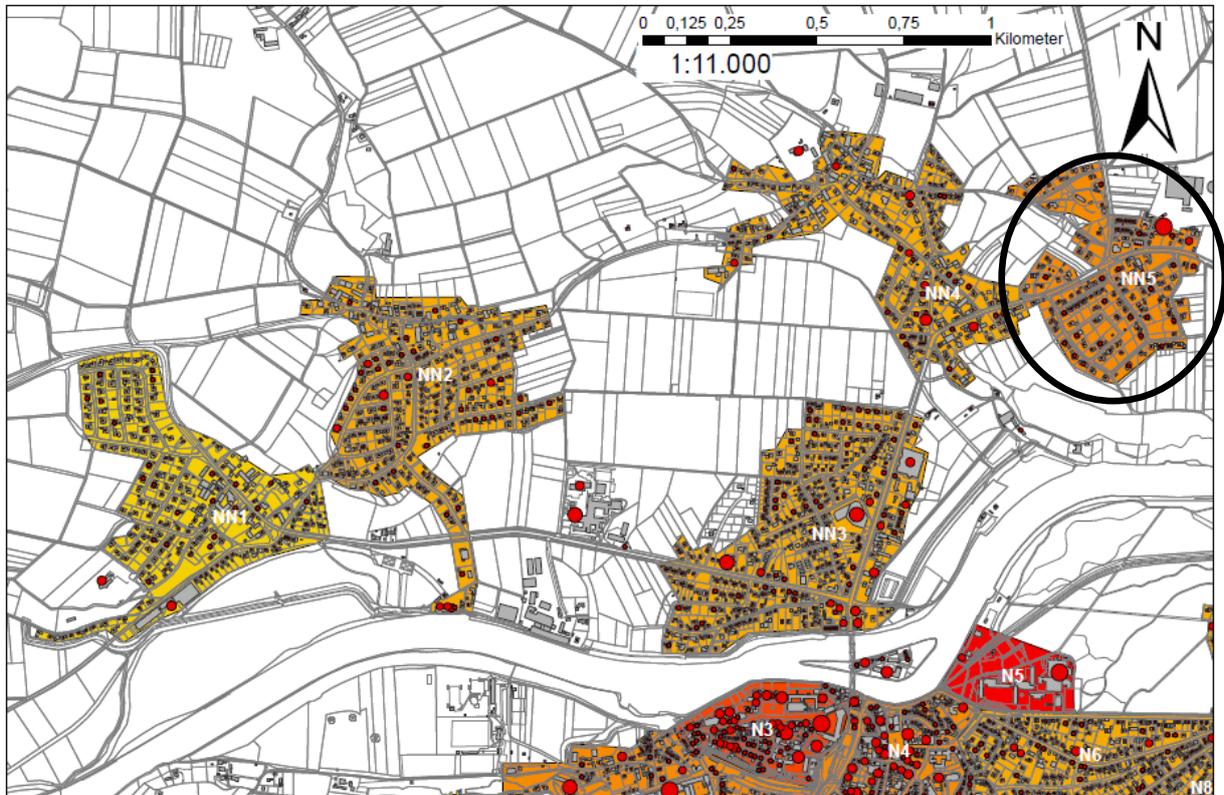
Quelle: Eigene Darstellung mit ArcGIS Software

Bis auf das Wohngebiet H6 ist in Heinrichsheim noch eine Wärmebedarfsdichte von über 150 MWh/ha vorhanden, allerdings nur mit einer Anschlussdichte der Gebäude von 100%. Das Bearbeitungsraster H5 hat noch die höchste Bedarfsdichte mit 260 MWh/ha. Der Verbrauchsschwerpunkt Justizvollzugsanstalt (H7) bietet nach wie vor eine interessante Kombination für ein Fernwärmekonzept.

### 3.3.2 Klimaschutzscenario

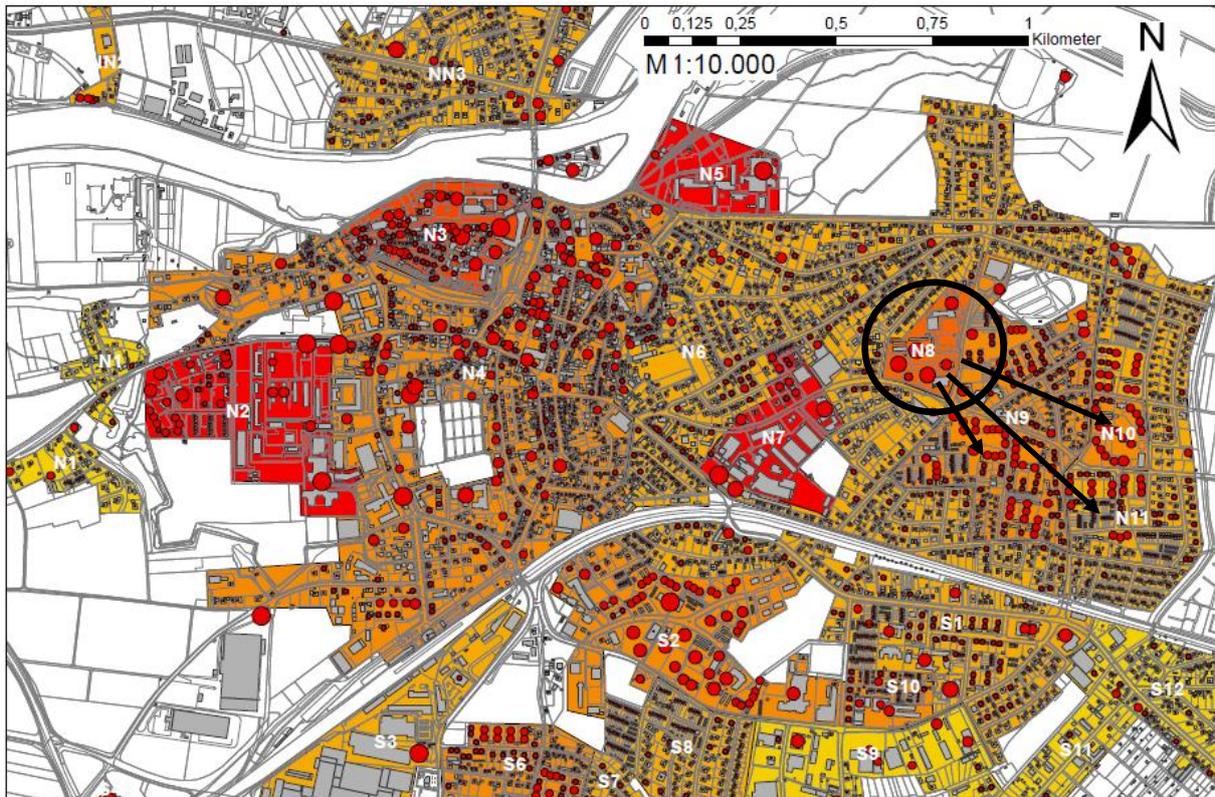
Im Folgenden wird das Wärmekataster des Klimaschutzscenario für die vier Teilgebiete dargestellt:

**Abbildung 64: Wärmekataster Klimaschutzscenario Neuburg Nord (NN1-NN5)**



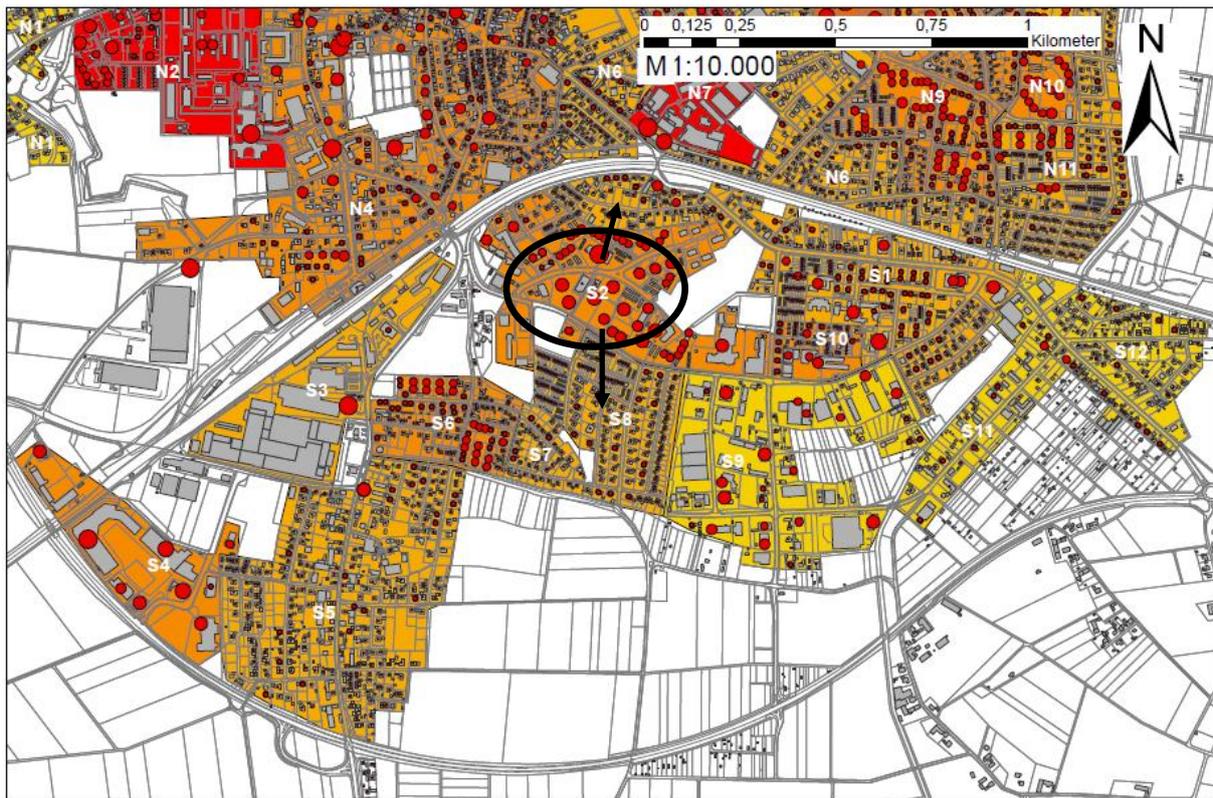
Quelle: Eigene Darstellung mit ArcGIS Software

Das Bearbeitungsraster NN5 hat auch im Klimaschutzscenario noch eine geeignete Wärmebedarfsdichte von über 300 MWh/ha. Die Siedlungsgebiete NN2-NN4 sind nur noch knapp über 150 MWh/ha.

**Abbildung 65: Wärmekataster Klimaschutzszenario Neuburg nördlich Bahnlinie (N1-N11)**

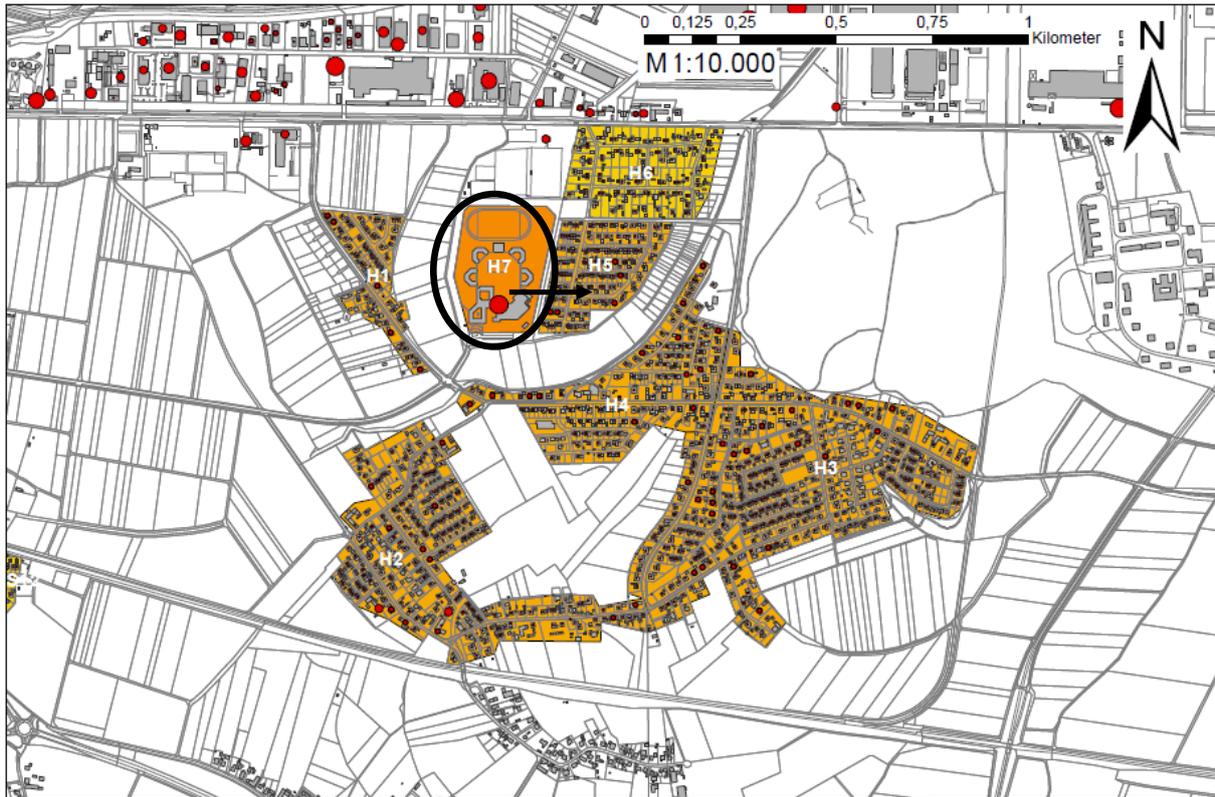
Quelle: Eigene Darstellung mit ArcGIS Software

Das Teilgebiet N8 mit seinen Wohntürmen hat im Klimaschutzszenario eine Wärmebedarfsdichte von über 500 MWh/ha und bietet somit nach wie vor einen ausgezeichneten Ausgangspunkt zum Aufbau eines Wärmenetzes.

**Abbildung 66: Wärmekataster Klimaschutzszenario Neuburg südlich Bahnlinie (S1-S12)**

Quelle: Eigene Darstellung mit ArcGIS Software

Das Bearbeitungsrastrer S2 hat mit 380 MWh/ha noch ein sehr gutes Potenzial zur Fernwärmeversorgung. Auch eine Erweiterung nach Norden ins Gebiet S1 (250 MWh/ha) und nach Süden in Gebiet S8 (175 MWh/ha) wäre noch sinnvoll möglich.

**Abbildung 67: Wärmekataster Klimaschutzszenario Neuburg Heinrichsheim (H1-H2)**

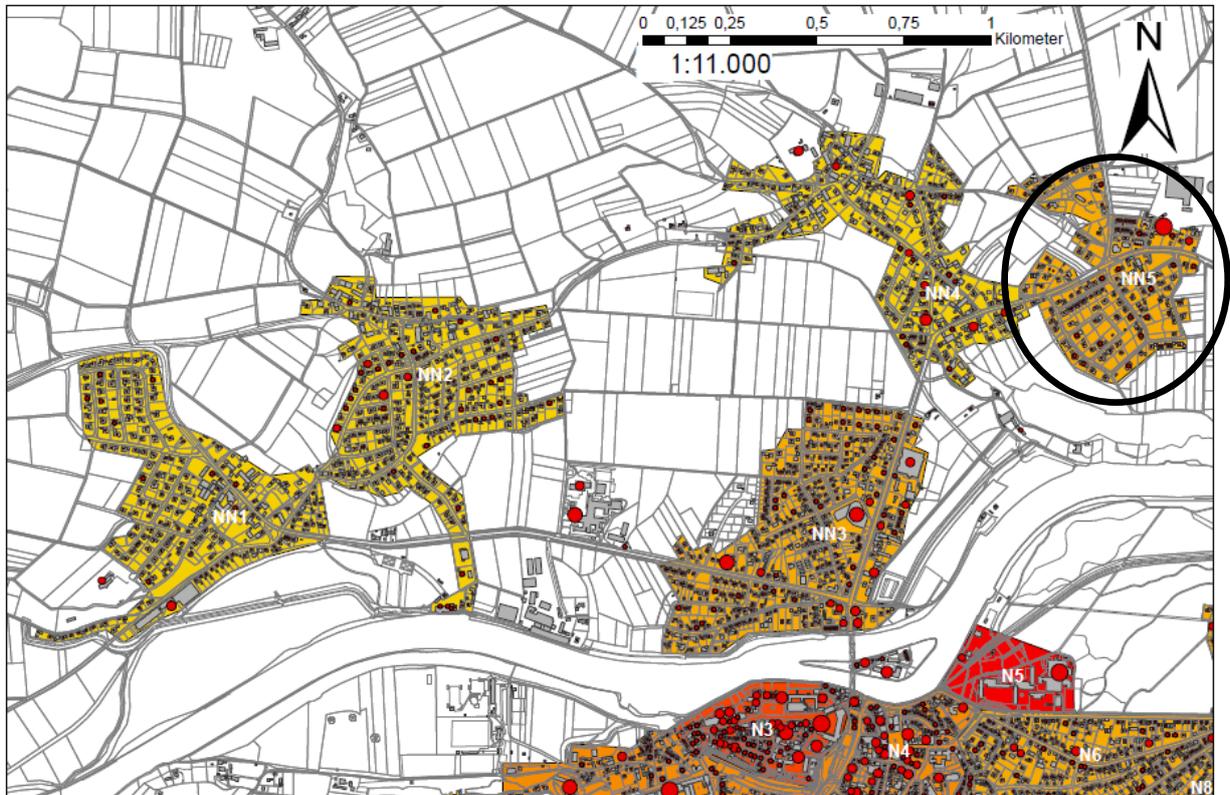
Quelle: Eigene Darstellung mit ArcGIS Software

In Heinrichsheim haben die Bearbeitungs raster H1 bis H5 nach wie vor eine Wärmebedarfsdichte von über 150 MWh/ha und könnten bei hoher Anschlussdichte sinnvoll mit Fernwärme versorgt werden.

### 3.3.3 Best-Practice-Szenario

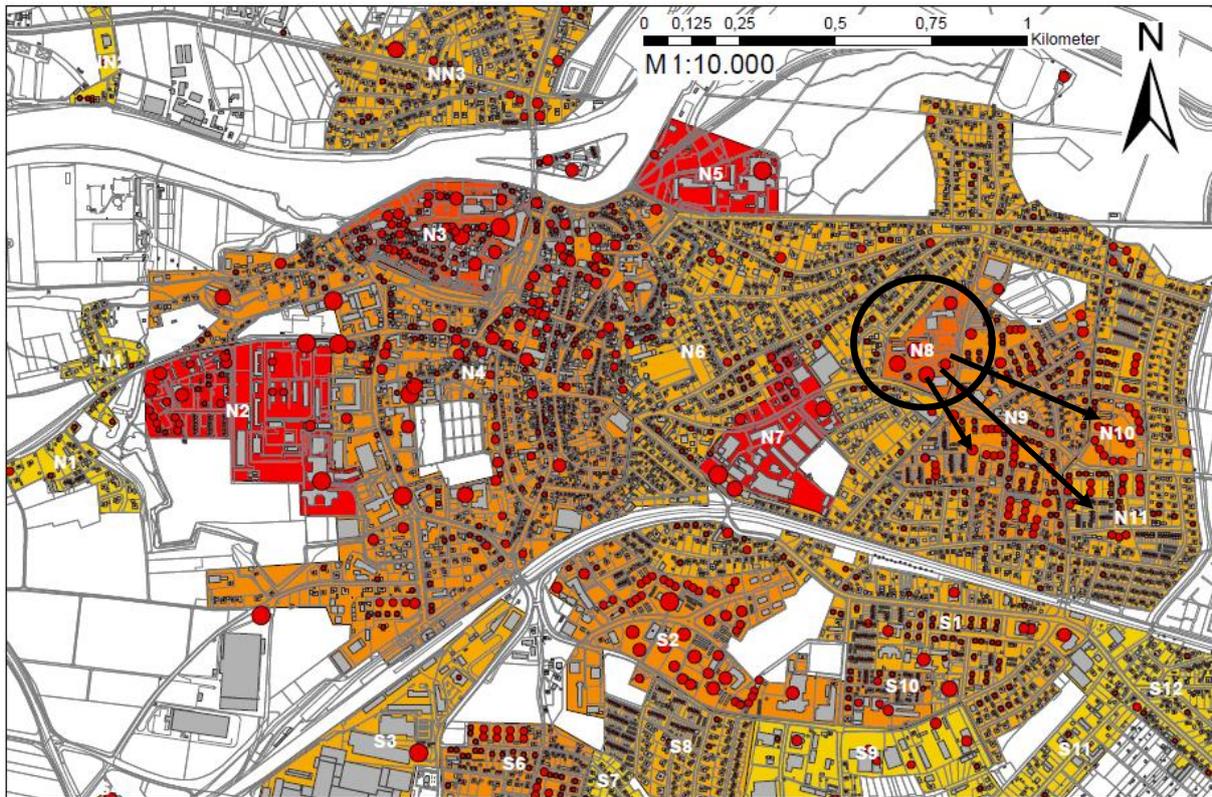
Die folgenden Abbildungen zeigen das Wärmekataster der vier Teilgebiete im Best-Practice-Szenario:

**Abbildung 68: Wärmekataster Best-Practice-Szenario Neuburg Nord (NN1-NN5)**



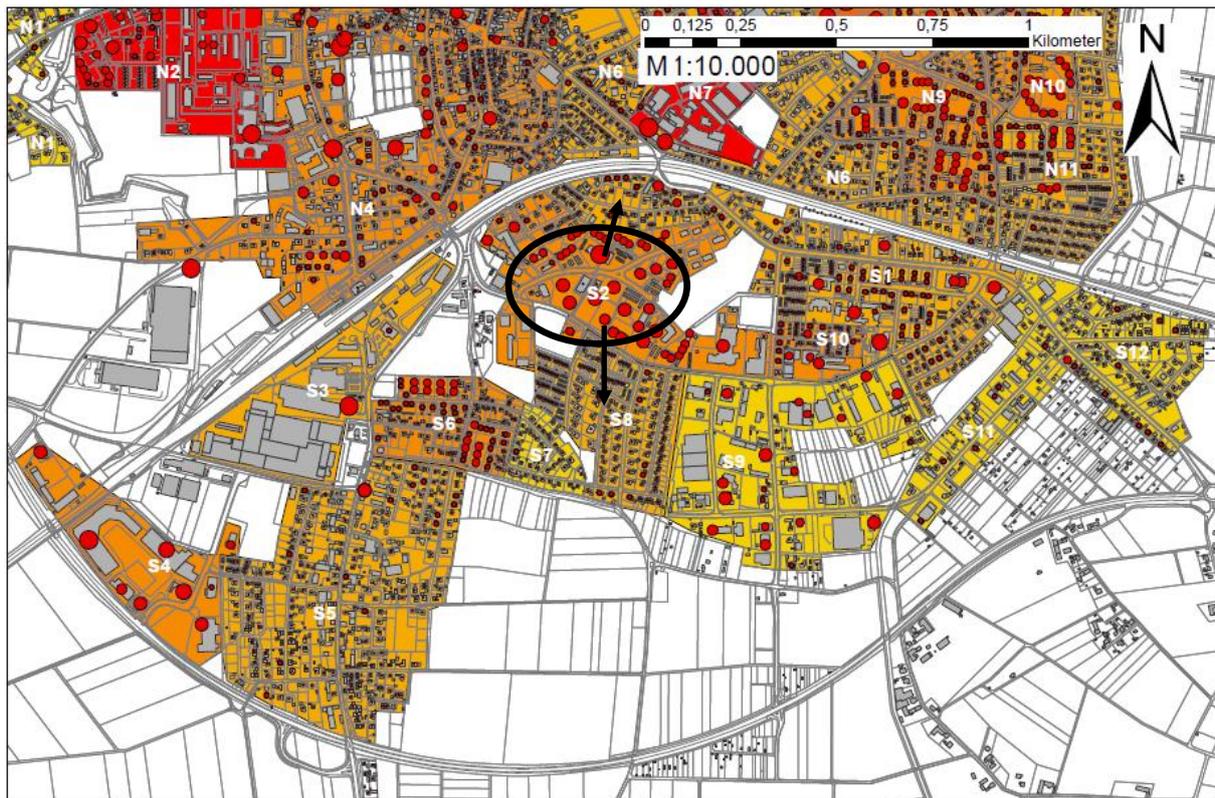
Quelle: Eigene Darstellung mit ArcGIS Software

Das Bearbeitungsrastr NN5 liegt im Best-Practice-Szenario nun knapp unter einer Wärmebedarfsdichte von 300 MWh/ha, das Siedlungsgebiet NN3 bei rund 200 MWh/ha. NN1, NN2 und NN3 sind nicht mehr für eine Fernwärmeversorgung geeignet.

**Abbildung 69: Wärmekataster Best-Practice-Szenario Neuburg nördlich Bahnlinie (N1-N11)**

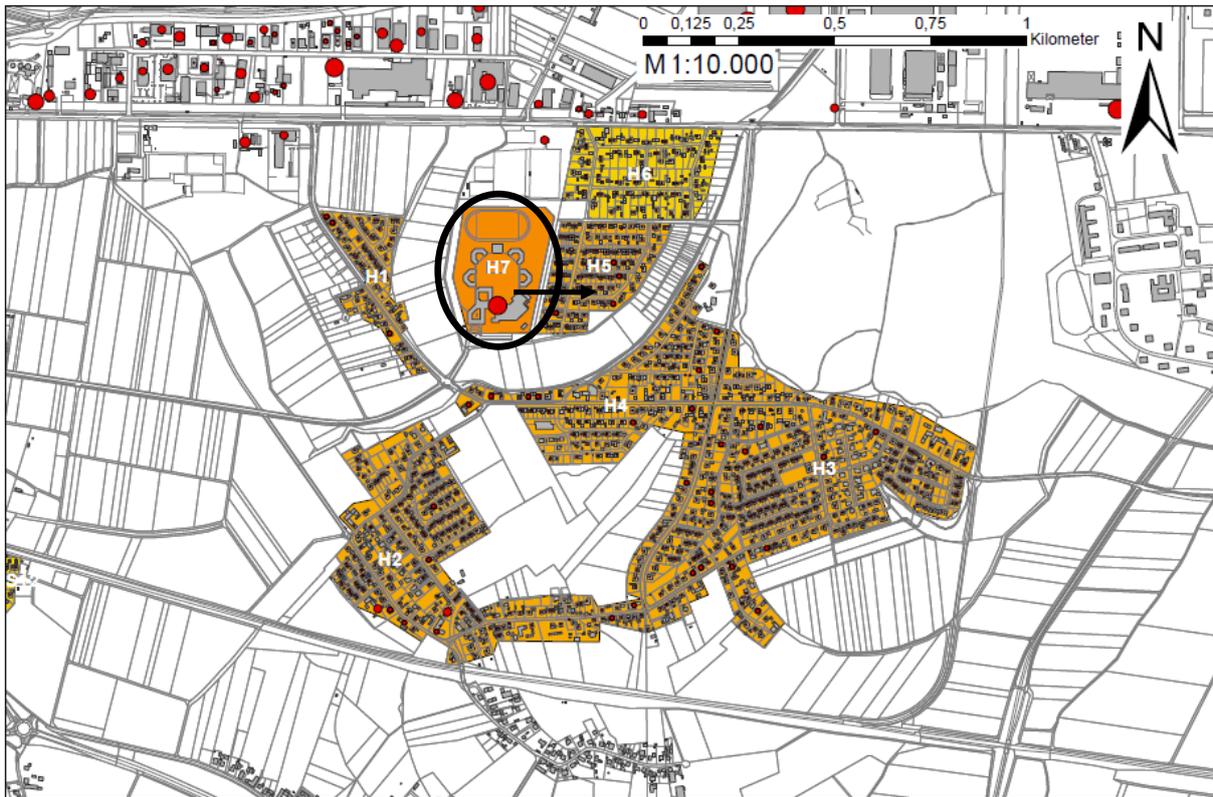
Quelle: Eigene Darstellung mit ArcGIS Software

Immer noch verfügt das Teilgebiet N8 über eine Wärmebedarfsdichte von 500 MWh/ha. Auch die angrenzenden Bearbeitungsrastrer N9 und N10 sind mit über 300 MWh/ha für einen Fernwärmeausbau gut geeignet. N11 hat noch eine Wärmebedarfsdichte von knapp über 250 MWh/ha.

**Abbildung 70: Wärmekataster Best-Practice-Szenario Neuburg südlich Bahnlinie (S1-S12)**

Quelle: Eigene Darstellung mit ArcGIS Software

Auch im Best-Practice-Szenario hat das Bearbeitungsraster S2 mit seinen Wohntürmen immer noch eine Wärmebedarfsdichte von knapp 350 MWh/ha. Im Gegensatz zum nördlichen Bearbeitungsraster S1 liegt S8 im Süden nun unter 200 MWh/ha, wäre aber bei hoher Anschlussdichte immer noch für Fernwärme geeignet.

**Abbildung 71: Wärmekataster Best-Practice-Szenario Neuburg Heinrichsheim (H1-H2)**

Quelle: Eigene Darstellung mit ArcGIS Software

Bis auf das Gebiet H5 sind alle Bearbeitungsraster unter einer Wärmedichte von 200 MWh/ha. In Verbindung mit der Justizvollzugsanstalt (H7) wäre hier auch im Best-Practice-Szenario ein Fernwärme-konzept möglich.

## 4 Potenzialanalyse

### 4.1 Potenzial Energieeffizienz

#### 4.1.1 Energieeffizienz in der Wärmebereitstellung

Die Energieeffizienz in der Wärmeerzeugung wird in erster Linie durch die Sanierung der Wohngebäude erreicht. Hierfür wurden drei Sanierungsszenarien durchgerechnet, siehe Punkt 3.2.3 Variantenvergleich Sanierungsszenarien. Folgende Tabelle zeigt die Einsparpotenziale in MWh und in Prozent bezogen auf 2006.

**Tabelle 10: Einsparpotenziale in der Wärmeerzeugung**

| <b>Referenzszenario</b>       | <b>2006</b> | <b>2012</b> | <b>2020</b> | <b>2030</b> |
|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Endenergiebedarf MWh          | 245.800     | 231.900     | 216.000     | 191.400     |
| Einsparpotenzial MWh          |             | 13.900      | 29.800      | 54.400      |
| Einsparpotenzial %            |             | 6%          | 12%         | 22%         |
|                               |             |             |             |             |
| <b>Klimaschutzszenario</b>    | <b>2006</b> | <b>2012</b> | <b>2020</b> | <b>2030</b> |
| Endenergiebedarf MWh          | 245.800     | 231.200     | 210.000     | 170.500     |
| Einsparpotenzial MWh          |             | 14.600      | 35.800      | 75.300      |
| Einsparpotenzial %            |             | 6%          | 15%         | 31%         |
|                               |             |             |             |             |
| <b>Best-Practice-Szenario</b> | <b>2006</b> | <b>2012</b> | <b>2020</b> | <b>2030</b> |
| Endenergiebedarf MWh          | 245.800     | 230.500     | 204.400     | 153.000     |
| Einsparpotenzial MWh          |             | 15.300      | 41.400      | 92.800      |
| Einsparpotenzial %            |             | 6%          | 17%         | 38%         |

Im Referenzszenario werden bis 2030 54.400 MWh bzw. 22% Endenergie eingespart, im Klimaschutzszenario sind es 31 % bzw. 75.300 MWh und im Best-Practice-Szenario knapp 40% bei 92.800 MWh.

## 4.1.2 Energieeffizienz in der Anlagentechnik und der Stromnutzung

### 4.1.2.1 Energieeinsparung durch Modernisierung der Straßenbeleuchtung

Weltweit entstehen immer noch ca. 20 % des Energieverbrauchs auf Kosten durch ineffiziente Beleuchtung. Eine Umrüstung auf die moderne, energieeffiziente LED Beleuchtungstechnologie ermöglicht damit offensichtlich Energieeinsparung in erheblichem Umfang. Neben den positiven Effekten auf den CO<sub>2</sub>-Ausstoß ist dies darüber hinaus auch noch mit erheblichen Kosteneinsparungen verbunden.

**Abbildung 72: Schätzung der Einsparpotenziale bei der Beleuchtung in Deutschland pro Jahr**

|                      | Energieeinsparung  | CO <sub>2</sub> -Einsparung | Kosteneinsparung |
|----------------------|--------------------|-----------------------------|------------------|
| Straßenbeleuchtung   | 2,7 Milliarden kWh | 1,6 Millionen Tonnen        | 400 Millionen €  |
| Bürobeleuchtung      | 3,2 Milliarden kWh | 1,9 Millionen Tonnen        | 475 Millionen €  |
| Industriebeleuchtung | 8,3 Milliarden kWh | 5,0 Millionen Tonnen        | 1,2 Milliarden € |
| Private Beleuchtung  | 7,5 Milliarden kWh | 4,5 Millionen Tonnen        | 1,1 Milliarden € |

Quelle: Zentralverband der Elektrotechnik und Elektroindustrie (ZVEI)

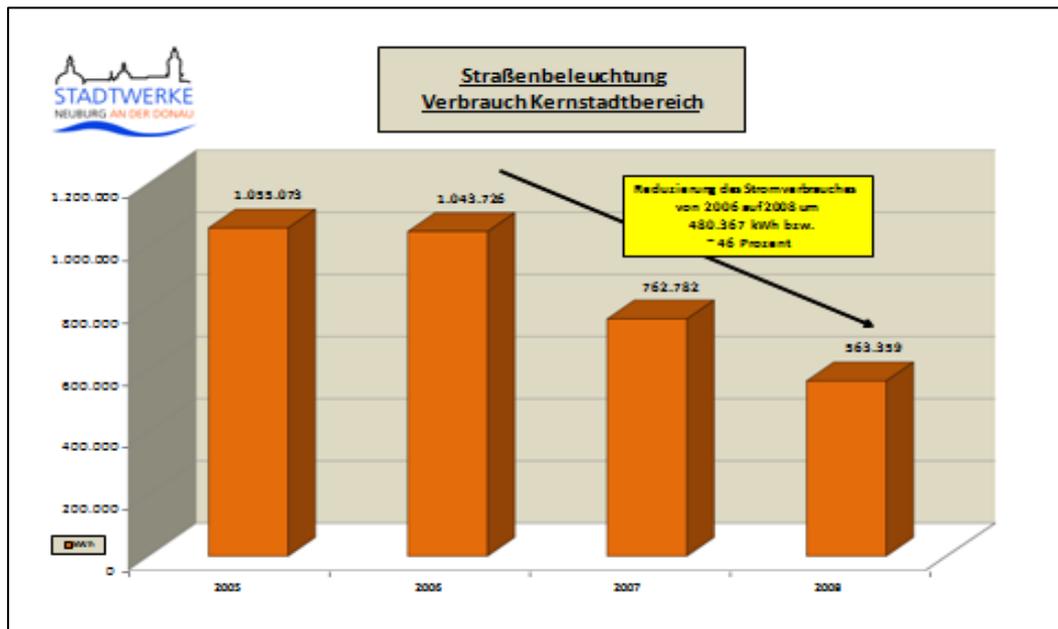
Im Rahmen der EUP Richtlinie 2005/32/EG (sog. EU-Ökodesign-Verordnung), die im Jahr 2009 Rechtskraft erlangt hat, werden Anforderungen an die Energieeffizienz und die Betriebseigenschaften von Haushaltslampen, aber auch von Lampen im tertiären Sektor, somit auch der Straßenbeleuchtung gestellt. Das bedeutet, dass in EU-Ländern Produkte nicht mehr in den Verkehr gebracht werden dürfen, die diese Anforderungen nicht mehr erfüllen und in gewissen Zeiträumen das CE-Zeichen verlieren. Dies betrifft neben dem sog. „Glühlampenverbot“ in großem Umfang auch die Leuchtmittel, die derzeit noch bei der Straßenbeleuchtung verwendet werden.

Hierzu gehören insbesondere die Quecksilberdampf-Hochdruckentladungslampen (HQL) aber auch energieineffiziente Natriumdampflampen (NAV) und Leuchtstofflampen (T8/TL-D). Diese Leuchtmittel verlieren die CE Kennzeichnung bis spätestens zum Jahr 2015.

Die Stadt Neuburg/Do hat im Jahr 2006 beschlossen 881 HQL auf NAV-Leuchtmittel umzurüsten und 2177 alte TL-Leuchtmittel durch langlebigere und kältefestere neue TL-Leuchtmittel zu ersetzen. Diese Maßnahme war der durch die Stadt zu erbringende Anteil eines Energieeinspar-Contractings, wobei der Contracting-Nehmer sich verpflichtete sämtliche Schaltstellen mit Lichtregelgeräten nachzurüsten.

Durch diese Maßnahmen wurde in den Kernstadtbereichen, welche zum Umrüstzeitpunkt schon mit Stromzählern ausgestattet waren, eine Einsparung von 46% erreicht. Die Einsparung von 480.367 kWh bedeutet nur für die betrachteten Kernstadtbereiche mit Messung eine auf das Bezugsjahr 2006 berechnete Reduzierung der Kosten für die Straßenbeleuchtung in Höhe von 51.930,00 €. Dies bewirkt eine Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 270 t-CO<sub>2</sub> pro Jahr.

**Abbildung 73: Entwicklung des Stromverbrauchs für Straßenbeleuchtung in Neuburg von 2006 bis 2008 durch Austausch von Leuchtmitteln und Einsatz von Lichtregelgeräten**



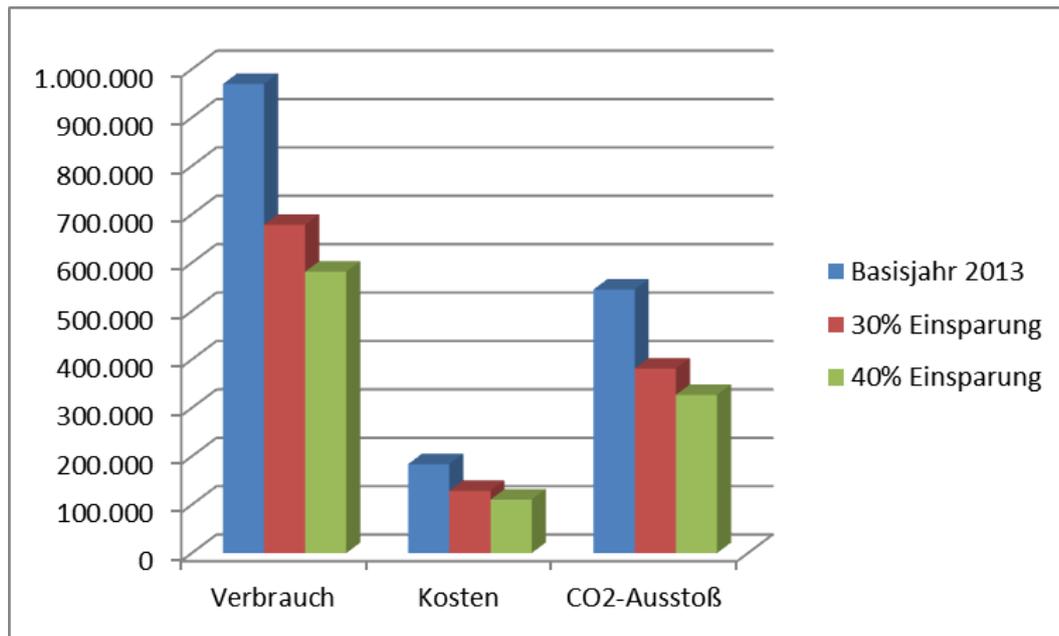
Quelle: Öffentliche Sitzung des Bau, Planungs- und Umweltausschusses der Stadt Neuburg a. d. Donau am 15.07.2009

In der Stadt Neuburg/Do wurden im Jahr 2013 ca. 3.200 Straßenleuchten betrieben mit einem Gesamtverbrauch von 969.000 kWh. Ein Großteil der Straßenbeleuchtung ist noch mit langlebigen und kältefesten TL-Lampen (ca. 2.200) ausgerüstet, der Rest überwiegend schon mit energieeffizienten NAV-Leuchten (ca. 1.000), der Zubau von ca. 100 Leuchten seit der Umrüstung im Jahr 2007/2008 wurde vollständig mit NAV-Leuchtmitteln ausgeführt.

Neben der Umrüstungsnotwendigkeit aus der Ökodesign-Verordnung kann die Stadt Neuburg/Do durch die Umrüstung aller Leuchten auf moderne LED-Technologie einen weiteren Beitrag zum Klimaschutz leisten.

Eine erste aktuelle Abschätzung des Effekts durch Prof. Schmidt (HS Augsburg) hat ergeben, dass durch eine vollständige Umrüstung aller Leuchten im Stadtgebiet auf LED-Leuchtmittel der Stromverbrauch für die Stadtbeleuchtung um weitere 30 – 40 % gesenkt werden könnte.

Ausgehend vom Energieverbrauch des Jahres 2013 in Höhe von 969.000 kWh ergibt dies eine Einsparung von 290.700 bis 387.600 kWh pro Jahr und eine Reduzierung der Kosten um ca. 51.000,00 € bis 73.500,00 € pro Jahr, bezogen auf die Strompreise des Jahres 2013.

**Abbildung 74: Einsparungen durch Einsatz von LED-Beleuchtung**

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage der Stadt Neuburg der Stadt Neuburg a. d. Donau

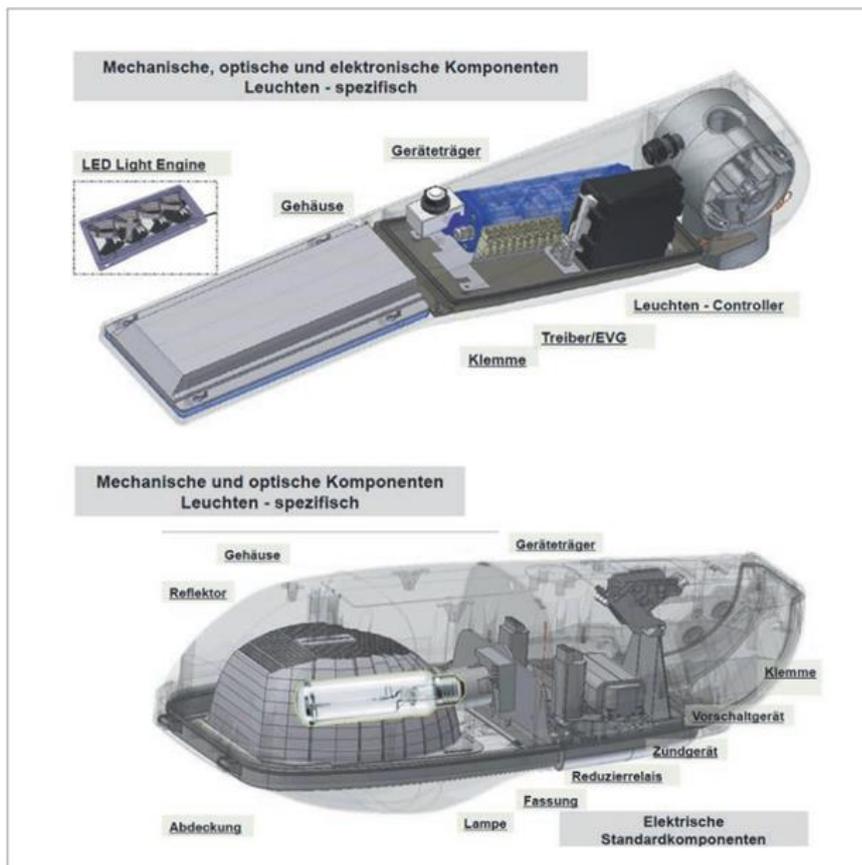
Eine Umrüstung auf LED Leuchten kann bereits mit geringen investiven Maßnahmen erfolgen. Bei entsprechenden technischen Gegebenheiten der bestehenden Leuchten können NAV-Leuchtmittel nach Umrüstung auf die entsprechenden Fassungen einfach durch LED Leuchtmittel ersetzt werden. Die Materialkosten für einen Umbau belaufen sich dabei auf ca. € 45/Straßenlaterne, die Umrüstung kann in ca. 4 Stunden erledigt werden. Der Stromverbrauch einer so umgerüsteten Leuchte sinkt von 80 W auf 18 W, es sind danach jedoch keine weiteren intelligenten Lichtsteuerungsoptionen mehr möglich. Bei einer angenommenen Betriebsdauer von 4.200 Std/a ergibt sich so pro Lampe eine Einsparung in Höhe von ca. € 50 pro Jahr.

**Abbildung 75: Einfache Umrüstung einer konventionellen Straßenlampe auf LED**

Quelle: Erfahrungsbericht der Stadt Dardesheim; Stv. Bgm. Ralf Voigt; Dipl.-Ing. ; Magdeburg, 21.5.2014

Um jedoch alle Vorteile dieser „Beleuchtung der Zukunft“ nutzen zu können, muss eine Umrüstung auf LED-Leuchten neuester Bauart erfolgen. Die Haupteffekte bei der Stromeinsparung durch Umrüstung auf LED – Lampen liegt nicht in der Reduktion der installierten Leistung, sondern beruht hauptsächlich auf den durch die intelligente Steuerung (Dimmen, Teilabschalten, Steuerung durch Bewegungssensor) verlängerten Phasen mit gedimmter Basisbeleuchtung. Die Umschaltung auf volle Beleuchtung erfolgt bedarfsgerecht über Signale der Beleuchtungssensoren.

**Abbildung 76: Vergleich der Komponenten einer LED Leuchte mit denen einer konventionellen Straßenleuchte**



Quelle: Siteco GmbH; LED- (oben) und klassische Straßenleuchte (unten)

Hier sind vorab kurz die Vor- und Nachteile einer Umrüstung auf LED-Leuchtmittel zusammengefasst:

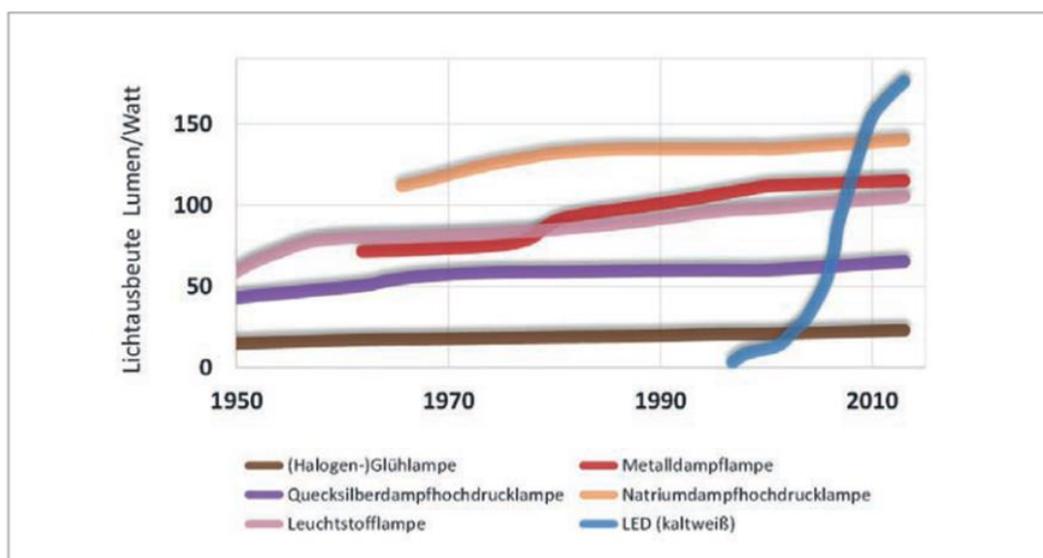
#### **Vorteile Hohe Energieeffizienz:**

- lange Lebensdauer,
- gezielte Strahlrichtung und damit verbundene niedrige Streuverluste,
- Brenndauer liegt bei über 50.000 Stunden,
- keine Probleme mit häufigem Ein- und Ausschalten,
- weißes Licht mit guter Farbwiedergabe,
- keine bzw. wenig UV-Strahlung (80% weniger Verschmutzung durch Insekten),
- leichte Entsorgung,
- geringe Wärmeentwicklung,
- niedrige Wartungskosten,
- stoß- und vibrationsfest,
- einfaches Dimmen,
- verzögerungsfreier Sofortstart.

**Die Nachteile dieser neuen Technik sind:**

- Teure Anschaffungskosten,
- viele LEDs notwendig, um die alte Leuchtstärke zu erreichen,
- Beschaffung von Ersatzteilen eventuell nicht immer gewährleistet,
- technische Entwicklung noch nicht abgeschlossen.

Die Entwicklung der LED-Lichttechnik ist geprägt durch eine permanente und gleichzeitig rasante Effizienzsteigerung. Seit Vorstellung der Technologie hat sich deren Effizienz alle 10 Jahre verdoppelt, ein Grund dafür, dass diese Technologie in den nächsten Jahrzehnten mit Sicherheit dominieren wird.

**Abbildung 77: Entwicklung der Lichtausbeute der verschiedenen Leuchtmittel**

Quelle: TU Darmstadt

#### 4.1.2.2 Anforderungen an moderne Straßenbeleuchtung

Hier werden kurz die relevanten Vorschriften bei der Auslegung einer Straßenbeleuchtung aufgelistet:

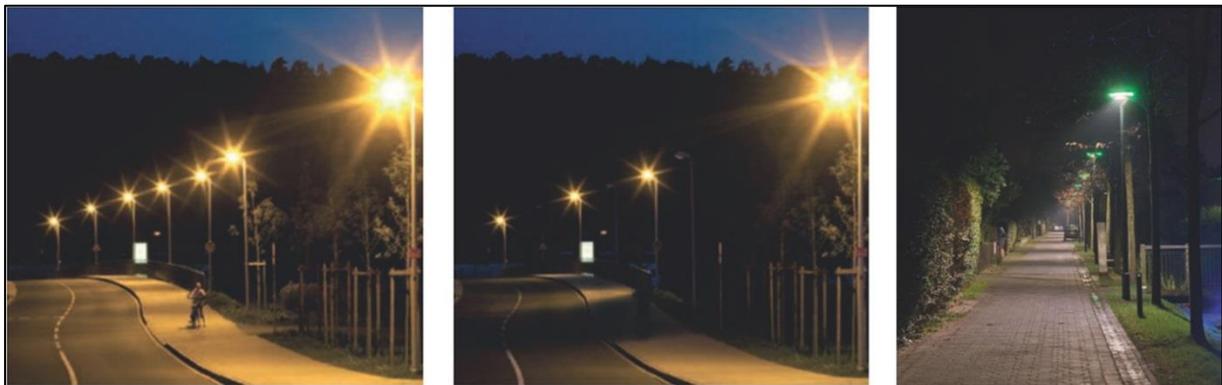
Die DIN EN 13201, gültig seit April 2004, fasst zusammen, welche Anforderungen an die Straßenbeleuchtung gestellt werden. Die bis zum März 2011 geltende Deutsche Norm DIN 5044-1 wurde somit durch die DIN EN 13201 Teil 1 - 4 abgelöst. In Deutschland wird es nach Einführung der DIN EN 13201 keine Umrüstplicht für Altanlagen geben. Die DIN EN 13201 ist jedoch bei der Planung von Neuanlagen und bei Sanierungen anzuwenden.

Gegliedert ist sie wie folgt:

- Teil 1: Auswahl der Beleuchtungsklassen
- Teil 2: Gütemerkmale
- Teil 3: Berechnung der Gütemerkmale
- Teil 4: Messung der Gütemerkmale

Mit Hilfe dieser Norm kann also jeder einzelnen Beleuchtungssituation eine bestimmte Beleuchtungsklasse zugewiesen werden. Aus Parametern wie Verkehrsaufkommen, Nutzungsfläche, Geometrie der Verkehrsfläche und Umgebungseinflüsse kann ermittelt werden, welche Anforderungen (Beleuchtungsklasse) an die Beleuchtung an dieser Stelle zu stellen sind.

#### Abbildung 78: Beispiele für gute (links u. rechts) und schlechte (Mitte) Beleuchtungssituation



Quelle: Trilux GmbH, re. Abb. VDI Technologiezentrum GmbH

### 4.1.2.3 Projektstrukturplan

In einem ersten Schritt gilt es nun in Neuburg den Bestand der Straßenleuchten genau aufzunehmen und darauf aufbauend die aktuelle Beleuchtungssituation zu analysieren. Nach der Suche der geeigneten LED-Alternativen sind die gesetzlichen Anforderungen zu prüfen und ggf. die resultierenden Einschränkungen beim Vergleich Bestand/LED herauszuarbeiten und Lösungen zu entwickeln. Im zweiten Schritt ist auf Grundlage der Bestandsanalyse für jeden Leuchtentyp einzeln zu prüfen, ob aufgrund der technischen Gegebenheiten und den daraus resultierenden Umbaukosten der oben beschriebene einfache Umbau der Leuchtmittel einer Umrüstung des Gesamtsystems vorzuziehen ist. Im nächsten Schritt sind als Vorlage für die Entscheidungsträger die Gesamtkosten der jeweils ausgewählten Version zu ermitteln und die daraus resultierenden Amortisationszeiten zu berechnen. Es empfiehlt sich in dieser Phase, mit anderen Kommunen Kontakt aufzunehmen und deren praktische Erfahrungen mit in die Entscheidungsfindung einzubeziehen.

**Abbildung 79: Bereits umgesetzte Umrüstung der städtischen Beleuchtung**

|   | Kommune                    | Projekt   |
|---|----------------------------|---|
| 1 | Landeshauptstadt Erfurt    | Neugestaltung Nordhäuser Straße/Andreasstraße   |
| 2 | Landkreis Görlitz          | LED Saxony  |
| 3 | Gemeinde Königfeld         | LED-Netzwerk Schwarzwald  |
| 4 | Stadt Wuppertal            | LED-Beleuchtung auf der Nordbahntrasse  |
| 5 | Stadt Trier                | Porta Nigra – Das Tor zu mehr Energie-Effizienz   |
| 6 | Stadt Norden               | Ein Projekt mit Leuchtturmcharakter – LED-Beleuchtung in Norden-Norddeich                           |
| 7 | Landeshauptstadt München   | LED als museale Allgemeinbeleuchtung – Neues Lichtkonzept in der städtischen Galerie im Lenbachhaus |
| 8 | Stadt Paderborn            | Paderborner LED-Straßenbeleuchtung  |
| 9 | Stadt Freiburg im Breisgau | LED Masterplan Freiburg   |

Quelle: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

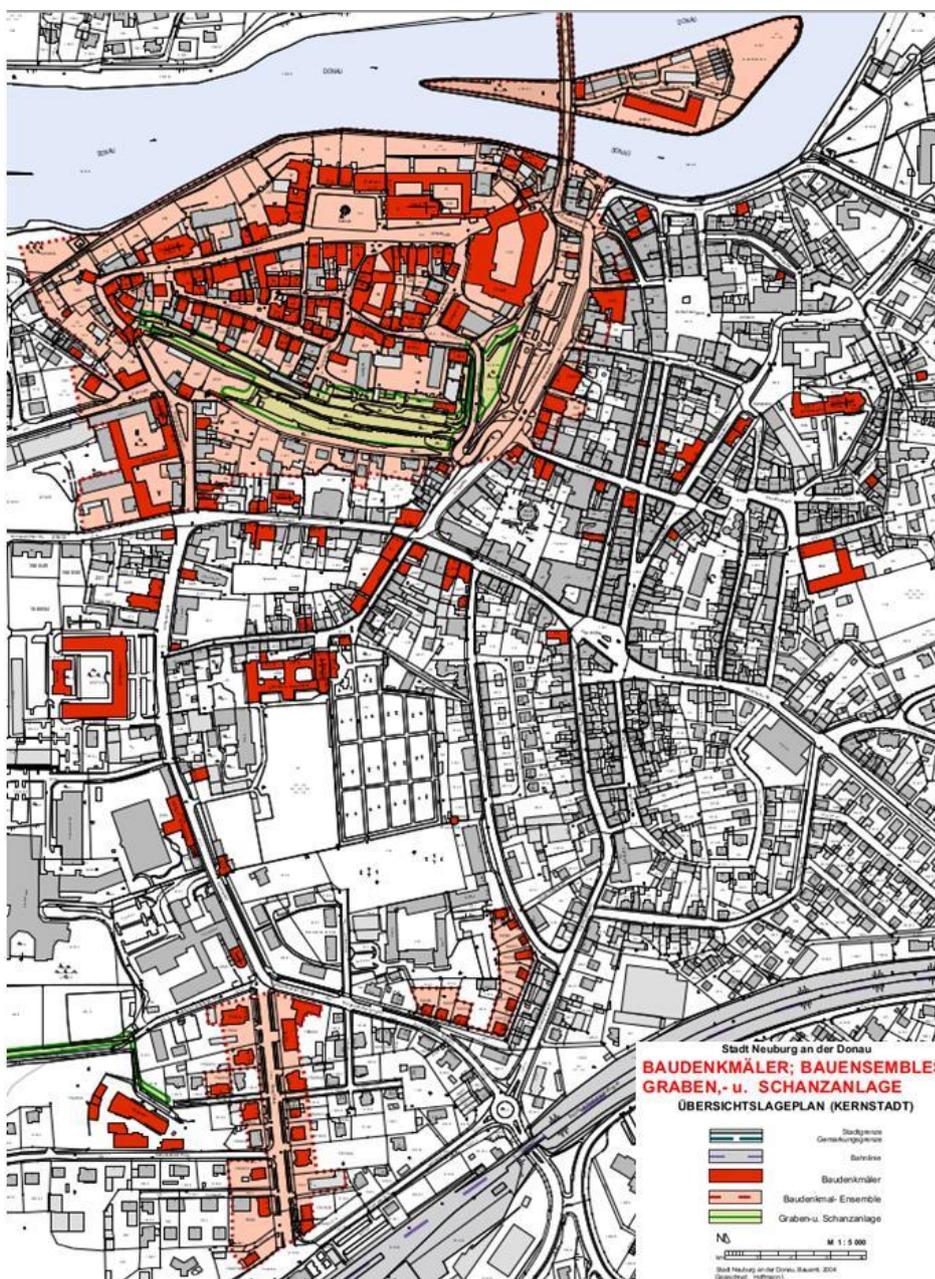
## 4.2 Potenzial Regenerative Stromerzeugung

### 4.2.1 Photovoltaik

#### 4.2.1.1 Photovoltaik-Potenzial Dachflächen

Bei der Analyse des Potenzials für Photovoltaik im gesamten Gebiet der Stadt Neuburg ergeben sich Restriktionen bei den zur Verfügung stehenden Dachflächen. Dies ist bedingt durch den Konflikt zwischen den Anforderungen und Interessen des Denkmalschutzes und der optischen Präsentation touristisch relevanter Gebäude in der Stadtsilhouette auf der einen Seite und auf der anderen Seite durch die Interessen des Klimaschutzes mit einer möglichst weitgehenden Nutzung günstig ausgerichteter Dachflächen zur Stromerzeugung.

**Abbildung 80: Baudenkmäler; Bauensembles, Graben,- und Schanzanlagen**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage vom Bauamt Neuburg

Nebenstehende Abbildung zeigt die mit Rot markierten, denkmalgeschützten Gebäude im Stadtkern Neuburg. Diese Dächer dürfen weder mit Photovoltaik noch mit Solarthermie bebaut werden.

Aus Tabelle 7 kann man ablesen, wieviel Dachflächen maximal zur Verfügung stehen würden um darauf Photovoltaik zu nutzen.

**Tabelle 11: Grundflächen und Photovoltaik Strompotenzial in Neuburg**

|   |                              |
|---|------------------------------|
| Summe der Gebäudegrundflächen der Stadt Neuburg | 888.191 m <sup>2</sup>       |
| Abzüglich Denkmalschutz (21.047m <sup>2</sup> ) | 867.144 m <sup>2</sup>       |
| * typisch nutzbare Solareinstrahlung            | 0,65 MWh/(m <sup>2</sup> *a) |
| <b>gesamte nutzbare Solareinstrahlung</b>       | <b>563.644 MWh/a</b>         |
| Jahresnutzungsgrad Photovoltaik-Anlagen         | 0,085                        |
| <b>Max. Strompotenzial durch Photovoltaik</b>   | <b>47.910 MWh/a</b>          |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage vom Bauamt Neuburg

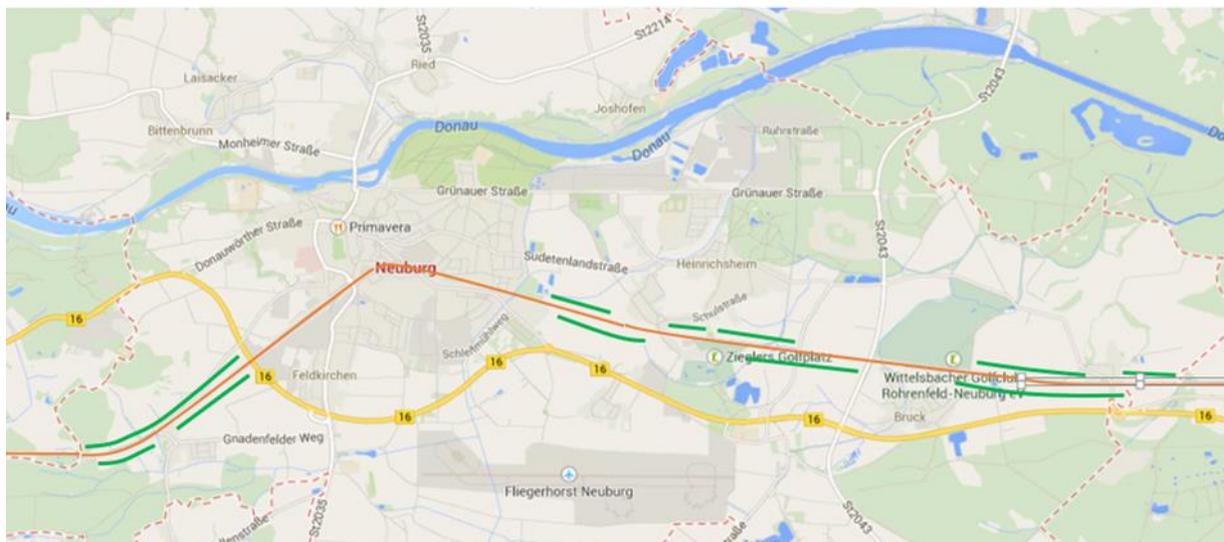
Durch den Umrechnungsfaktor 0,65 MWh/(m<sup>2</sup>\*a) kommt man von der Gebäudegrundfläche auf die maximal nutzbare Solareinstrahlung. Dadurch ergibt sich ein maximales Strompotenzial von 47.910 MWh pro Jahr ohne Berücksichtigung der Freiflächenpotenziale.

#### 4.2.1.2 Photovoltaik-Potenzial Freiflächen

Als Freiflächenanlagen kommen aufgrund der Vergütungsregelungen der aktuellen EEG Photovoltaik-installationen nur entlang der Bahnlinie und entlang der Bundesstraße B 16, insbesondere auf den Flächen der Lärmschutzwälle in Frage.

In Neuburg an der Donau befinden sich im Randbereich der Bahntrasse Flächen, die nach dem EEG 2014 zur Errichtung von Freiflächen-Photovoltaikanlagen geeignet sind. Die geeigneten Abschnitte sind in Abbildung 70 als grüne Linien, entlang der orange eingezeichneten Bahntrasse, gekennzeichnet.

**Abbildung 81: Potenzielle Zubaufflächen für Freiflächen-Photovoltaikanlagen in Neuburg**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage www.energieatlas.bayern.de

Eine Grobabschätzung hat ergeben, dass entlang der Bahnlinie auf einer Länge von circa 10,3 km Photovoltaikanlagen errichtet werden könnten. Laut EEG 2014 § 32 (1) Absatz 3 c) aa) wird Strom aus Anlagen zur Stromgewinnung aus solarer Strahlungsenergie mit bis zu 10 MW<sub>p</sub> installierter Leistung,

die in einer Entfernung von bis zu 110 Meter vom äußeren Rand der Bahnstrecke errichtet wurden mit 13,5 Cent pro kWh vergütet. Die Breite des Randstreifens entlang der Bahntrasse wurde dem EEG entnommen und bei dieser Potenzialabschätzung als Grundlage für die Ermittlung der vorhandenen Flächen genutzt. In Tabelle 8 sind die Ergebnisse der Potenzialabschätzung von Freiflächen-Photovoltaikanlagen im Randbereich der Bahntrasse aufgelistet.

**Tabelle 12: Theoretisches Potenzial für Freiflächen-Photovoltaikanlagen im Randbereich der Bahntrasse**

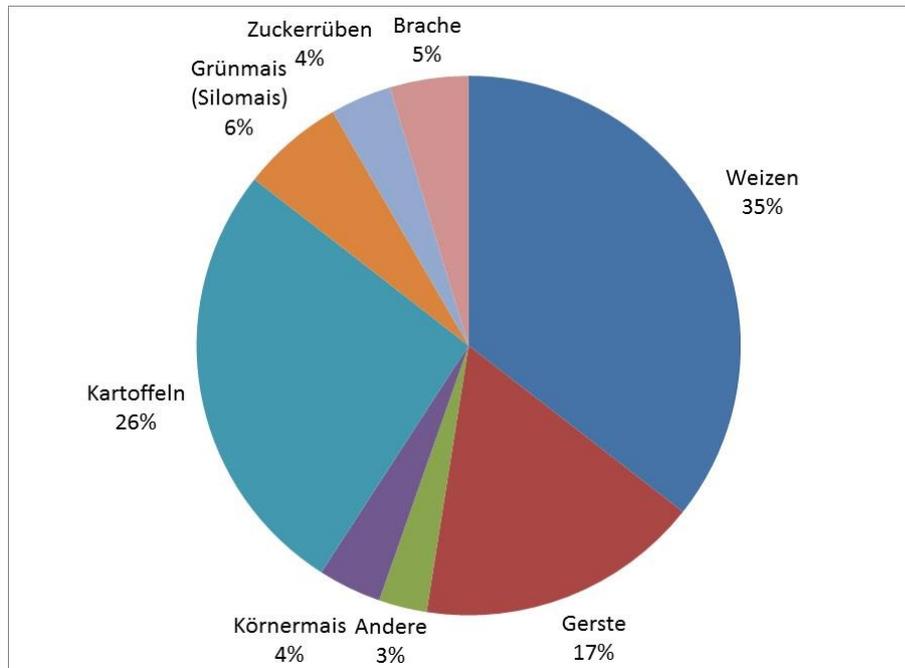
|   |                             |
|---|-----------------------------|
| Verfügbare Fläche (10,3 km * 0,11 km)   | <b>1,133 km<sup>2</sup></b> |
| Max. Photovoltaik-Leistung (bei 0,1 kW/m <sup>2</sup> Modul-Leistung; 100 % Bebauung) | 113 MW <sub>p</sub>         |
| Max. Photovoltaik-Leistung (bei 0,1 kW/m <sup>2</sup> Modul-Leistung; 70 % Bebauung)  | <b>79 MW<sub>p</sub></b>    |
| Spezifischer Jahresertrag   | 950 kWh/kW <sub>p</sub>     |
| Theoretischer Jahresertrag (100 % Bebauung; 100 % Anlagenwirkungsgrad)                | 107.000 MWh                 |
| Theoretischer Jahresertrag (70 % Bebauung; 80 % Anlagenwirkungsgrad)                  | <b>60.000 MWh</b>           |

Bei vollständiger Bebauung könnten Freiflächen-Photovoltaikanlagen mit einer Leistung von 113 MW<sub>p</sub> installiert werden. Bei der Installation einer solchen Leistung könnte, bei einem spezifischen Ertrag von 950 kWh/kW<sub>p</sub>, theoretisch ein Jahresertrag von über 100.000 MWh elektrischer Energie produziert werden. Für die Montagearbeiten und spätere Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen müssen Verkehrsflächen innerhalb der Anlagen berücksichtigt werden, so dass nicht die gesamte Fläche für die Bebauung mit Photovoltaik-Modulen zur Verfügung steht. Geht man von einer tatsächlichen Bebauung von 70 % der Fläche aus und berücksichtigt die Leitungs- und Wechselrichterverluste mit einem Anlagenwirkungsgrad von 80 %, wäre die Installation einer maximalen Leistung von 79 MW<sub>p</sub> realisierbar. Daraus könnten, wieder einen spezifischen Ertrag von 950 kWh/kW<sub>p</sub> vorausgesetzt, über 60.000 MWh pro Jahr gewonnen werden.

## 4.2.2 Biogas

Die landwirtschaftlich genutzte Fläche in Neuburg betrug im Jahr 1999 ca. 3.733 ha. Zwischenzeitlich war diese auf ca. 3.816 ha (2007) angewachsen und beträgt am Stichtag 31.12.2013 nur noch 3634 ha. Die prozentuale Zusammensetzung der Ackerflächen ist aus folgender Darstellung (Abbildung 71) für das Jahr 2007 ersichtlich.

**Abbildung 82: Nutzung der Ackerflächen in Neuburg 2007**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von Statistik kommunal

Das Brachland in Neuburg entsprach 2007 mit rund 90 ha etwa 2,5% der gesamten landwirtschaftlichen Fläche bzw. 5% der Ackerfläche. Wird diese Fläche zum Anbau von Energiepflanzen verwendet, könnte dauerhaft mit der Ernte eine 230 kW<sub>el</sub> Biogasanlage betrieben werden.

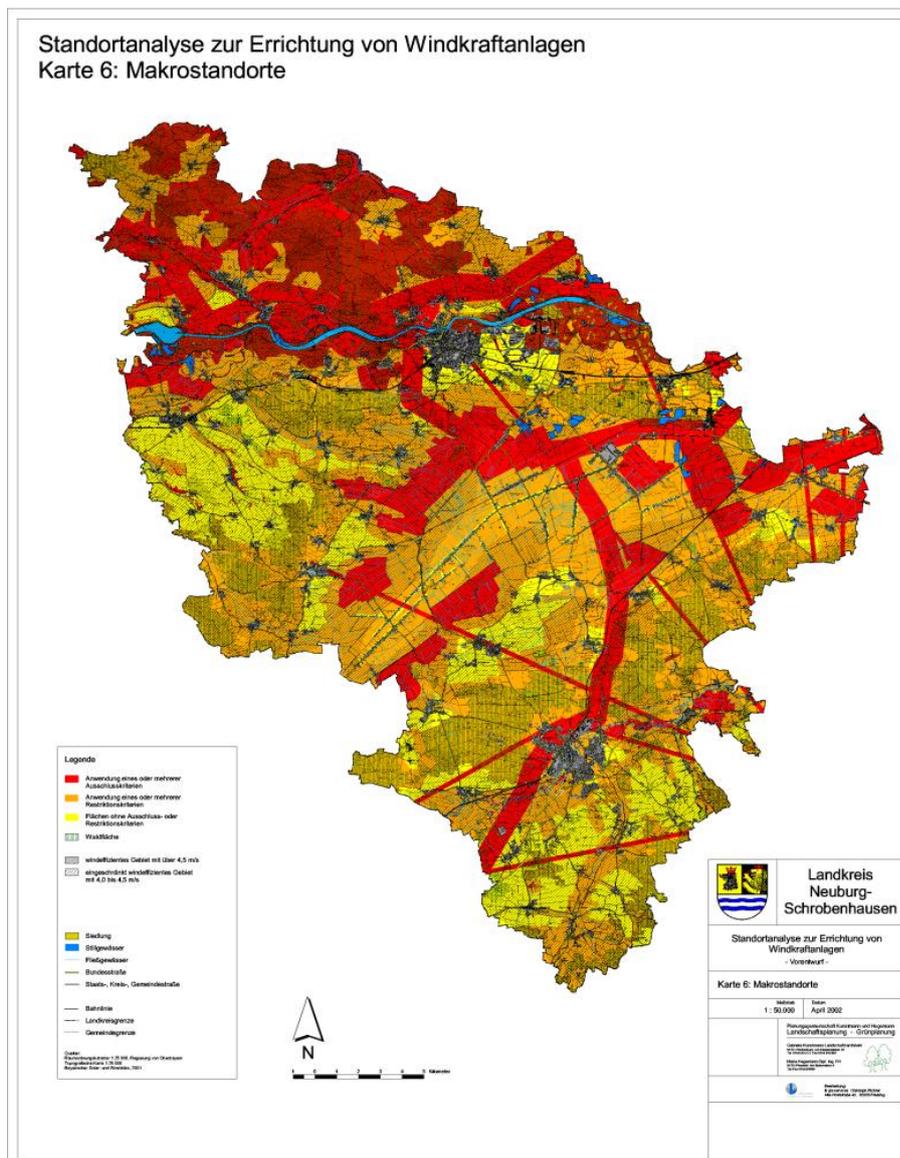
Auf 26% der landwirtschaftlichen Fläche - rund 900 ha- werden Kartoffeln angebaut. Schätzungsweise 10 – 20 % der Kartoffelernte sind aufgrund von stringenten Qualitätsparametern nicht handelsklassenkonform und damit nicht marktfähig. Somit kann davon ausgegangen werden, dass im Mittel rund 15% der Kartoffelernte zur Versorgung einer Biogasanlage verwendet werden können. Dies hätte in etwa das Potenzial für eine weitere 330 kW<sub>el</sub> Biogasanlage. Somit könnten Anlagen mit einer elektrischen Leistung von insgesamt rund 560 kW<sub>el</sub> betrieben werden, ohne dass die Energiepflanzen in Konkurrenz zur Nahrungs- und Futtermittelerzeugung stehen. Bei einer angenommenen Auslastung von 8.200 Volllaststunden pro Jahr erzeugen diese Biogasanlagen rund 4,6 GWh<sub>el</sub>/a an Strom. Dieses Szenario kann zur Umsetzung der gesteckten Ziele problemlos bis zum Jahr 2020 realisiert werden.

Bis zum Jahr 2050 könnten durch Effizienzverbesserungen bei den Biogasanlagen, sowie durch Steigerung der Erträge und durch den Anbau effizienterer Pflanzen (z.B. Rüben, spezielle Energiepflanzen) weitere Potenziale für Biogasanlagen generiert werden. Dies würde zu einer Erweiterung der elektrischen Leistung um weitere rund 500 bis 1.000 kW<sub>el</sub> führen. Somit liegt das geschätzte Potenzial der elektrischen Energieerzeugung mittels Biogasanlagen in Neuburg an der Donau bis zum Jahr 2050 zwischen 8 und 13 GWh<sub>el</sub>/a.

### 4.2.3 Windkraft

Die Nutzung des im Gebiet der Stadt Neuburg durchaus vorhandenen Potenzials an Windenergie stößt jedoch auf zahlreiche Schwierigkeiten, so dass man geradezu von der „Unmöglichkeit“ einer auch irgendwie gearteten Nutzung ausgehen muss. Lediglich Kleinwindanlagen kämen hier eventuell in Frage. Abbildung 72 zeigt eine Standortanalyse zur Errichtung von Windkraftanlagen im Landkreis Neuburg-Schrobenhausen. Wie hier zu erkennen ist, ist im Stadtgebiet Neuburg die Standortfindung durch Ausschlussrestriktionen deutlich erschwert. Diese Restriktionen sind unter anderem prioritäre Nutzungen des Luftraums über der Stadt Neuburg durch technische Einrichtungen bzw. durch die Ausweisung von Luftfahrtbeschränkungsgebieten. Hierzu zählen etwa der in Neuburg ansässige Militärflugplatz des Taktischen Luftgeschwaders 74, sowie ein ziviler Verkehrslandeplatz oder auch Schutzgebiete aufgrund von Ansprüchen des Landesflughafens im Erdinger Moos, in denen keine Windkraft erzeugt werden darf. Unter Einbeziehung dieser Restriktionen sowie weiterer natürlicher Rahmenbedingungen, wie z.B. Höhenlage, Landschaftsbegebenheiten sowie Windgeschwindigkeiten, sind Standorte im Raum Neuburg identifiziert worden.

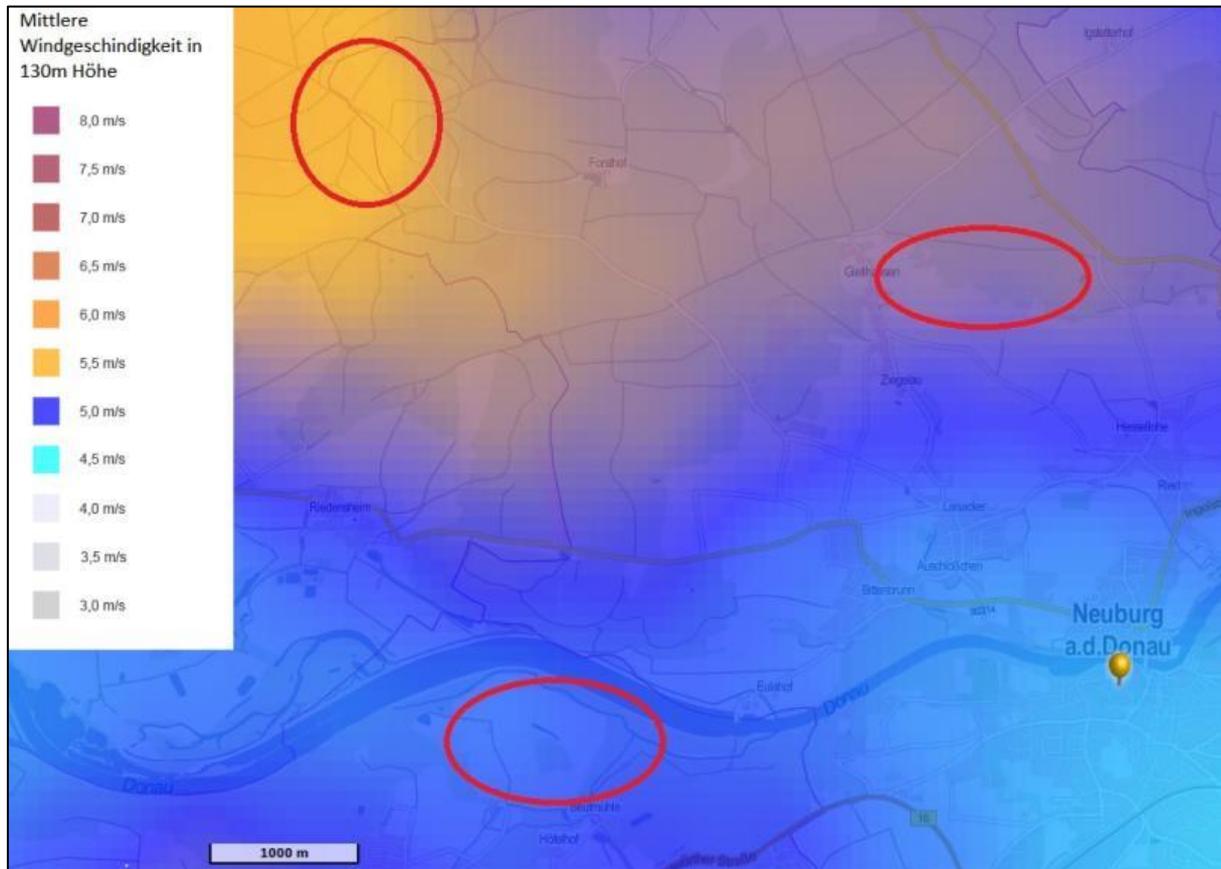
**Abbildung 83: Standortanalyse zur möglichen Nutzung der Windkraft im Gebiet der Stadt Neuburg**



Quelle: Landkreis Neuburg Schrobenhausen

Die Abbildung 73 zeigt einen Überblick über die mittleren Windgeschwindigkeiten in 130 m Höhe im Gebiet der Stadt Neuburg. Die drei Markierungen zeigen die möglichen Standorte für Windkraftanlagen.

**Abbildung 84: Windgeschwindigkeiten in 130m Höhe und mögliche Windkraftstandorte**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage des Energieatlas Bayern

Der im Norden der städtischen Flur gelegene Standort (Gemarkung Hainberg, Flurnummer 2) weist hierbei die höchsten mittleren Windgeschwindigkeiten auf und wird damit als günstigster potentieller Standort für Windkraftanlagen eingestuft. Die örtlichen Gegebenheiten bieten hier Raum für sechs Windkraftwerke. Darüber hinaus würde der östliche Standort Raum für drei und der südliche Standort für eine weitere Windkraftanlage bieten.

Die nachfolgende Tabelle zeigt mögliche Standorte mit mittleren Windgeschwindigkeiten und die dabei zu erzielenden Strommengen. Hierbei wird unterstellt, dass von der installierten Leistung (2,3 MW<sub>el</sub> pro Anlage) im Jahresmittel ca. 415 kW „Dauerleistung“ bereitgestellt werden.

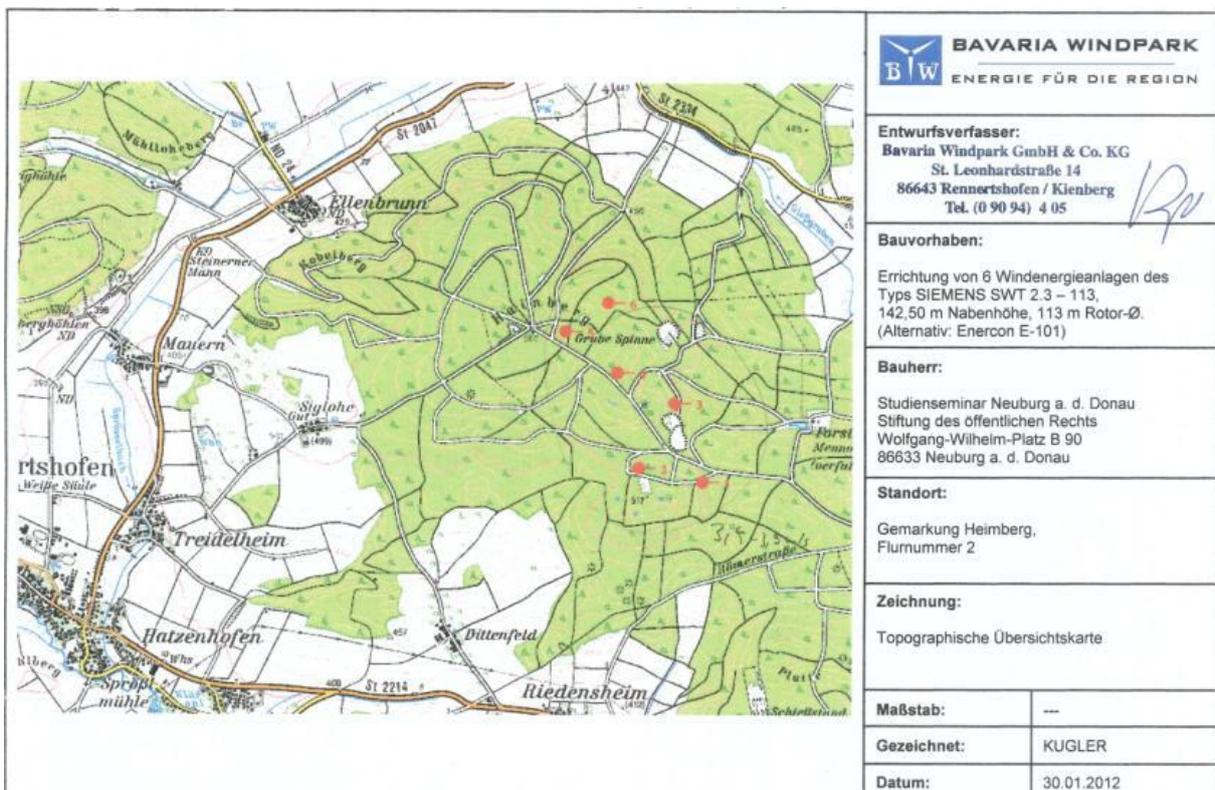
**Tabelle 13: Anzahl und Windgeschwindigkeiten an den potentiellen Standorten für die Nutzung der Windenergie in Neuburg**

| Standort | Anzahl am Standort | Windgeschwindigkeit | Leistung in kW | Energie pro Jahr |
|----------|--------------------|---------------------|----------------|------------------|
| Süd      | 1                  | 4,5 m/s             | 250            | 2.190 MWh        |
| Ost      | 3                  | 5,0 m/s             | 333            | 8.751 MWh        |
| Nord     | 6                  | 5,5 m/s             | 415            | 21.812 MWh       |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von Daten des Studienseminars Neuburg

Bisher sind lediglich für den Standort Hainberg im Norden detaillierte Planungen erfolgt. Als mögliche Windanlage bietet sich nach Auskunft der Stiftung Studienseminar Neuburg (Hr. Hornung) die Siemens SWT 2.3 - 113 an (Technische Spezifikation Windenergieanlagen siehe Anhang 8.6).

**Abbildung 85: Projektierte Windenergieanlagen am Standort Hainberg, Flurnummer 2**



Quelle: Studienseminar Neuburg

#### 4.2.4 Wasserkraft

Das Potenzial an Wasserkraft der Donau ist in Neuburg mit den beiden Wasserkraftwerken der e.on AG zur Erzeugung von Bahnstrom derzeit ausgeschöpft. Aufgrund neuer technischer Entwicklungen könnten sich hier aber dennoch mittelfristig neue Potenziale erschließen lassen. Aber vom derzeitigen Kenntnisstand aus ist das zukünftige Potenzial im Augenblick nicht abschätzbar.

### 4.3 Potenzial Regenerative Wärmeerzeugung

#### 4.3.1 Solarthermie

Wie bereits in Kapitel 4.2.1 – Photovoltaik – dargelegt, beträgt die gesamte Dachfläche Neuburgs abzüglich der denkmalgeschützten Gebäude 867.144 m<sup>2</sup>. Mit dem Faktor 0,65 MWh/(m<sup>2</sup>\*a) kann somit eine gesamte nutzbare Solareinstrahlung von 563.644 MWh/a berechnet werden. Bei einem Jahresnutzungsgrad der Solarthermie-Anlagen von 0,5 kann so für Neuburg ein gesamtes theoretisches Potenzial von 281.822 MWh/a ausgewiesen werden.

**Tabelle 14: Potenzial an Grundflächen für Solarthermie in Neuburg und daraus resultierendes Wärmepotenzial**

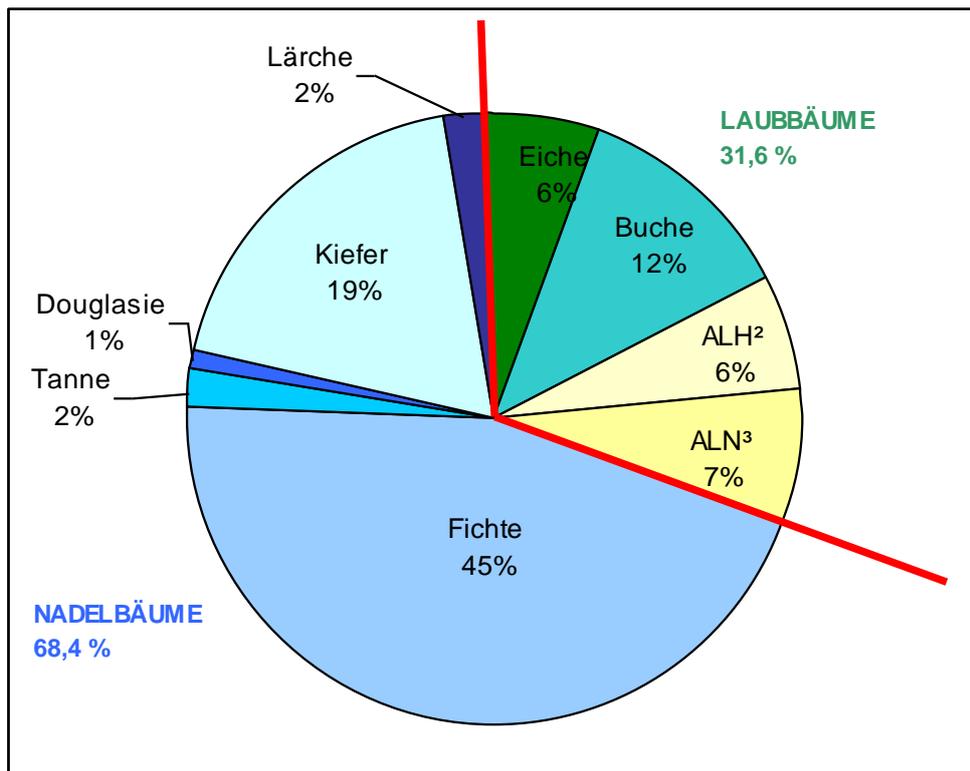
|   |                              |
|---|------------------------------|
| Summe der Gebäudegrundflächen der Stadt Neuburg | 888.191 m <sup>2</sup>       |
| Abzüglich Denkmalschutz (21.047m <sup>2</sup> ) | 867.144 m <sup>2</sup>       |
| * typisch nutzbare Solareinstrahlung            | 0,65 MWh/(m <sup>2</sup> *a) |
| <b>gesamte nutzbare Solareinstrahlung</b>       | <b>563.644 MWh/a</b>         |
| Jahresnutzungsgrad Solarthermie-Anlagen         | 0,5                          |
| <b>Max. Wärmepotenzial durch Solarthermie</b>   | <b>281.822 MWh/a</b>         |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von Daten des Bauamts Neuburg

#### 4.3.2 Feste Biomasse (Holz)

Bei fester Biomasse ist Scheitholz auch heute noch der mit Abstand am häufigsten verwendete Energieträger. Durch die nahezu verlustfreie Lagerung ist dieser Energieträger seit Jahrtausenden in kontinuierlicher Verwendung. Zudem gewinnt auch die Verwertung von Holzhackschnitzeln, Pellets sowie von Holzresten immer mehr an energetischer Bedeutung.

Seit dem Jahr 2000 ist die private Waldholznutzung um 60 bis 80 % gestiegen. Dies ist als positive Entwicklung zu sehen, weil dadurch fossile Energie durch einen CO<sub>2</sub>-neutralen Nutzungskreislauf ersetzt wird. Durch die natürliche Zersetzung von Biomasse im Naturkreislauf kann unter unseren Umweltbedingungen keine dauerhafte Speicherung im stets dynamischen, natürlichen Umfeld erfolgen. Beiprodukte wie Landschaftspflege-/Gartenholz und Resthölzer aus der Holzbearbeitung sollten daher konsequenterweise aus den gleichen Aspekten gezielt energetisch genutzt werden. Dies stellt einen wichtigen Beitrag zur Reduktion der klimarelevanten gasförmigen Emissionen dar.

**Abbildung 86: Bestockung der Bayerischen Forsteinteilung nach Baumartengruppen**

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von Daten des Bayerischen Landesamtes für Wald und Forstwirtschaft

<sup>2</sup> ALH: Andere Laubbäume mit hoher Lebensdauer (Hainbuche, Esche, Bergahorn, Spitzahorn, Feldahorn, Linde, Ulme, Kirsche, Robinie, Kastanie, Elsbeere)

<sup>3</sup> ALN: Andere Laubbäume mit niedriger Lebensdauer (Birke, Erle, Pappel, Balsampappel, Weide, Vogelbeere, sonstige Laubbäume)

Aus Abbildung 75 wird ersichtlich, dass 68% des bayerischen Waldes aus Nadelhölzern und 32% aus Laubhölzern besteht. Dies bedeutet in Konsequenz für Neuburgs Forsten, dass dementsprechend 1642 ha aus Nadelholz und 759 ha aus Laubwald bestehen. Die Forstwirtschaft sollte den jährlichen Zuwachs an forstwirtschaftlicher Biomasse (Nutzholz) einer nachgeschalteten ökologisch und ökonomisch sinnvollen Verwertung zuführen.

Grundsätzlich kann ohne negative Auswirkungen auf die Klimabilanz genau jene Menge an Biomasse/Holz pro Flächen- und Zeiteinheit entnommen werden, die auch unter den gegebenen Standortverhältnissen wieder sukzessive nachwächst. Bei den Privatwäldern ist derzeit eine besonders deutliche Unternutzung des kontinuierlich nachwachsenden Potenzials zu beobachten. Solche ungenutzten Potenziale sollten unter der Prämisse der Nachhaltigkeit und des Klimaschutzes auch tatsächlich stofflich oder energetisch verwertet werden. Dadurch können fossile Energieträger substituiert und in Folge dessen CO<sub>2</sub>-Emissionen reduziert werden. Es ist bei einem durchschnittlichen Holzeinschlag von ca. 10 Festmeter (fm) pro ha und Jahr (entspricht dem bayerischen Mittelwert) in den Wäldern Neuburgs ein Ertrag von ca. 24.015 fm pro Jahr möglich. Hierbei ergeben sich in Konsequenz durch die Gewinnung von Waldrestholz aus Laub- und Nadelbaumbeständen als Durchforstungsholz oder als Restholz bei der Stammholzgewinnung sowie durch den Transport bis zum Waldrand Emissionen im Umfang von jährlich ca. 100 t/a an CO<sub>2</sub>-Äquivalenten. Diese zusätzlichen Klimabelastungen entstehen durch die Emissionen, die bei der Nutzung der nötigen Hilfsenergie und durch den Einsatz von Maschinen freigesetzt werden. Der innerhalb des CO<sub>2</sub>-Kreislaufes gebundene Kohlenstoff ist hierbei

nicht in die Bilanz aufgenommen worden, denn durch die energetische Verwertung wird dieser wieder an die Atmosphäre zurückgegeben. Dabei steht der energetisch nutzbare Anteil an Holz in Konkurrenz zu der stofflichen Verwertung. Holz ist neben dem Energieträger auch Rohstoff für unzählige Produkte des täglichen Gebrauchs. Die Verwertung kann also zu stofflichen oder energetischen Zwecken erfolgen. Bei der stofflichen Nutzung sollte das Augenmerk auf eine weitgehende Verwertung und Nutzung der anfallenden Beiprodukte gelegt werden. Die energetische Nutzung kann in klassischen Biomasseheizwerken (Holzkessel, Holzhackschnittelkesseln, Pelletöfen) zur alleinigen Bereitstellung von thermischer Energie erfolgen. Insgesamt wird ein Heizwert des Brennholzaufwuchses in Neuburg von 54.150.991 kWh/a ermittelt. Dies ist die Summe der in Tabelle 11 dargestellten aggregierten Heizwerte der Holzentnahme aus dem Laub- und Nadelwaldbestand Neuburgs.

**Tabelle 15: Energetisches Potenzial des jährlichen Brennholz Aufkommens aus Neuburgs Wäldern**

|           | Anteil | Fläche ND in ha | Holz-Ertrag fm ND pro a | Heizwert kWh/fm | Heizwert in kWh pro a |
|-----------|--------|-----------------|-------------------------|-----------------|-----------------------|
| Laubwald  | 0,32   | 758,87          | 7.588,74                | 2.726,50        | 20.690.699,61         |
| Nadelwald | 0,68   | 1.642,63        | 16.426,26               | 2.037,00        | 33.460.291,62         |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von Statistik Kommunal und Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

Weiterhin wird ein beträchtliches Energiepotenzial in der Verwertung des in Neuburg anfallenden Altholzes diagnostiziert. Bei 29.229 Einwohnern in Neuburg fallen im Durchschnitt jährlich 90 kg/Einwohner an Altholz an. Davon gehen 40% in die industrielle Verwendung, wie z. B. in die Produktion von Spanplatten etc. Somit stehen lediglich 60% des Aufkommens für die energetische Verwertung zur Verfügung. Das Potenzial an Altholz in Neuburg ist mit 1.578.150 kg/a festzulegen. Dieses Aufkommen entspricht, bei einem mittleren Heizwert von 13,5 MJ/kg, einer gesamten jährlichen Wärmemenge von 5.918.862,5 kWh/a, die bei Einsatz entsprechender Verwertungstechnologien in Neuburg z. B. im Rahmen der Fernwärmeversorgung genutzt werden könnte.

### 4.3.3 Biogas

Bei den unter **4.2.2 Biogas** getroffenen Annahmen stehen enorme thermische Potenziale aus der Kraft-Wärme-Kopplung in den Biogas-BHKWs zur Verfügung. Bei einem zum Stand der Technik angenommenen thermischen Wirkungsgrad von ca.  $\eta=0,49$ , sowie einem elektrischen Wirkungsgrad des BHKWs von  $\eta=0,40$ , ergibt sich bei einer 230 kW<sub>el</sub> Biogasanlage eine thermische Leistung von 288 kW<sub>th</sub>. Diese Größenordnung eröffnet vielfältige Möglichkeiten zur Wärmenutzung, wie etwa zur Beheizung von kommunalen oder industriellen Liegenschaften wie z.B. Schulen, Krankenhäusern, Wohnsiedlungen, etc. etwa über die Einspeisung in ein Fernwärmenetz oder zur Bereitstellung von Prozesswärme.

Das vergrößerte Biomasse-Potenzial (über die Sortierkartoffeln) stellt das Inputsubstrat für eine weitere 330 kW<sub>el</sub> Biogasanlage, die mit den getroffenen Annahmen dann weitere 413 kW<sub>th</sub> bereit zu stellen vermag. Dies macht dann in Summe 700 kW<sub>th</sub> an Wärmeleistung, die permanent zur Verfügung stünde.

Durch die bis zum Jahr 2050 zu erwartenden Effizienzverbesserungen bei Biogasanlagen sowie durch die Steigerung der Biomasseerträge beim Anbau der nachwachsenden Rohstoffe und durch den Anbau effizienterer zu vergärender Pflanzen (wie z.B. Rüben, spezielle Energiepflanzen) werden weitere Energiepotenziale für Biogasanlagen entstehen. Dies wird zu einer Steigerung der thermischen Leistung um weitere rund 625 bis 1250 kW<sub>th</sub> führen.

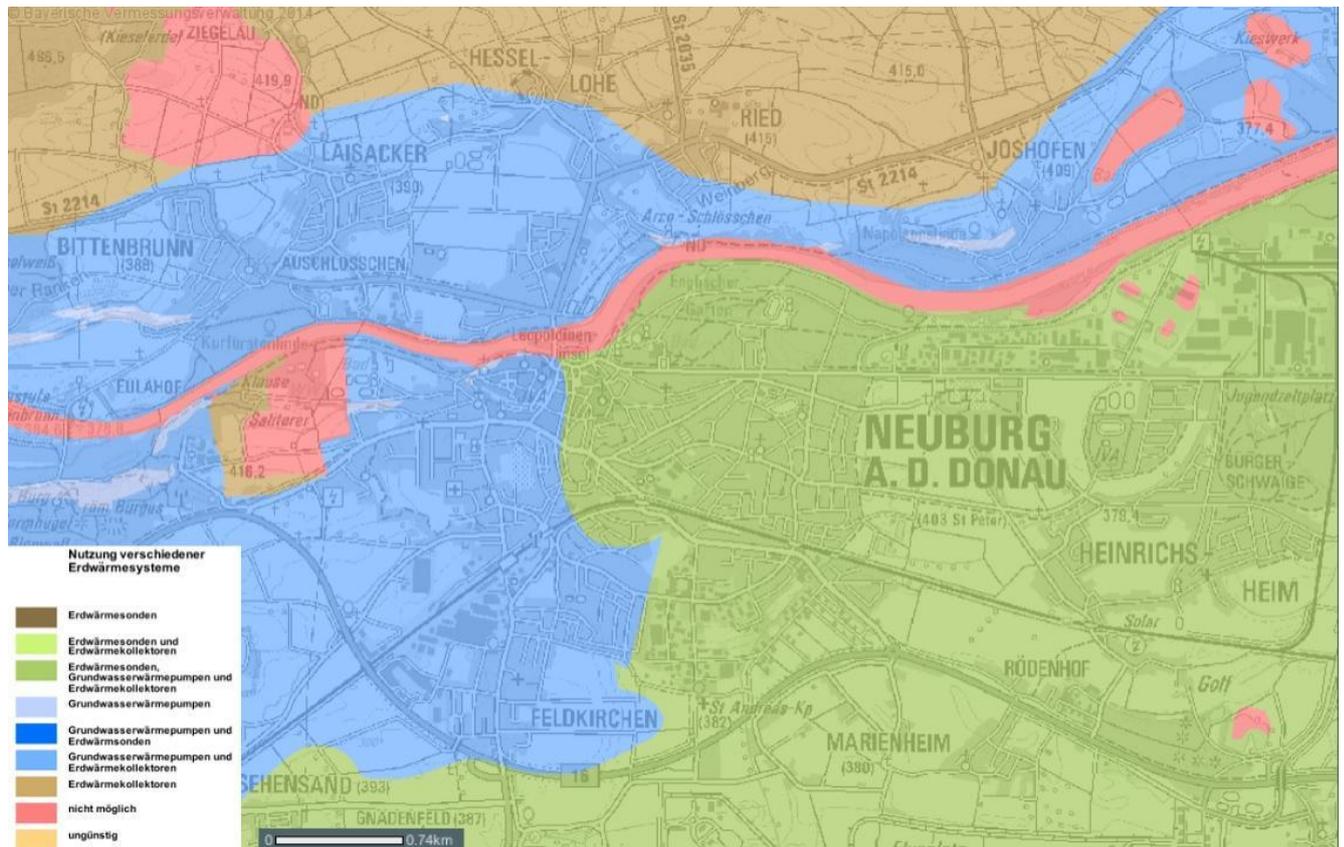
Somit liegt das geschätzte Potenzial der thermischen Energieerzeugung mittels Biogasanlagen bis zum Jahr 2050 zwischen 10,9 und 21,1 GWh<sub>th</sub>/a.

#### 4.3.4 Oberflächennahe Geothermie

Abbildung 76 zeigt die Möglichkeiten zur Nutzung oberflächennaher Erdwärme über verschiedene Energienutzungssysteme. Die Technologien zur Nutzung oberflächennaher Geothermie eignen sich vor allem für die individuelle, gebäudebezogene Wärmeversorgung über Niedertemperatur-Heizsysteme. Dies ist auch der Grund, weshalb für Neuburg kein absolutes Gesamtpotenzial für diese Wärmequelle ausgewiesen werden kann.

Als relevante Energienutzungssysteme kommen für Neuburg vor allem die Grundwasser-Wärmepumpe in Verbindung mit Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren (grün) sowie das System Grundwasser-Wärmepumpe kombiniert mit Erdwärmekollektoren (blau) in Frage, in den trockenen Bereichen der Hügel des Fränkischen Jura, nördlich der Donau sind Erdwärmekollektoren empfehlenswert. An wenigen Stellen westlich der Stadt sind Systeme mit ausschließlichem Einsatz von Grundwasserwärmepumpen (hellblau) geeignet. Rot gekennzeichnete Flächen sind Ausschlussgebiete.

**Abbildung 87: Nutzbare Erdwärmequellen für Oberflächennahe Geothermie im Stadtgebiet Neuburg**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage vom Energieatlas Bayern

## 4.4 Potenzial KWK fossil

### 4.4.1 KWK in der Wärmeherzeugung

Das Wärmeherzeugungspotenzial in Neuburg mittels KWK aus fossilen Energieträgern ist mit einer Leistung von 63.273 kW<sub>th</sub> und damit einer Gesamtleistung von 53% zu bewerten. Dies erklärt sich aus dem derzeitigen Wärmebedarf Neuburgs von ca. 240.000 MWh/a und der Annahme von 8,45 % Netzverlusten. Dies ergibt eine bereitzustellende Wärmemenge von ca. 262.163 MWh. Davon werden 96,54 % (253.092 MWh) durch das erste Erzeugersystem bereitgestellt, bei einer Annahme von 4.000 Vollbenutzungsstunden pro Jahr. Mit fossilen Brennstoffen betriebene KWK-Anlagen eignen sich besonders gut für ganzjährige Wärme-Grundlastkonzepte. Im Rahmen des Energienutzungsplans wurden die bereits bestehenden KWK-Anlagen untersucht (siehe Kapitel 2.4.2) und deren künftiges Optimierungspotenzial als sehr umfangreich befunden. Die Tabelle 6 zeigt eine Zusammenfassung der theoretischen Wärmeherzeugung durch KWK.

**Tabelle 16: Potenziale der Wärmeherzeugung und deren Aufteilung durch KWK in Neuburg**

|                 |                       |                    |                 |               |
|-----------------|-----------------------|--------------------|-----------------|---------------|
| <b>geordnet</b> | Wärmeabnahme          |                    | 240.000.000 kWh | 91,55%        |
|                 | Netzverlust           |                    | 22.162.957 kWh  | 8,45%         |
|                 | Wärmeherzeugung       |                    | 262.162.957 kWh | 100,00%       |
| <b>VBH</b>      | <b>Erzeugersystem</b> | <b>Leistung th</b> | <b>Summe</b>    | <b>Anteil</b> |
| 4.000 Vbh       | Erzeuger 1            | <b>63.273 kW</b>   | 253.091.912 kWh | 96,54%        |
|                 | Rest I                |                    | 9.071.045 kWh   | 3,46%         |
| 405 Vbh         | Erzeuger 2            | <b>19.000 kW</b>   | 7.694.514 kWh   | 2,94%         |
|                 | Rest II               |                    | 1.376.531 kWh   | 0,53%         |
| 62 Vbh          | Erzeuger 3            | <b>19.000 kW</b>   | 1.176.386 kWh   | 0,45%         |
|                 | Rest III              |                    | 200.145 kWh     | 0,08%         |
| 11 Vbh          | Erzeuger 4            | <b>18.165 kW</b>   | 200.145 kWh     | 0,08%         |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage vom den Stadtwerken Neuburg

Bei 4.000 Vollaststunden im Jahr für das erste Erzeugersystem kann eine thermische Gesamtleistung von 119.438 kW<sub>th</sub> durch KWK's generiert werden. Hierbei wird der thermische Wirkungsgrad  $\eta_{th}=0,50$  angenommen. Bei einem fossilen Anteil von 53% werden 63.273 kW<sub>th</sub> an thermischer Leistung aus fossilen Brennstoffen erzeugt. Die Daten basieren dabei auf den in Tabelle 2: Netzlängen und Dimensionen B1, dargestellten Netzparametern. Die Länge der zu verlegenden Rohre beträgt 100.000 m und teilt sich in spezifisch unterschiedliche Nennweiten von DN 25 für Verbraucheranschlüsse bis hin zu DN 250 für Hauptleitungen auf. Die Erzeugersysteme setzen sich z. B. aus KWK-Nutzung, Nutzung industrieller Abwärme, Biomasse oder auch Gasthermen (Spitzenlast) zusammen. Die komplexe Zusammenstellung der Erzeugersysteme hängt von vielen Faktoren ab, unter anderem von den Lastspitzen des Verbraucherlastgangs sowie von den charakteristischen Eigenschaften der Wärmeherzeuger.

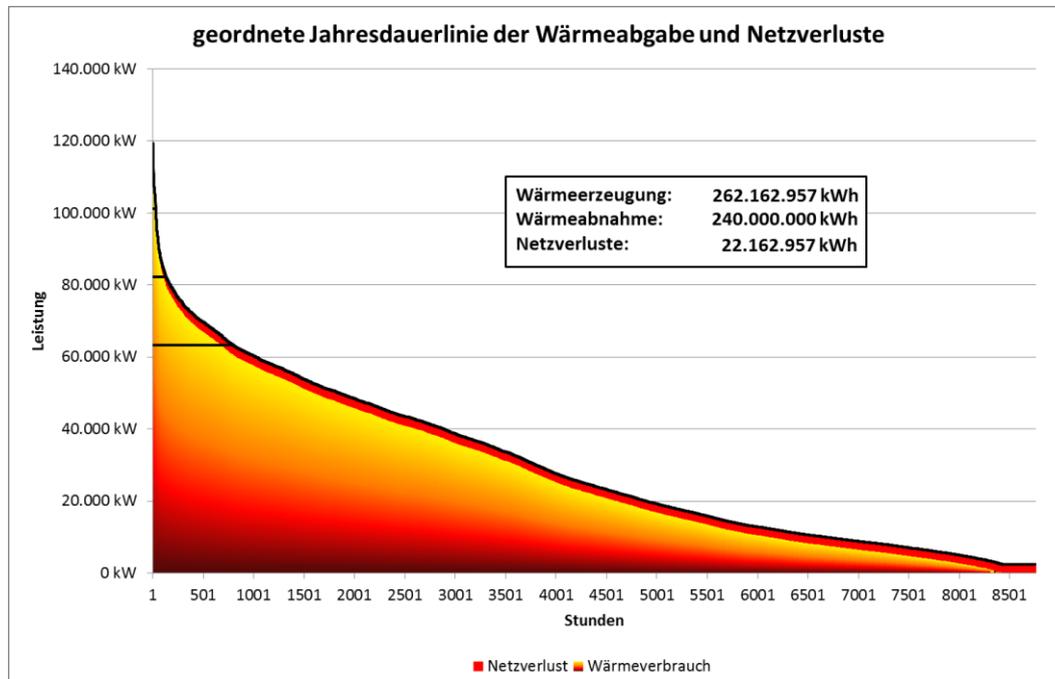
**Tabelle 17: Netzparameter KWK**

|                                |               |
|--------------------------------|---------------|
| Vorlauftemperatur bis -10 °C:  | <b>100 °C</b> |
| Rücklauftemperatur bis -10 °C: | <b>70 °C</b>  |
| Vorlauftemperatur ab 5 °C:     | <b>75 °C</b>  |
| Rücklauftemperatur ab 5 °C:    | <b>60 °C</b>  |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage vom den Stadtwerken Neuburg

Die folgende Abbildung zeigt den resultierenden geordneten Lastgang des Wärmebedarfs, d.h. den Wärmeverbrauchslastgang inkl. Netzverluste. Zur vollständigen Versorgung wird eine Erzeugerleistung von insgesamt 119.438 kW<sub>th</sub> benötigt.

**Abbildung 88: Geordnete Jahresdauerlinie der Wärmeabgabe und Netzverluste**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage vom den Stadtwerken Neuburg

#### 4.4.2 KWK in der Stromerzeugung

Aus der thermischen Leistung der mit fossilen Brennstoffen befeuerten BHKWs von insgesamt 63.273 kW<sub>th</sub> und bei der Annahme eines thermischen Gesamtwirkungsgrades von  $\eta_{th}=0,50$  und eines elektrischen Wirkungsgrades von  $\eta_{el}=0,40$  erreicht man eine elektrische Leistung von 50.618 kW<sub>el</sub>. Bei 4000 Volllaststunden kann so Strom in Höhe von 202.473.600 kWh/a erzeugt werden, was ca. 75% des Bedarfes der Stadt Neuburg deckt. Die Tabelle 14 zeigt die Summe der fossilen Stromerzeugung durch KWK.

**Tabelle 18: Fossile Stromerzeugung KWK**

|                             |                                  |                                |
|-----------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| Thermische Leistung gesamt  |                                  | <b>119.438 kW<sub>th</sub></b> |
| Thermische fossile Leistung | 53%                              | <b>63.273 kW<sub>th</sub></b>  |
| Elektrische Leistung        | $\eta_{th}=0,50, \eta_{el}=0,40$ | <b>50.618 kW<sub>el</sub></b>  |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage vom den Stadtwerken Neuburg

## 4.5 Gesamtes Potenzial Stromerzeugung

Das gesamte Potenzial für die Stromerzeugung der Stadt Neuburg besteht aus der Summe des Potenzials an regenerativer Stromerzeugung, sowie des Potenzials an KWK-Strom aus fossilen Brennstoffen. In Tabelle 15 sind die ermittelten Potenziale nach Erzeugungsart aufgelistet. Für das Biogaspotenzial ist der Mittelwert der Prognose angenommen worden. Hierdurch können knapp über 91.163 MWh pro Jahr an Strom aus erneuerbaren Energien und 202.000 MWh pro Jahr aus fossiler Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt werden.

**Tabelle 19: Gesamtes maximales Stromerzeugungspotenzial in Neuburg**

| <b>Regeneratives Stromerzeugungspotenzial</b> |                         |
|---|-------------------------|
| Photovoltaik (Dach- und Freiflächen)          | 107.910 MWh/a           |
| Biogas (Mittelwert des Gesamtpotenzials)      | 12.792 MWh/a            |
| Windkraft                                     | 32.753 MWh/a            |
| Wasserkraft (Erzeugung vom Bahnstrom)         | kein weiteres Potenzial |
| <b>Regeneratives Strompotenzial gesamt</b>    | <b>153.455 MWh/a</b>    |
| <b>KWK Strompotenzial</b>                     |                         |
| Elektrische Gesamtleistung KWK                | 50.618 kW <sub>el</sub> |
| Volllaststunden                               | 4000 h/a                |
| <b>Regeneratives Strompotenzial gesamt</b>    | <b>153.455 MWh/a</b>    |
| <b>KWK Strompotenzial gesamt</b>              | <b>202.474 MWh/a</b>    |
| <b>Max. Strompotenzial gesamt</b>             | <b>355.929 MWh/a</b>    |

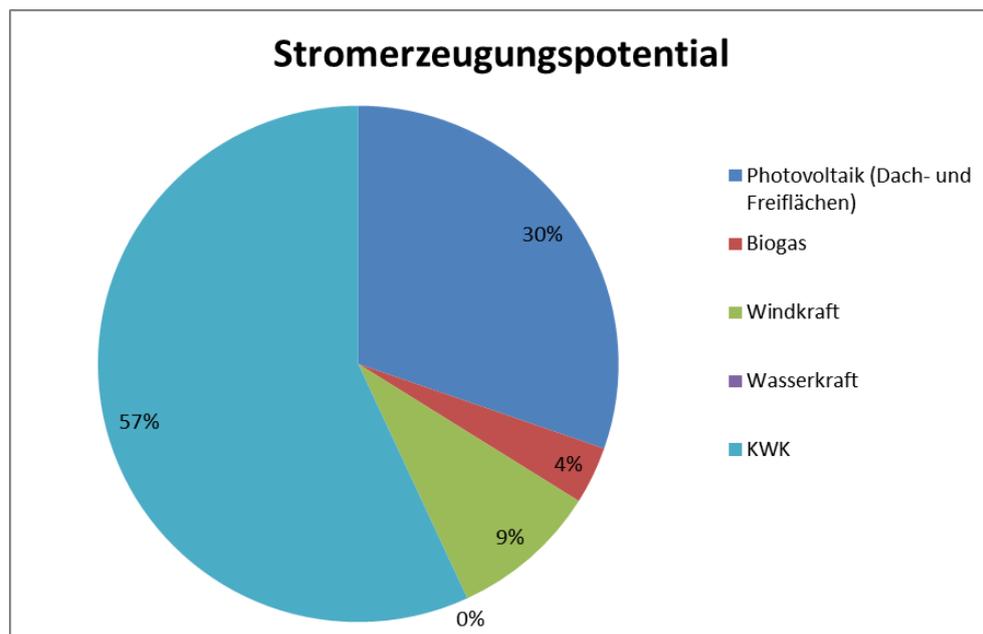
Quelle: Eigene Darstellung

Das größte regenerative Stromerzeugungspotenzial bieten die beschriebenen PV-Anlagen mit 107.910 MWh/a, dies entspricht rund 30% des gesamten regenerativen Strompotenzials für Neuburg. Mit 57% des Gesamtpotenzials wird der Kraft-Wärme-Kopplung als Stromerzeugungsart ein hoher Anteil zugewiesen.

Da außer der bereits genutzten Energie aus Wasserkraft zur Erzeugung von Bahnstrom keine weiteren Potenziale in Neuburg vorhanden sind, werden diese nicht weiter berücksichtigt.

Folgende Abbildung zeigt die prozentuale Verteilung der Potenziale nach Stromerzeugungsart:

**Abbildung 89: Prozentuale Aufteilung des Stromerzeugungspotenzials**



Quelle: Eigene Darstellung

#### 4.6 Gesamtes Potenzial Wärmeerzeugung

Im Stadtgebiet Neuburg können knapp 358.000 MWh/a Wärme aus Erneuerbaren Energien und 253.000 MWh/a aus fossiler Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt werden. Unter Einbeziehung aller dargestellten Potenziale ist ein maximales Wärmeerzeugungspotenzial mit 611.000 MWh/a zu prognostizieren.

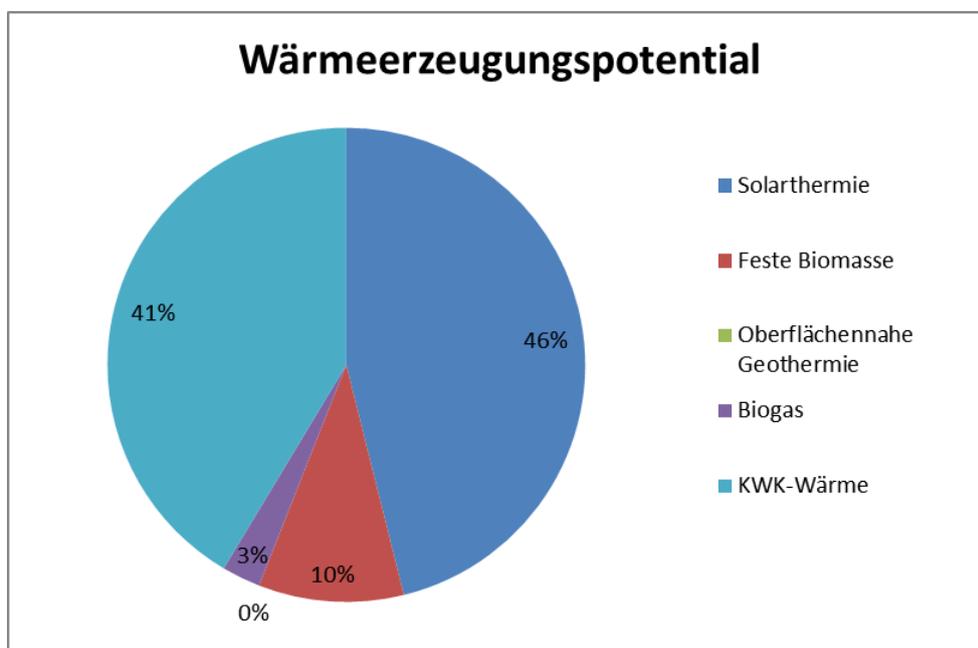
**Tabelle 20: Gesamtes maximale Wärmeerzeugungspotenzial in Neuburg**

| Regeneratives Wärmeerzeugungspotenzial     |                         |
|--|-------------------------|
| Solarthermie                               | 281.822 MWh/a           |
| Feste Biomasse                             | 60.070 MWh/a            |
| Oberflächennahe Geothermie                 | nicht darstellbar       |
| Biogas (Mittelwert des Gesamtpotenzials)   | 16.000 MWh/a            |
| <b>Regeneratives Wärmepotenzial gesamt</b> | <b>357.892 MWh/a</b>    |
| KWK Wärmepotenzial                         |                         |
| Thermisches Gesamtpotenzial KWK            | 63.273 kW <sub>th</sub> |
| Volllaststunden                            | 4000 h/a                |
| <b>KWK Wärmepotenzial</b>                  | <b>253.092 MWh/a</b>    |
| <b>Regeneratives Wärmepotenzial</b>        | <b>357.892 MWh/a</b>    |
| <b>KWK Wärmepotenzial</b>                  | <b>253.092 MWh/a</b>    |
| <b>Max. Wärmepotenzial insgesamt</b>       | <b>610.984 MWh/a</b>    |

Das größte Wärmeerzeugungspotenzial bietet mit knapp 281.822 MWh/a die Solarthermie, was einen Anteil von 46 % des Gesamtpotenzial darstellt. Hier sollten künftig noch weitere Maßnahmen umgesetzt werden, um diese regenerative Energiequelle noch umfanglicher nutzen zu können. Auch die Kraft-Wärme-Kopplung hat für Neuburg hinsichtlich der Wärmeerzeugung mit 41% ein hohes Potenzial. Diese Energie wird jedoch aus fossilen Brennstoffen erzeugt, wodurch es das primäre Ziel sein sollte, den Einsatz der Solarthermie weiter auszubauen. Die Wärmeerzeugung durch Biogas umfasst lediglich 3% des Potenzials. Die Nutzung oberflächennaher Geothermie eignet sich vor allem für die individuelle, gebäudebezogene Wärmeversorgung mit Niedertemperatur-Heizsystemen, weshalb kein absolutes Gesamtpotenzial ausgewiesen werden kann.

Folgende Abbildung zeigt die prozentuale Verteilung der Potenziale nach Wärmeerzeugungsart:

**Abbildung 90: Prozentuale Aufteilung des Wärmeerzeugungspotenzials**



Quelle: Eigene Darstellung

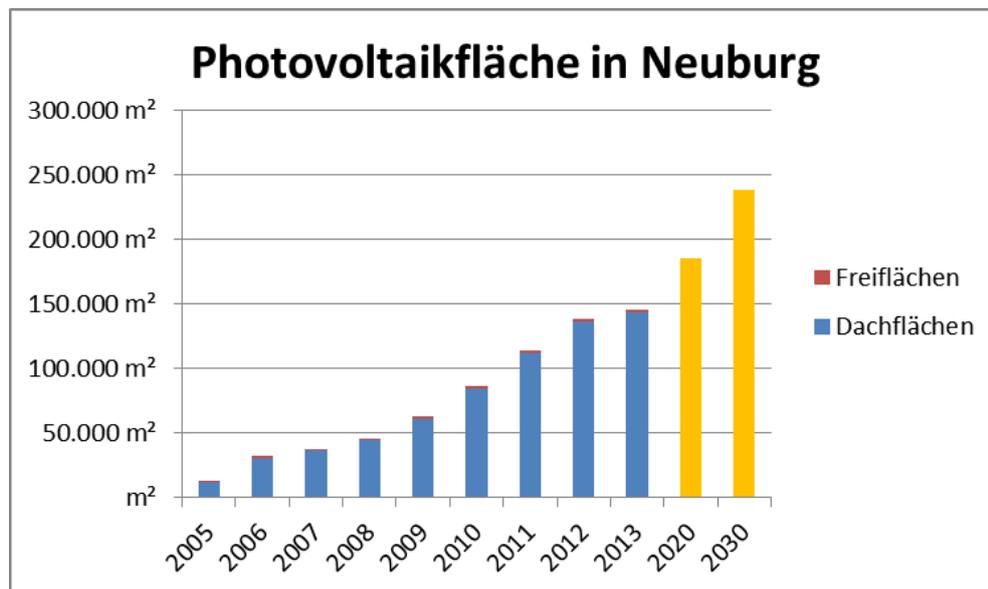
## 5 Entwicklungsszenarien

### 5.1 Entwicklungsszenario Stromerzeugung

#### 5.1.1 Referenzszenario

Die in Neuburg für **Photovoltaik** genutzte Fläche ist bis zum Jahr 2012 stetig gestiegen, für 2013 ist eine Stagnation erkennbar, dennoch ist die Prognose für die Jahre 2020 bzw. 2030 positiv. Wendet man hier die Prognose des Bundesverbandes Solarwirtschaft e.V. (BSW-Solar) an, so ergibt sich für Neuburg eine Fläche von 184.778 m<sup>2</sup> im Jahr 2020 sowie eine Fläche von 238.4744 m<sup>2</sup> im Jahr 2030.

**Abbildung 91: Referenzszenario: Photovoltaikfläche in Neuburg**



Quelle: Eigene Darstellung mit an BSW-Solar angelehnter Prognose für 2020 und 2030

Aus den Photovoltaikflächen berechnet sich mit dem Faktor 0,65 MWh/(m<sup>2</sup>a) die nutzbare Solareinstrahlung, und durch Multiplikation mit dem Jahresnutzungsgrad der Photovoltaikanlagen von 0,085 das Strompotenzial. Für 2020 ist demnach für Neuburg ein Strompotenzial aus solarer Quelle von 10.209 MWh/a vorhanden, das bis 2030 auf 13.176 MWh/anwächst

Aus Abbildung 80 ist der Verlauf der Stromerzeugung aus Photovoltaik inklusive der Prognose bis 2030 ersichtlich. Demzufolge ist das Potenzial für eine Steigerung der Stromgewinnung durch Photovoltaikanlagen gegeben, und diese wird bis 2030 deutlich anwachsen. Verläuft der Trend bei **Biogasanlagen** in Neuburg weiter wie in den bisherigen Jahren, so muss davon ausgegangen werden, dass diese Form der regenerativen Energieerzeugung für Neuburg keine Rolle spielen wird und damit auch nicht zum Strompotenzial beitragen wird.

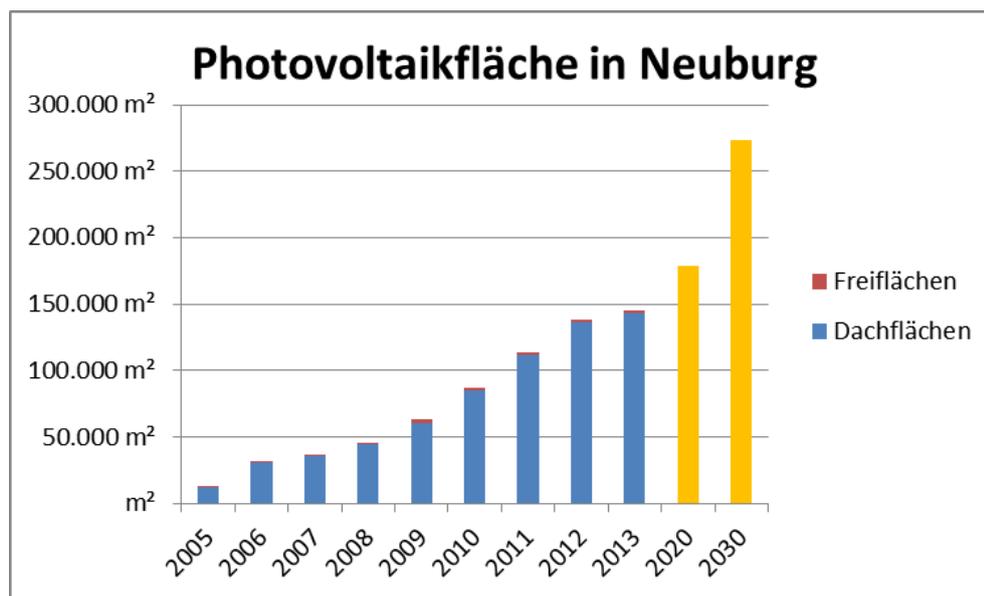
Auch **Windkraftanlagen** >100 kW sind derzeit nicht in Neuburg installiert, woraus sich bei gleichbleibendem Trend auch zukünftig keine Energie aus Windkraft ableiten lässt.

Die Potenziale der **Wasserkraft** im Stadtgebiet Neuburg sind an der Donau bereits seit längerer Zeit weitgehend erschlossen. Da auch zukünftig der gesamte Strom beider Kraftwerke (43,9 MW) in das Bahnstromnetz der DB Energie gespeist werden wird, ist hier bei gleichbleibendem Verlauf keine Steigerung dieses Stromerzeugungspotenzials für die Stadt Neuburg ersichtlich.

### 5.1.2 Klimaschutzszenario

Das Klimaschutzszenario verfolgt das Ziel der Stromerzeugung über klimaneutrale regenerative Energiequellen. So wird hier in Neuburg ein Zuwachs der installierten **Photovoltaik**-Flächen angestrebt. Im Jahr 2020 sollen 20% und in 2030 bereits 30% aller Dachflächen Neuburgs mit Photovoltaikanlagen ausgestattet sein. Somit beläuft sich die Fläche in 2020 auf insgesamt 178.877 m<sup>2</sup> und steigert sich bis 2030 voraussichtlich auf 273.218 m<sup>2</sup>. In Abbildung 81 ist dieser Verlauf graphisch dargestellt. Hierbei wurden die denkmalgeschützten Gebäude berücksichtigt, auf deren Dächer keine PV-Anlagen installiert werden dürfen.

**Abbildung 92: Klimaschutzszenario: Entwicklung Photovoltaikflächen in Neuburg**



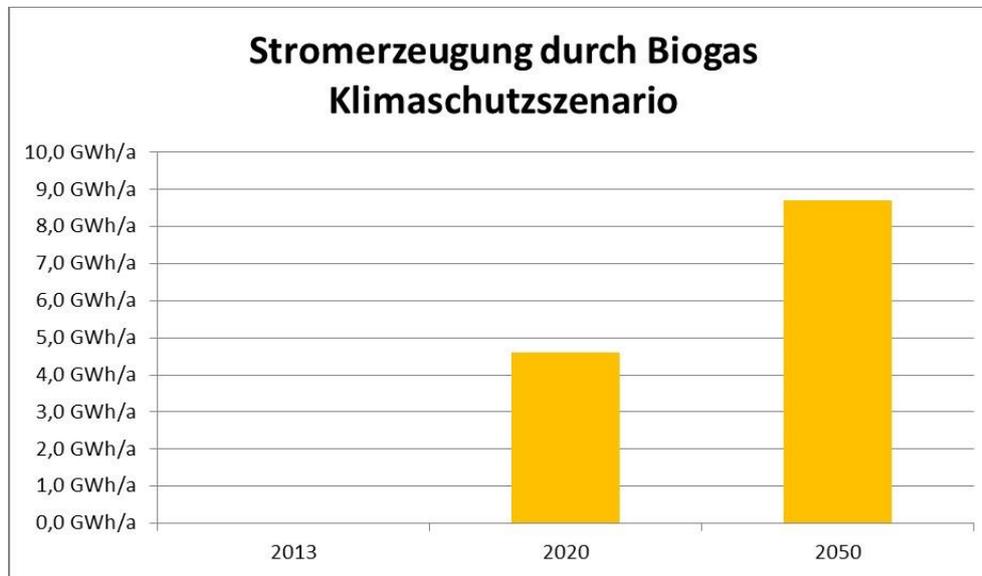
Quelle: Eigene Darstellung

Nimmt man hier den Faktor 0,65 MWh/(m<sup>2</sup>a) um die nutzbare Solareinstrahlung zu ermitteln, so werden auf 173.429 m<sup>2</sup> Fläche im Jahr 2020 bereits 112.729 MWh/a an nutzbarer Sonneneinstrahlung generiert. Mit einem Jahresnutzungsgrad von 0,085 bei den Photovoltaikanlagen wird somit eine gesamte Stromleistung von 9.883 MWh/a erzeugt. In 2030 steigt diese sogar auf eine Stromleistung von 15.095 MWh/a.

Die Stromerzeugung aus **Biogas** über Biogasanlagen und Kraft-Wärme-Kopplung ist durch die Nutzung landwirtschaftlicher Brachflächen für den Anbau von Energiepflanzen, sowie durch Verwertung der Reste aus der Futtermittel-, bzw. Lebensmittelproduktion in Biogasanlagen möglich. Demnach kann aus der Nutzung von Brachflächen eine Leistung von 230 kW<sub>el</sub> sowie aus der Nutzung von Nebenprodukten und Ausschussmaterial eine Leistung von weiteren 330 kW<sub>el</sub> gewonnen werden. Dies ist bis 2020 realistisch umsetzbar. Somit ergibt sich eine gesamte elektrische Leistung aus Biogas von rund 560 kW<sub>el</sub>, was bei einer Auslastung von 8.200 Vollaststunden pro Jahr 4,90 MWh/a an erzeugtem Strom für die Stadt Neuburg bedeutet.

Durch weitere Effizienzverbesserungen bei Biogasanlagen, sowie durch Steigerung der Erträge und durch die Kultivierung von besonders energieeffizienten Pflanzen kann die über Biogas aus Biomasse erzeugte jährliche Strommenge noch deutlich erhöht werden. Die Leistung kann so um weitere rund 500 kW<sub>el</sub> gesteigert werden. Daraus folgt ein Potenzial an elektrischer Energieerzeugung der Biogasanlagen für 2050 von 8,69 GWh/a:

**Abbildung 93: Klimaschutzscenario: Stromerzeugung aus Biogas in Neuburg**



Quelle: Eigene Darstellung

Unter klimaschutztechnischen Gesichtspunkten ist die energetische Nutzung der **Windkraft** hervorzuheben. Wie im Kapitel 4.2.3 „Potenzial Windkraft“ bereits beschrieben, sind hierfür drei Regionen als mögliche Standorte für Windräder auf der Gemarkung der Stadt Neuburg identifiziert worden. Durch die Lage und die hohen Windgeschwindigkeiten von 4,5 m/s (siehe Tabelle 9: Anzahl und Windgeschwindigkeiten an den potentiellen Standorten) ist der Nord-Westliche Standort am besten geeignet. Hierbei wird eine Leistung von 415 kW pro Windrad erzeugt. Bei sechs Windrädern wird eine Energie pro Jahr von 21.812 MWh zu erwarten sein. Dies wird allerdings nur möglich sofern die beschriebenen Restriktionen entfallen. Davon ist jedoch mittel- und langfristig nicht auszugehen.

Das Klimaschutzscenario bei **Wasserkraft** ist kritisch zu betrachten, da die weitergehende energetische Nutzung der Gewässer Neuburgs mit erheblichen Eingriffen in Natur und Landschaft verbunden ist. Besonders die ökologische Beeinträchtigung in der biologischen und morphodynamischen Durchgängigkeit der Fließgewässer ist gefährdet. Deshalb ist der Neubau von Wasserkraftanlagen in Neuburg als kritisch zu bewerten. Die klimafreundlichste Nutzung der Wasserkraft in Neuburg ist daher der Verbrauch der Energie die in den bereits bestehenden Wasserkraftwerken in Bittenbrunn und Bergheim erzeugt wird. Der erzeugte Strom sollte daher möglichst lokal in Neuburg verbraucht werden, anstatt in das Bahnstromnetz der DB Energie eingespeist zu werden. Somit würde eine gesamte elektrische Leistung von 43,9 MW für den Strombedarf Neuburgs zur Verfügung stehen.

### 5.1.3 Best-Practice-Szenario

Schöpft man alle Potenziale aus, so kann in Neuburg eine Fläche für **Photovoltaik** von bis zu 867.144 m<sup>2</sup> auf den Dächern der Stadt realisiert werden. Dies beruht auf der Annahme, dass 100% der Dachflächen für Photovoltaikanlagen genutzt werden. Hierbei wurden bereits die für eine Installation nicht zugelassenen denkmalgeschützten Dachflächen berücksichtigt. Wird eine Sonneneinstrahlung von 0,65 MWh/(m<sup>2</sup>a) angenommen, so kann eine gesamte nutzbare Solareinstrahlung von 563.644 MWh/a für das Stadtgebiet Neuburg ausgewiesen werden. Bei einem Jahresnutzungsgrad der Photovoltaik-Anlagen von in etwa 0,085 ist ein maximal mögliches Strompotenzial erzeugt aus Photovoltaikanlagen von 47.910 MWh/a möglich.

**Tabelle 21: Maximale Solarstromerzeugung Photovoltaik auf 100% der Dachflächen**

|   |                              |
|---|------------------------------|
| Summe der Gebäudegrundflächen der Stadt Neuburg | 888.191 m <sup>2</sup>       |
| Abzüglich Denkmalschutz (21.047m <sup>2</sup> ) | 867.144 m <sup>2</sup>       |
| * typisch nutzbare Solareinstrahlung            | 0,65 MWh/(m <sup>2</sup> *a) |
| <b>gesamte nutzbare Solareinstrahlung</b>       | <b>563.644 MWh/a</b>         |
| Jahresnutzungsgrad Photovoltaik-Anlagen         | 0,085                        |
| <b>Max. Strompotenzial durch Photovoltaik</b>   | <b>47.910 MWh/a</b>          |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage des Leitfadens Energienutzungsplanes Bayern

Da im Best-Practice-Szenario auch Solarthermienutzung auf den Dächern Neuburgs angenommen wird, ist hier mit einem Ansatz von 75% der Dachflächen für Photovoltaik und 25% für Solarthermie gerechnet worden. Dieses Verhältnis ist so gewählt, da die Priorität in Neuburg auf den Ausbau des Fernwärmenetzes gelegt wird und somit Solarthermie eine geringe Bedeutung zukommt. Folgende Tabelle zeigt die Potenziale für Solarthermie und Photovoltaik:

**Tabelle 22: Best-Practice-Szenario: Nutzung der Solareinstrahlung durch Photovoltaik mit 75% und durch Solarthermie mit 25%**

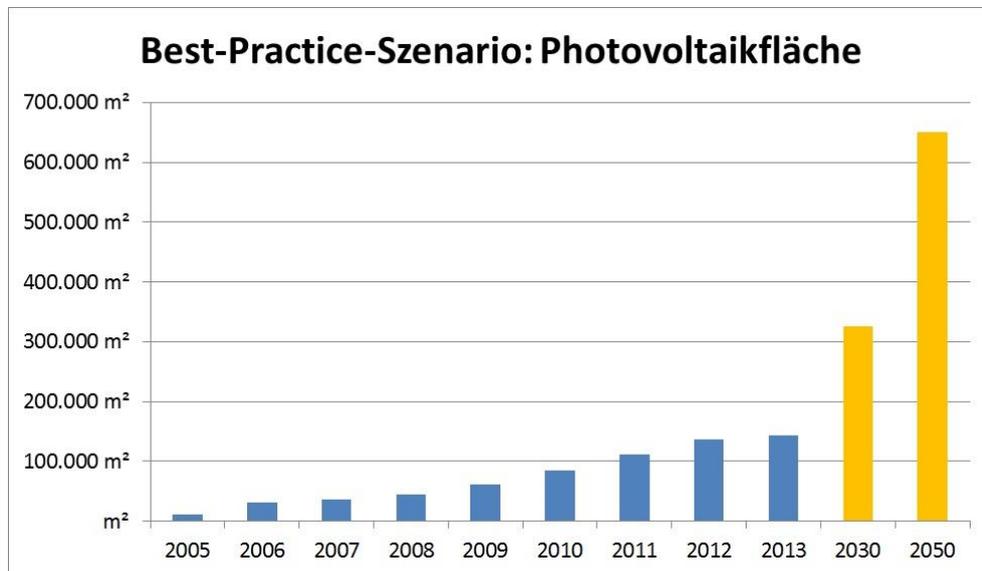
|  |                     |
|--|---------------------|
| 25% nutzbare Solareinstrahlung                       | 140.911 MWh/a       |
| *Brauchwarmwasserbereitung und Heizungsunterstützung | 0,225               |
| <b>Wärmepotenzial Solarthermie</b>                   | <b>31.705 MWh/a</b> |
| 75% nutzbare Solareinstrahlung                       | 422.733 MWh/a       |
| * Jahresnutzungsgrad Photovoltaikanlagen             | 0,085               |
| <b>Strompotenzial der Photovoltaikanlagen</b>        | <b>35.932 MWh/a</b> |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage des Leitfadens Energienutzungsplanes Bayern

Dies führt zu einem Strompotenzial durch Photovoltaik von 35.932 MWh/a im Jahr 2030.

Abbildung 83 zeigt die Entwicklung der Photovoltaikflächen im Stadtgebiet Neuburg von 2005 bis 2050. Hierbei ist unterstellt, dass bis 2030 50% der Flächen von 2050 bebaut werden sollen.

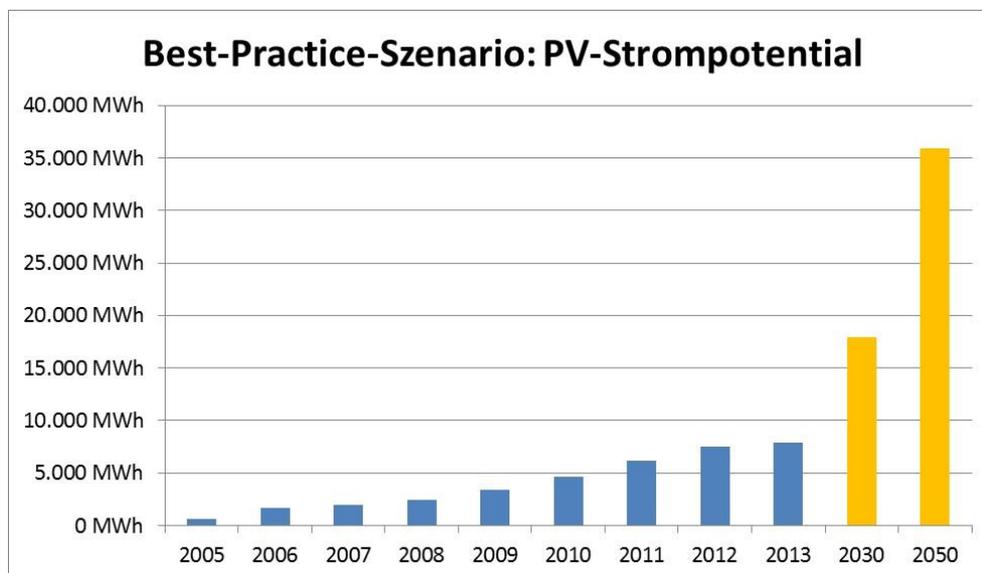
**Abbildung 94: Best-Practice-Szenario: Photovoltaik - Dachflächen**



Quelle: Eigene Darstellung

Die obigen Flächen haben ein maximales Stromerzeugungspotenzial von 35.932 MWh/a, sofern die Effizienz der Anlagen auf dem momentanen Stand bleiben.

**Abbildung 95: Best-Practice-Szenario: Stromerzeugungspotenzial aus Photovoltaik - Dachflächen**

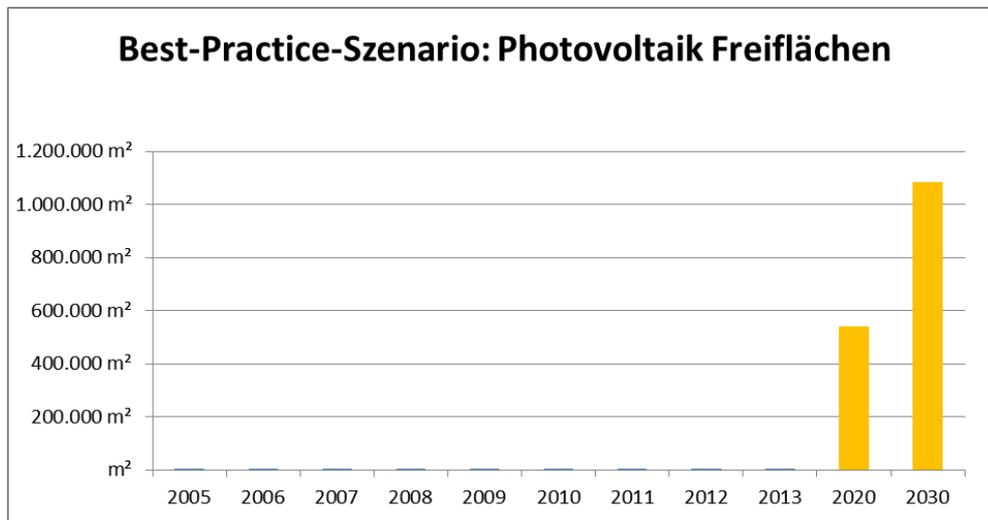


Quelle: Eigene Darstellung

### Photovoltaik-Freiflächen

Unter Berücksichtigung der Bonusfähigkeit nach EEG können die PV-Freiflächen von derzeit 2.270 m<sup>2</sup> Modulfläche (Stand 2013) auf 542.987 m<sup>2</sup> in 2020 und bis 2030 auf insgesamt mögliche 1.085.973 m<sup>2</sup> ansteigen.

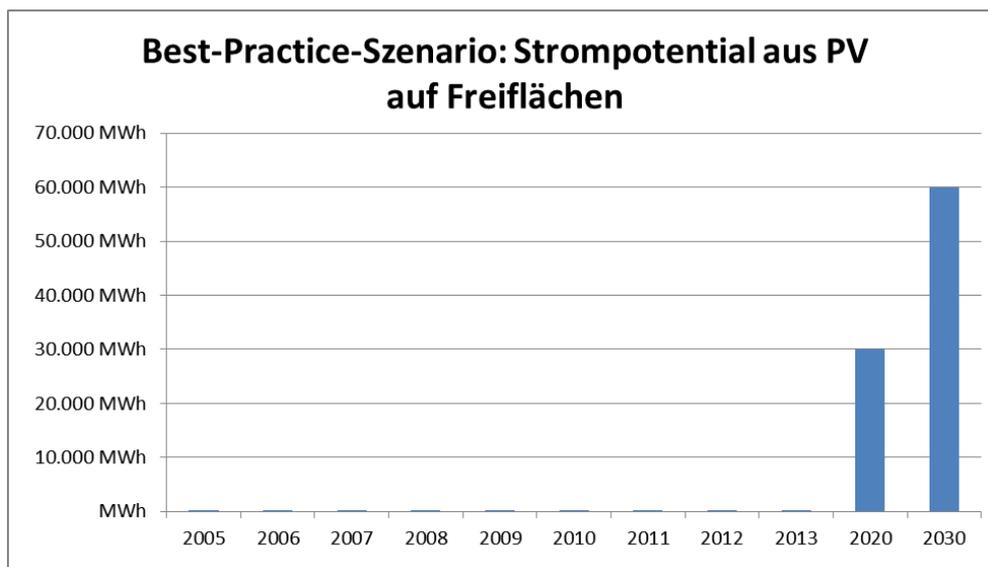
Abbildung 96: Best-Practice-Szenario: Photovoltaik - Freiflächen in Neuburg



Quelle: Eigene Darstellung

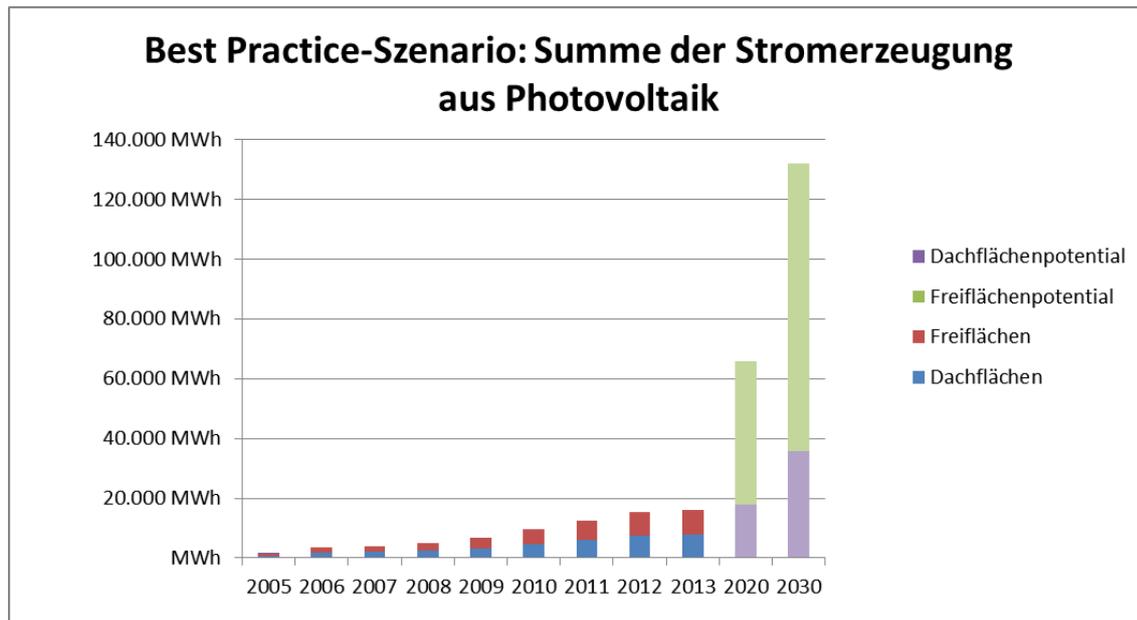
Aus den dann installierten Freiflächenanlagen werden in 2020 jährlich voraussichtlich 30.000 MWh/a an Strom ins Netz eingespeist; dieser Wert wird bis zum Ende des Betrachtungszeitraums im Jahr 2030 auf ca. 60.000 MWh/a ansteigen.

Abbildung 97: Best-Practice-Szenario: Strompotential aus Photovoltaik auf Freiflächen



Quelle: Eigene Darstellung

**Abbildung 98: Best-Practice-Szenario: Summe der Stromerzeugung aus Dachflächen- und Freiflächen - Photovoltaikanlagen**



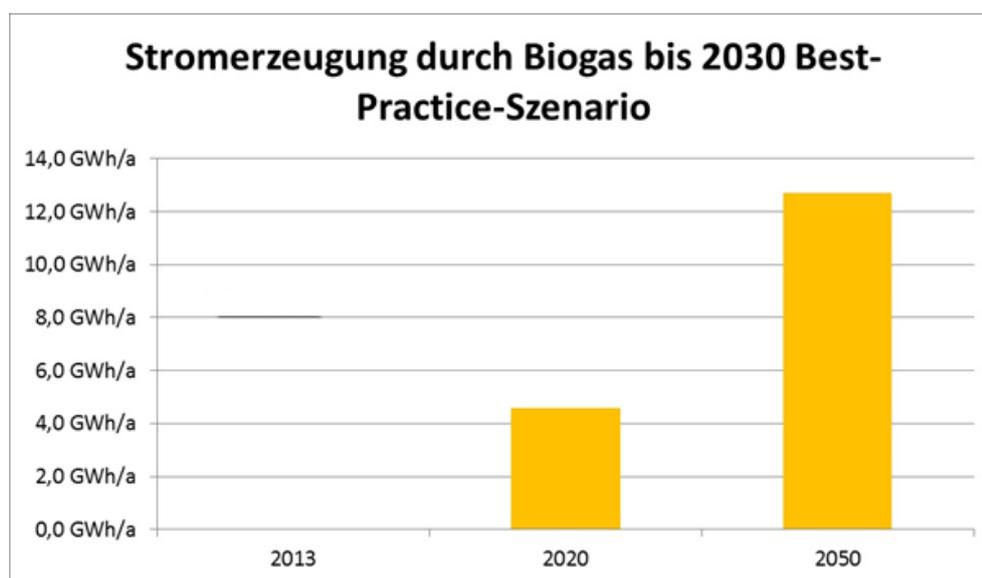
Quelle: Eigene Darstellung

Integriert man beide Bereiche der Stromerzeugung aus **Photovoltaikanlagen** (Dachflächen und Freiflächen) so ergibt sich ein respektables Gesamtpotenzial in 2020 von 47.966 MWh/a und 10 Jahre später in 2030 bereits von insgesamt 95.932 MWh/a (vgl. Abbildung 87).

Die Erzeugung von Strom durch **Biogasanlagen** kann, wie in der Potenzialanalyse 4.2.2 beschrieben, durch die Nutzung des Aufwuchses von Brachflächen bzw. deren Nutzung zum Anbau von Energiepflanzen und durch Nebenprodukte der Futter- und Lebensmittelproduktion erfolgen. Hierfür ist die Einschätzung für 2020 konstant bei 4.500 MWh<sub>el</sub>/a, da der Neubau an Anlagen, sowie die Nutzung der vorhandenen Möglichkeiten als optimal anzusehen sind.

Werden zudem noch Effizienzverbesserungen sowie die Steigerung der Erträge durch den Anbau effizienterer Pflanzen, wie z.B. Rüben oder spezielle Energiepflanzen, realisiert, so kann eine Erweiterung der elektrischen Leistung im optimalen Fall auf bis zu 1.000 kW<sub>el</sub> erwartet werden. Das geschätzte Potenzial der elektrischen Energieerzeugung mittels Biogasanlagen bis zum Jahr 2050 liegt damit bei 12.800 MWh<sub>el</sub>/a.

**Abbildung 99: Best-Practice-Szenario: Stromerzeugung aus Biogas (BHKW in KWK) in Neuburg**



Quelle: Eigene Darstellung inklusive der voll ausgeschöpften Potenziale für 2020 und 2030

Die **Windkraft** als regenerative Energiequelle kann im optimalen Fall komplett an den ausgewiesenen Standorten ausgenutzt werden. Voraussetzung hierfür wäre allerdings die Schließung des Militärflughafens, bzw. die Verlegung der Einflugschneisen. Ist dies der Fall, so können alle 10 Windkraftträder, welche in Kapitel 4.2.3 „Windkraft“ vorgestellt wurden, verwirklicht werden. Die tatsächliche Leistung pro 1000 kW<sub>el</sub> installierter Leistung variiert hier, durch die unterschiedlichen Windgeschwindigkeiten der Standorte (von 4,5 m/s bis 5,5 m/s) zwischen 250 kW<sub>el</sub> und 415 kW<sub>el</sub>. Durch die gesamte Nutzung des möglichen Potenzials an Windkraft beträgt die erzeugte Strommenge pro Jahr 32.753 MWh<sub>el</sub>.

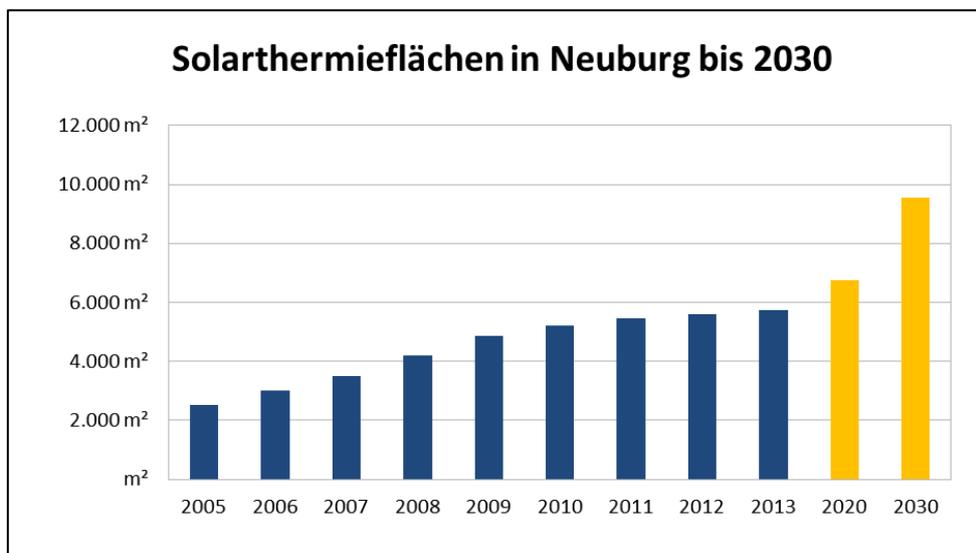
Da die Potenziale der **Wasserkraft** in Neuburg weitgehend erschlossen sind, liegt der Schwerpunkt der Handlungsmöglichkeiten neben dem Verkauf des aus Hydroenergie gewonnenen Stromes an die Stadt Neuburg (siehe Klimaschutzszenario 5.1.2) in der Modernisierung der beiden vorhandenen Wasserkraftwerke. Durch neuere Methoden und Technologien kann so die Effizienz der Anlagen gesteigert und der Stromertrag erhöht werden. Dieser wird mit maximal 10 % angenommen, da es sich hierbei um eine bereits seit mehr als 100 Jahren in der Entwicklung befindliche Technologie handelt.

## 5.2 Entwicklungsszenario Wärmeerzeugung

### 5.2.1 Referenzszenario

Die Gesamtfläche der für **Solarthermie** genutzten Dächer ist in den vergangenen Jahren stetig angestiegen. Demzufolge ist auch in Neuburg eine Weiterführung dieses Trends zu erwarten. So ist in Anlehnung an die Prognose des Bundesverbandes Solarwirtschaft e.V. (BSW-Solar) eine deutliche Steigerung bis zum Jahr 2020 auf 6736 m<sup>2</sup> zu erwarten. Für das Jahr 2030 wird eine Fläche von 9542 m<sup>2</sup> für die Nutzung von Solarthermie in Neuburg prognostiziert. Dies kann in Abbildung 89 eingesehen werden. Die Fläche von 9542 m<sup>2</sup> entspricht einem Wärmepotenzial von 3101,15 MWh/a bei einer Nutzung zur alleinigen Brauchwarmwasserbereitung.

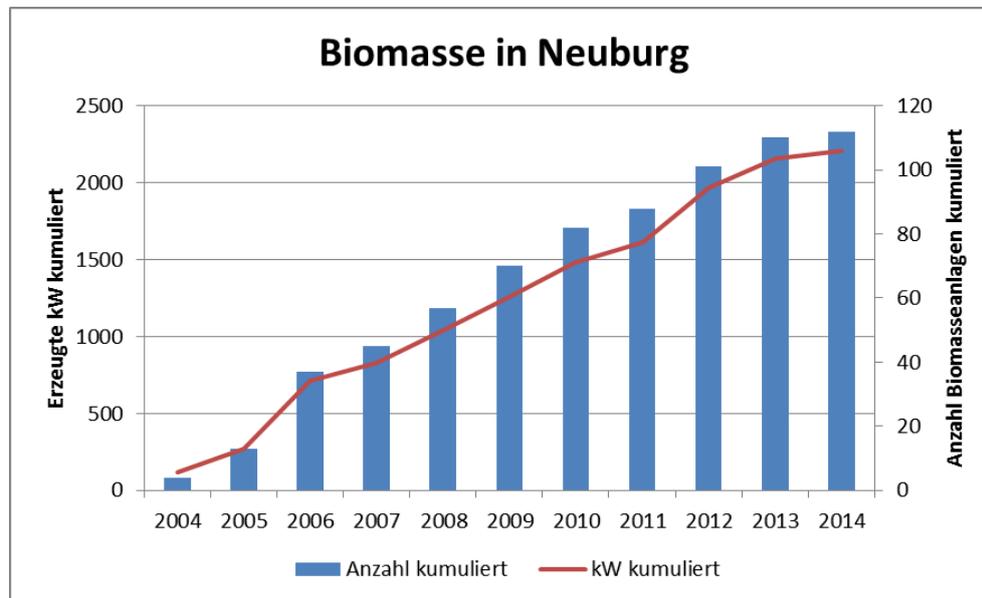
**Abbildung 100: Referenzszenario: Solarthermieflächen in Neuburg**



Quelle: Eigene Darstellung inklusive an die BSW-Solar angelehnte Prognose für 2020 und 2030

Des Weiteren wird die Entwicklung der Wärmeerzeugung aus **Biomasse** betrachtet. Bei einer kontinuierlichen Weiterentwicklung und einem konsequenten weiteren Ausbau der Biomasseanlagen wie er bis zum Jahre 2014 erfolgte, kann eine erzeugte Leistung von 3.411 kW<sub>th</sub> für das Jahr 2020 bei 173 Anlagen prognostiziert werden. Weiterhin ist in Abbildung 90 die Entwicklung bis 2030 dargelegt. Bis zu diesem Zeitpunkt wird eine Leistung von 5.417 kW<sub>th</sub> bei 275 Anlagen anzunehmen sein.

**Abbildung 101: Biomassenutzung zur Wärmeerzeugung in Neuburg**



Quelle: Eigene Darstellung

Das Potenzial zur Wärmeerzeugung in Neuburg aus fester **Biomasse** in Form von Holz kann wie in Tabelle 19 dargestellt durch 60% des in Neuburg anfallenden Altholzes pro Jahr und 7% des Holzeinschlages angesetzt werden. Der Rest des Altholzes (ca. 40%) wird in der industriellen Produktion in weiteren Wertschöpfungsstufen verarbeitet.

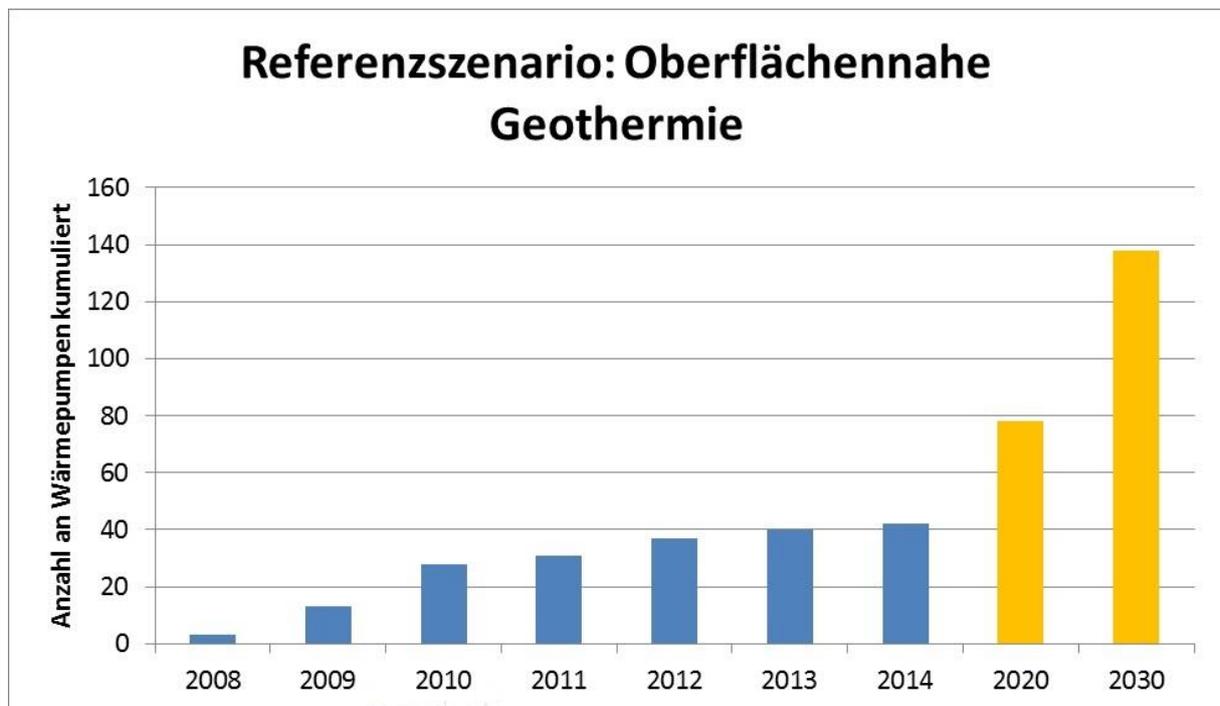
**Tabelle 23: Referenzszenario: Wärmepotenzial aus fester Biomasse in Neuburg**

|   |                        |
|---|------------------------|
| Altholz (60% des Aufkommens in Neuburg)       | 1.578.366 kWh/a        |
| Brennholz (7% des Holzeinschlages in Neuburg) | 3.790.569 kWh/a        |
| <b>Gesamte Biomasseenergie</b>                | <b>5.368.935 kWh/a</b> |

Quelle: Eigene Darstellung

Die **oberflächennahe Geothermie** in Neuburg ist seit 2008 stetig in ihrer Bedeutung gewachsen. Die geförderten Wärmepumpen sind in Abbildung 91 kumuliert dargestellt. Demnach waren in 2008 erst drei Wärmepumpen in Betrieb, in 2014 sind es bereits 42, die im Stadtgebiet Neuburg zum Einsatz kommen. Setzt sich dieser Trend kontinuierlich fort, so kann man davon ausgehen, dass im Jahr 2020 in etwa 78 Wärmepumpen betrieben werden. Für 2030 werden 138 Wärmepumpen prognostiziert.

**Abbildung 102: Referenzszenario: Wärmepumpen zur Nutzung der oberflächennahen Geothermie in Neuburg**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage auf Grundlage des Umweltamts Neuburg)

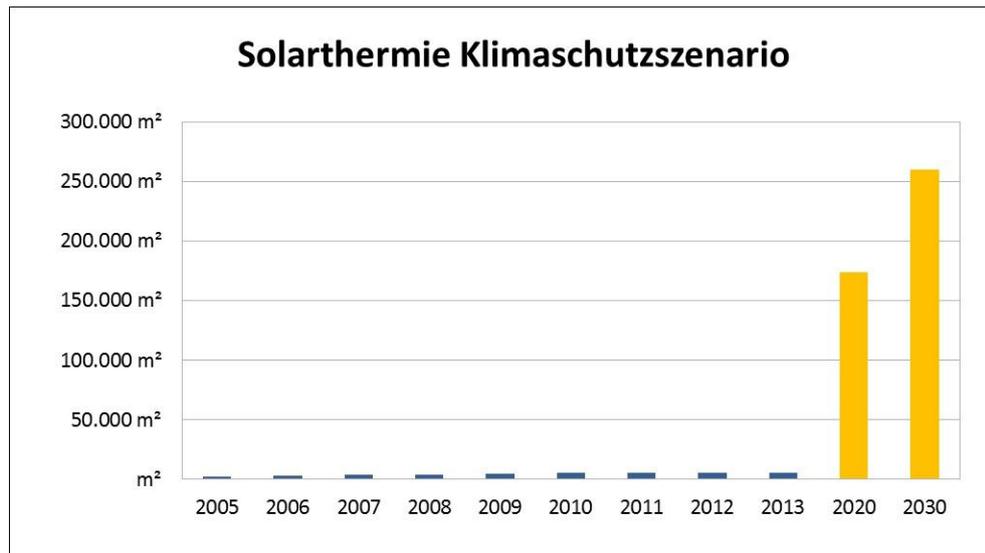
### Biogas

Setzt sich der Trend der vergangenen Jahre fort, so gibt es auch künftig im gesamten Stadtgebiet Neuburgs keine Wärmezeugung durch **Biogasanlagen**.

## 5.2.2 Klimaschutzszenario

Werden die Klimaschutzziele weiter mit hoher Priorität verfolgt, dann so ist die Investition in **Solarthermie** eine Möglichkeit Wärme regenerativ zu erzeugen. So wird die Solarthermie von derzeit 5.721 m<sup>2</sup> auf 173.429 m<sup>2</sup> in 2020 und damit auf 20 % der potentiellen Dachflächen in Neuburg ansteigen. Weiterhin ist ein Anstieg bis 2030 auf 30 % der gesamten Dachfläche Neuburgs zu erwarten. Solarthermie würde dann in 2030 auf 260.143 m<sup>2</sup> Dachfläche betrieben werden.

**Abbildung 103: Klimaschutzszenario: Regenerative Wärme aus Solarthermie in Neuburg**



Quelle: Eigene Darstellung

Feste **Biomasse** kann im Klimaschutzszenario mit dem Altholzanteil, wie in Kapitel 4.3.2 dargestellt, sowie mit 10% des Brennholzanteils festgesetzt werden.

**Tabelle 24: Klimaschutzszenario: regenerative Wärme aus fester Biomasse**

|                                |                        |
|--------------------------------|------------------------|
| Altholz                        | 1.578.366 kWh/a        |
| Brennholz                      | 5.415.099 kWh/a        |
| <b>Gesamte Biomasseenergie</b> | <b>6.993.465 kWh/a</b> |

Quelle: Eigene Darstellung

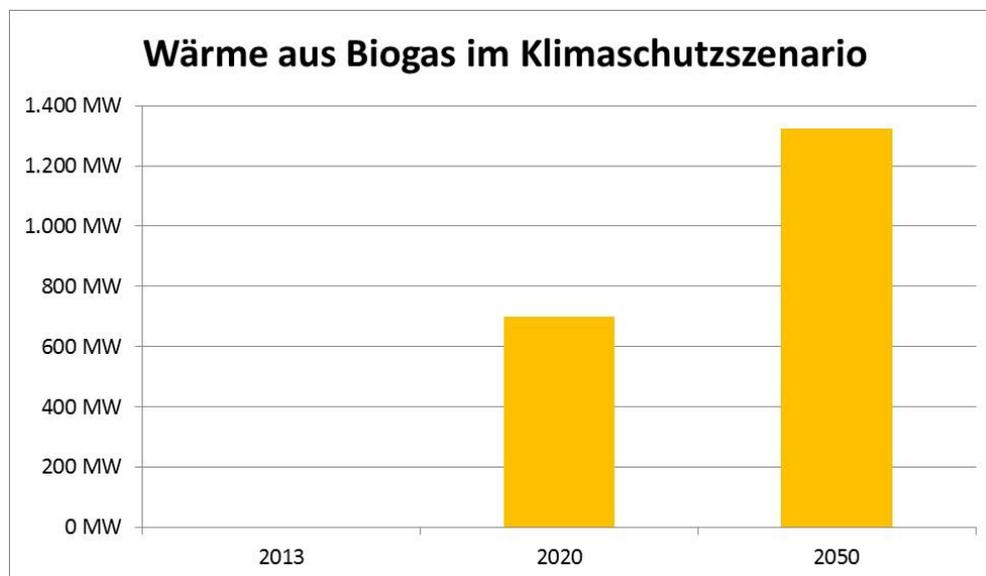
Die Nutzung von **oberflächennaher Geothermie** eignet sich vor allem für die individuelle, gebäudebezogene Wärmeversorgung mit Niedertemperatur - Heizsystemen, da hier der durch die Wärmepumpe zu leistende Temperaturhub und damit die erforderliche Antriebsenergie begrenzt bleibt. In der Regel wird dies nur in neueren Wohngebieten der Fall sein. Auch müssen bei der konkreten Planung die Bodenbeschaffenheit, Grundwasserstand, -temperatur und -zusammensetzung genauer untersucht werden. Daher kann kein absolutes Gesamtpotenzial für die Stadt Neuburg ausgewiesen werden.

Basierend auf das in 5.1.2 entwickelte Klimaschutzscenario für **Biogas** kann auch für die Wärmezeugung durch die Verwertung von Biogas in KWK im Klimaschutzscenario ein thermischer Wirkungsgrad von ca.  $\eta=0,49$  sowie ein elektrischer Wirkungsgrad des BHKWs von  $\eta=0,40$  angenommen werden. Bei einer Biogasanlage mit  $230 \text{ kW}_{\text{el}}$  ergibt sich hieraus eine thermische Leistung von  $288 \text{ kW}_{\text{th}}$ .

In der Erweiterung mit einer  $330 \text{ kW}_{\text{el}}$  Anlage kann bei dem jetzigen Stand der Technik eine thermische Leistung von  $413 \text{ kW}_{\text{th}}$  erzielt werden. Dies macht in Summe eine thermische Gesamtleistung von  $700 \text{ kW}_{\text{th}}$ , welche der Stadt Neuburg zur Verfügung stünde.

Durch Steigerung der Erträge durch Energiepflanzen, wie zum Beispiel Rüben oder spezielle Energiepflanzen) kann der Ertrag einer Biogasanlage gesteigert werden und weitere Potenziale können ausgeschöpft werden. Dies führt in Kombination mit einem ökologisch nachhaltigen Anbau zu einer Effizienzsteigerung von  $625 \text{ kW}_{\text{th}}$ . Demzufolge liegt das gesamte thermische Energieerzeugungspotenzial mittels Biogasanlagen bei  $10.900 \text{ MWh}_{\text{th}}$  jährlich.

**Abbildung 104: Klimaschutzscenario: regenerative Wärme aus der Verwertung von Biogas**



Quelle: Eigene Darstellung

### 5.2.3 Best-Practice-Szenario

Das Best-Practice-Szenario für **Solarthermie** in Neuburg wird durch die Nutzung der gesamten Dachfläche, mit Ausnahme von Denkmalsgebäuden, zur Wärmeerzeugung definiert. Hierzu wäre demnach die gesamte Dachfläche von 867.144 m<sup>2</sup> für die Solarthermie genutzt. Für Photovoltaik wären in diesem Szenario keine Dachflächen verfügbar. In Tabelle 21 ist dieses Szenario dargestellt. Hierbei wird die Solareinstrahlung von 0,65 MWh/(m<sup>2</sup>a) sowie ein Jahresnutzungsgrad der Solarthermie-Anlagen von  $\eta=0,5$  angenommen. Das maximale Wärmepotenzial durch Solarthermie, das in Neuburg erzielt werden kann, beläuft sich so auf 281.822 MWh/a.

**Tabelle 25: Best-Practice-Szenario: Solarthermie 100% der Dachflächen Neuburgs**

|   |                              |
|---|------------------------------|
| Summe der Gebäudegrundflächen der Stadt Neuburg | 888.191 m <sup>2</sup>       |
| Abzüglich Denkmalschutz (21.047m <sup>2</sup> ) | 867.144 m <sup>2</sup>       |
| * typisch nutzbare Solareinstrahlung            | 0,65 MWh/(m <sup>2</sup> *a) |
| <b>Gesamte nutzbare Solareinstrahlung</b>       | <b>563.644 MWh/a</b>         |
| Jahresnutzungsgrad Solarthermie-Anlagen         | 0,5                          |
| <b>Max. Wärmepotenzial durch Solarthermie</b>   | <b>281.822 MWh/a</b>         |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage des Leitfadens Energienutzungsplanes Bayern

Um das Best-Practice-Szenario realistisch darzustellen ist es notwendig, die Dachflächennutzung durch Photovoltaikanlagen mit in die Überlegungen einzubeziehen. Somit sind 25 % der Dachflächen (216.786 m<sup>2</sup> Grundfläche) mit Solarthermieanlagen und 75 % mit Photovoltaikanlagen auszustatten. Diese Verteilung führt zu einem Solarwärmepotenzial von 31.705 MWh/a.

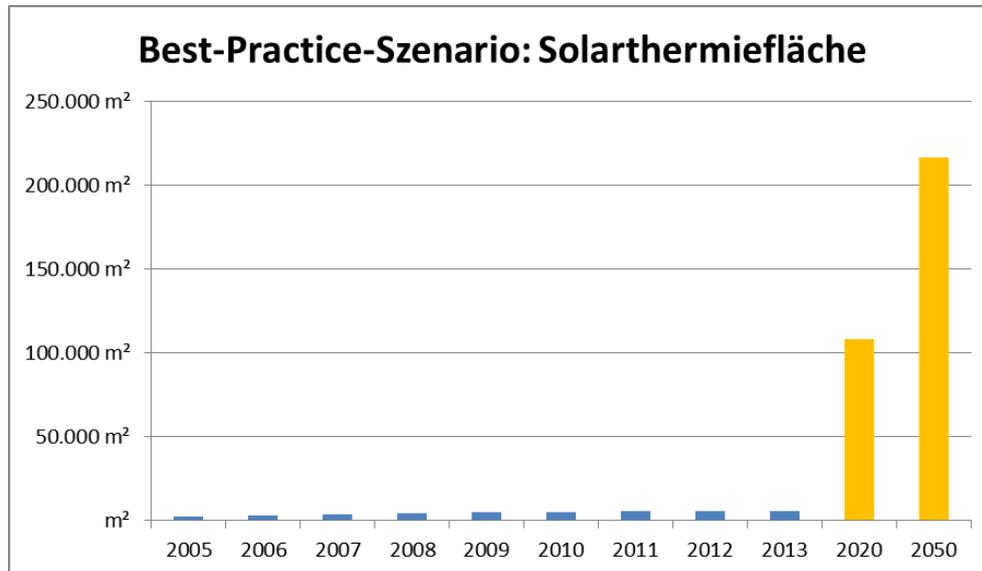
**Tabelle 26: Best-Practice-Szenario: Photovoltaik 75%, Solarthermie 25%**

|  |                     |
|--|---------------------|
| 25% nutzbare Solareinstrahlung                       | 140.911 MWh/a       |
| *Brauchwarmwasserbereitung und Heizungsunterstützung | 0,225               |
| <b>Wärmepotenzial Solarthermie</b>                   | <b>31.705 MWh/a</b> |
| 75% nutzbare Solareinstrahlung                       | 422.733 MWh/a       |
| *Jahresnutzungsgrad Photovoltaikanlagen              | 0,085               |
| <b>Strompotenzial der Photovoltaikanlagen</b>        | <b>35.932 MWh/a</b> |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage des Leitfadens Energienutzungsplanes Bayern

In Abbildung 94 kann der Trend des Bestandzuwachses an Solarthermiefläche von 2005 bis zum maximalen Zubau in 2050 eingesehen werden.

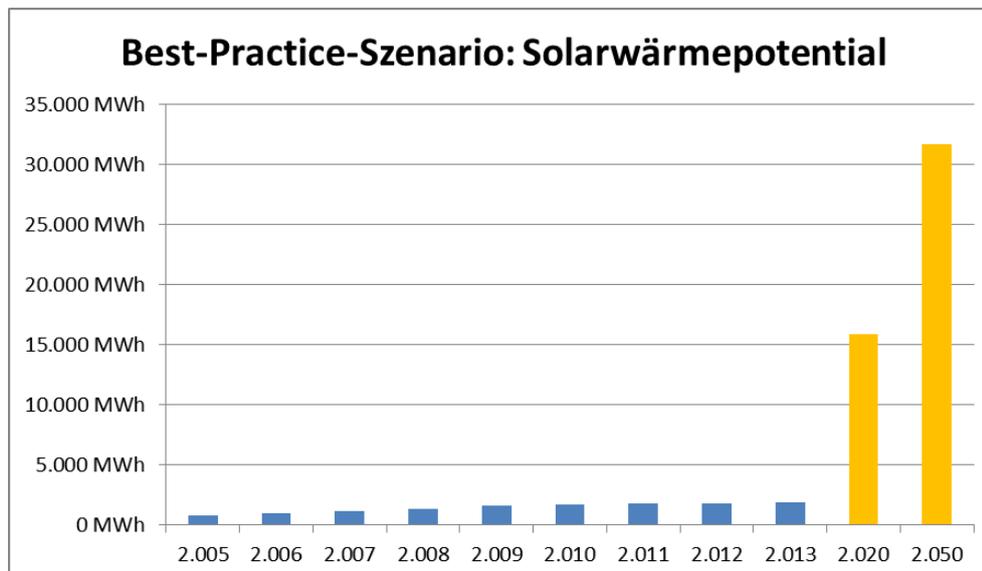
**Abbildung 105: Best-Practice-Szenario: Solarthermiefläche in Neuburg**



Quelle: Eigene Darstellung

In Abbildung 95 ist dieser Zeitraum mit den zu erwartenden Strompotenzialen dargestellt. So kann von 2013 der Wärmeertrag aus Solarthermie von 1.859 MWh/a auf maximal 31.705 MWh/a im Jahr 2050 gesteigert werden.

**Abbildung 106: Best-Practice-Szenario: Solarwärmepotenzial**



Quelle: Eigene Darstellung

Im Best-Practice-Szenario wird der als Brennholz nutzbare Biomasseanteil auf 20% festgesetzt. Selbst hierbei ist der Großteil des Holzes industriell verwertet. Energetisch kann lediglich ein Anteil von 60% aus der Altholzverwertung und 20% aus dem Holzeinschlag Neuburgs verwertet werden. Insgesamt kann so eine gesamte Energiemenge von 12.408.564 kWh/a aus fester Biomasse generiert und zur Nutzung bereitgestellt werden.

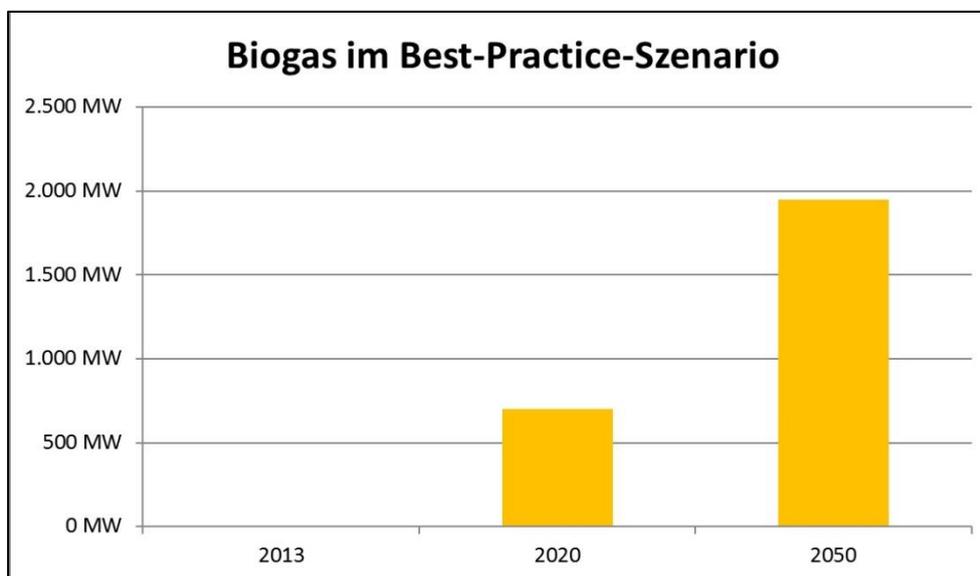
**Tabelle 27: Best-Practice-Szenario: Wärmepotenzial der festen Biomasse in Neuburg**

|                                |                         |
|--------------------------------|-------------------------|
| Altholz                        | 1.578.366 kWh/a         |
| Brennholz                      | 10.830.198 kWh/a        |
| <b>Gesamte Biomasseenergie</b> | <b>12.408.564 kWh/a</b> |

Quelle: Eigene Darstellung

Das Best-Practice-Szenario für **Biogas** baut auf das Konzept und die Daten im Klimaschutzszenario auf, da die Potenziale bis 2020 auch im Klimaschutzszenario bereits ausgeschöpft sind. So ergibt sich bei einer Biogasanlage mit einer elektrischen Leistung von 230 kW<sub>el</sub> eine thermische Leistung von 288 kW<sub>th</sub>. Eine zusätzliche Biogasanlage mit 330 kW<sub>el</sub> stellt eine thermische Leistung von 413 kW<sub>th</sub> bereit. Somit stünde im Jahr 2020 eine gesamte thermische Leistung von 700 kW<sub>th</sub> für Neuburg zur Verfügung. In der Betrachtung bis 2050 kann durch Effizienzsteigerungen das Potenzial noch einmal um 1250 kW<sub>th</sub> gesteigert werden. Somit kann in Neuburg im besten Fall eine thermische Energieerzeugung im Jahr 2050 von insgesamt 16 GWh<sub>th</sub> pro Jahr erreicht werden.

**Abbildung 107: Best-Practice-Szenario: Wärmepotenzial aus Biogas in Neuburg**



Quelle: Eigene Darstellung

## 6 Endenergie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz

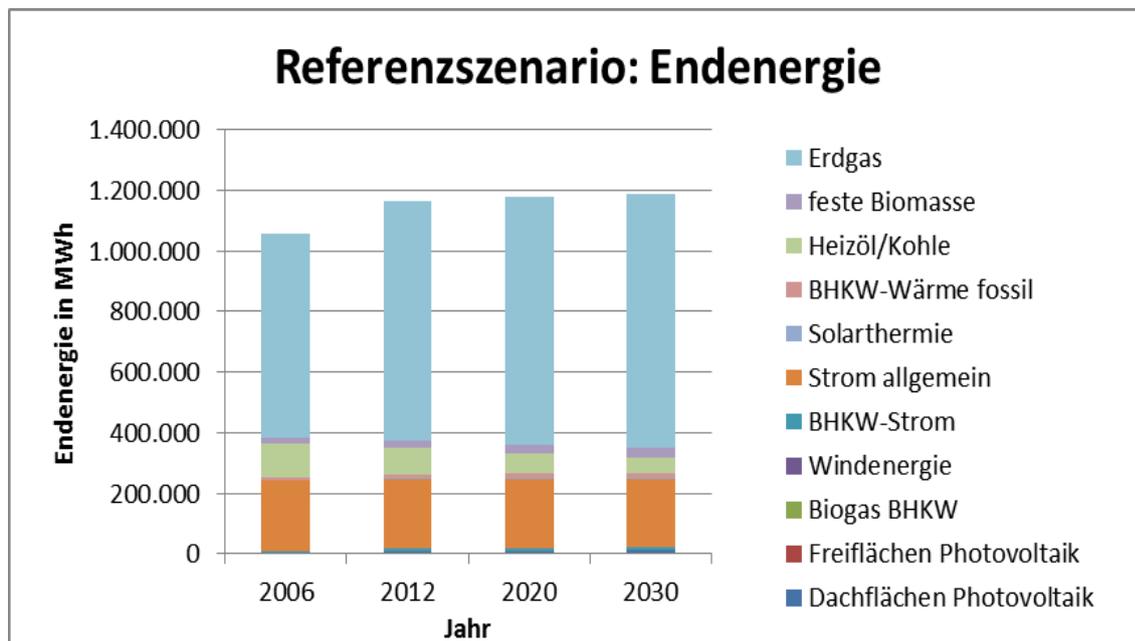
### 6.1 Endenergiebilanz mit Prognose (2006, 2012, 2020, 2030)

Die folgenden Energiebilanzen zeigen den ermittelten Endenergieverbrauch für die bilanzierten Jahre 2006 und 2012. Dem gegenüber werden die möglichen Reduktionspotentiale durch den Zubau bei erneuerbaren Energie in den Jahren 2020 und 2030 dargestellt. Neuburg bezieht über seine Stadtwerke seit 01.01.2012 bilanziell 100% Wasserkraftstrom. Dies entspricht 93% der Bezugsmenge an Strom (232.407 MWh); dazu kommen noch 7% an dezentraler Stromeinspeisung (17.493 MWh) durch Photovoltaikflächen und Blockheizkraftwerke (BHKW).

#### 6.1.1 Referenzszenario

Unter Berücksichtigung der Energieprognose Bayern 2030 wird der Stromverbrauch bis zum Jahr 2030 nahezu gleich bleiben. In Neuburg ist dieser von 241.825 MWh im Jahr 2006 auf 249.900 MWh in 2012 leicht gestiegen und verbleibt dann auf diesem Niveau. Diese Entwicklung ist aber durch den Zuwachs des Stromverbrauchs in der Industrie zu erklären, der den bis dahin durch Effizienzsteigerung und Einsparungsmaßnahmen erreichten Rückgang bei den übrigen Verbrauchern kompensiert.

**Abbildung 108: Referenz-Szenario: Endenergieverbrauch in Neuburg bis 2030**



Quelle: Eigene Darstellung

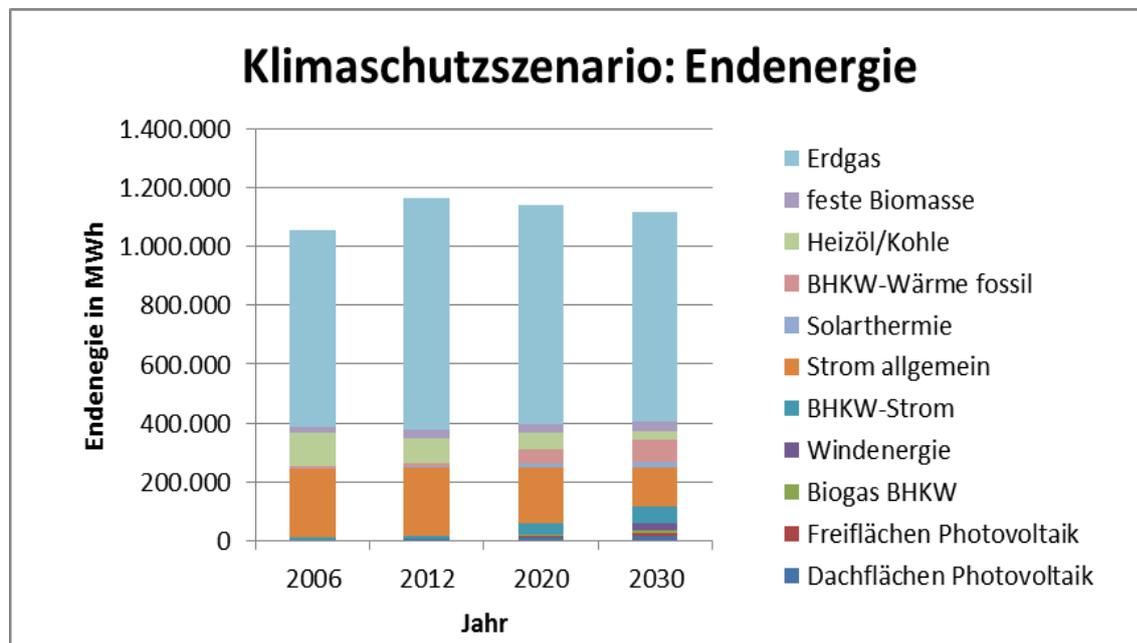
Basierend auf der Trendentwicklung von 1996 bis 2006 ist der Heizölverbrauch in Neuburg von 133.745 MWh/a auf 110.701 MWh/a gesunken. Dies ist in der Regel neben einem besseren Standard bei der Wärmedämmung auch noch der effektiveren Heizungstechnik bzw. der zunehmenden Versorgung mit Erdgas bzw. Fernwärme geschuldet. Dieser mit ca. 17% deutliche Trend wurde bilanziell fortgeführt. Der Verbrauch von Erdgas ist von 670.284 MWh im Jahre 2006 in nur 6 Jahren auf 788.600 MWh in 2012 angestiegen und hält sich mit einem leichten Rückgang auf einem annähernd hohen Verbrauchsniveau.

Die Verwendung von Kohle im privaten und industriellen Sektor fällt komplett ab und wird weitgehend substituiert durch die verstärkte Wärmeversorgung über Erdgas, Biomasse oder das im Ausbau befindliche Fernwärmenetz.

### 6.1.2 Klimaschutzszenario

Unter den Prämissen des Vorrangs für Klimaschutz wird der Stromverbrauch in Neuburg als konstant angenommen. Verbrauchseinsparungen durch Effizienzsteigerungen werden im Verlauf der weiteren Entwicklung vom zusätzlichen Stromverbrauch neuer Anwendungen kompensiert.

**Abbildung 109: Klimaschutz-Szenario: Endenergieverbrauch in Neuburg bis 2030**



Quelle: Eigene Darstellung

Bei den Berechnungen dieses Szenarios wird davon ausgegangen, dass bis 2020 etwa 20% der geeigneten Dachflächen mit Photovoltaikmodulen belegt ist und dass dieser Anteil bis zum Jahr 2030 auf etwa 30% der um die aus Denkmalschutzgründen gesperrten Dachflächen ansteigen wird.

Ein bisher nicht im Focus des Interesses stehender Standort für Photovoltaikflächen ebenfalls zu berücksichtigen: Hierbei handelt es sich um die Option, entlang der Bahnstrecke auf den bis 110 m breiten Seitenflächen des Bahndamms eine PV-Freiflächenanlage zu installieren und so bis 2020 10% und bis 2030 20% dieser Fläche zur Erzeugung von ca. 12.000 MWh/a an Solarstrom zu nutzen.

Bei der Nutzung von Biomasse durch Biogasanlagen war zwar bis 2012 nur ein bescheidener Beitrag zur Endenergieerzeugung durch eine kleinere Anlage zu verzeichnen. Doch mit dem Aufbau einer neuen Anlage bis 2020 (560kW<sub>el</sub>) und einer weiteren Vergrößerung der Biogasgewinnung auf dem Gebiet Neuburgs auf 1.060 kW<sub>el</sub> kann hiermit jährlich 8.690 MWh Strom pro Jahr bereitgestellt werden.

Die Option Windenergie könnte unter der Prämisse eventuell bis 2030 eintretender Änderungen bzw. nach Wegfall der Beschränkungen durch den militärischen und zivilen Luftverkehr bei dem Wind

an nur einem Standort mit zu erwartendem Erfolg ausgebaut werden. Am Standort Hainberg, im Norden der Neuburger Gemarkung könnten bis zum Jahr 2030 sechs Anlagen aufgebaut werden, die pro Jahr ca. 21.812 MWh<sub>el</sub> erzeugen würden.

Durch den verstärkten Ausbau des Fernwärmenetzes in Neuburg wird auch der Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen deutliche Impulse erhalten. Das hierbei nach Einschätzung der Stadtwerke maximal mögliche Potential durch KWK beläuft sich auf insgesamt 202.474 MWh<sub>th</sub> pro Jahr. Dieses wird auf der einen Seite über Erdgas betriebene BHKWs bereitgestellt, wird aber bereits jetzt schon über die Nutzung industrieller Abwärme versorgt. Dieser industrielle Anteil wird in naher Zukunft noch weiter steigen, wenn zusätzlich zu der bereits seit 2013 genutzten Abwärme der Fa. Saint Gobain – Verallia auch noch die Abwärmestrom der Fa. Rockwool sowie der Fa. Hoffmann Mineral – Sonax – verwertet werden. Bis zum Jahr 2020 wird davon ausgegangen, dass etwa 20% und bis 2030 etwa 30% des maximalen Potentials über KWK – Technologien zu nutzen sein werden.

Der große Sprung bei der erzeugten BHKW-Wärme vom Jahr 2012 zum Jahr 2030 geht auf den forcierten Ausbau des Fernwärmenetzes und auf die zu erwartende starke Nachfrage nach einer Fernwärme-Versorgung zurück.

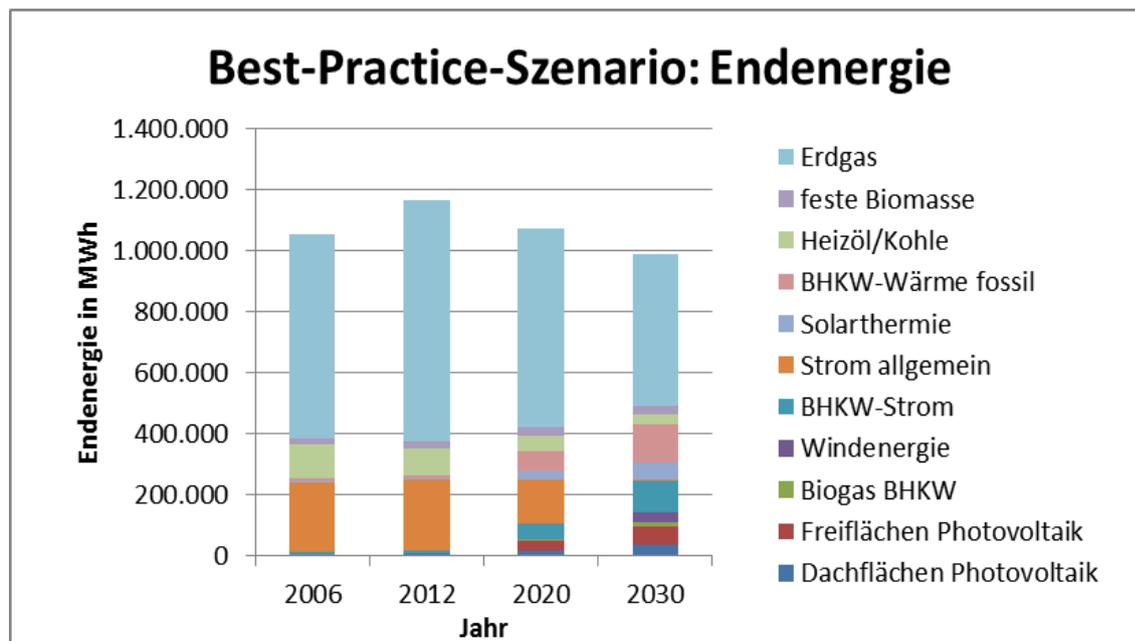
Bei Solarthermie ist in diesem Szenario von einem Anteil von 20% der gesamten Dachflächen Neuburgs ausgegangen worden, korrigiert um die unter Denkmalschutz stehenden Dächer. Demnach stünde hier bis 2020 eine gesamte Dachfläche von 173.429 m<sup>2</sup> und bis 2030 etwa 260 143 m<sup>2</sup> zur Verfügung.

Kohle spielt im Klimaschutzszenario im Vergleich zum Referenzszenario verständlicherweise über die Zeit betrachtet eine immer geringer werdende Rolle.

### 6.1.3 Best-Practice-Szenario

Im Best-Practice-Szenario werden die in den einzelnen Kategorien der Energieerzeugung und -anwendung optimalen Maßnahmen getroffen, um damit den maximalen Effekt für die Kommune zu erzielen. Dieses Szenario gibt die maximal erreichbaren Ziele vor, ohne jedoch die dabei limitierenden ökologischen und ökonomischen Rahmenbedingungen zu beachten.

**Abbildung 110: Best-Practice-Szenario: Endenergieverbrauch in Neuburg bis 2030**



Quelle: Eigene Darstellung

Dementsprechend sind die Photovoltaikflächen auf den maximal möglichen Flächenumfang ausgedehnt worden. Dies betrifft sowohl die Dachflächen in Neuburg, als auch die Freiflächen entlang der Bahnlinie. Somit lassen sich in der Endausbaustufe zum Zeitpunkt 2030 insgesamt ca. 90.932 MWh an Solarstrom erzeugen. Die Biogasanlagen werden über weitere Schritte zur Effizienzsteigerung von 2020 bis 2030 ihre Stromerzeugung per anno verdoppeln. Durch den Ausbau des Windparks am Hainberg kann bis 2030 mit weiteren 32.700 MWh pro Jahr an Stromerzeugung gerechnet werden, sofern die bislang geltenden Rahmenbedingungen und Einschränkungen bis dahin entfallen sollten.

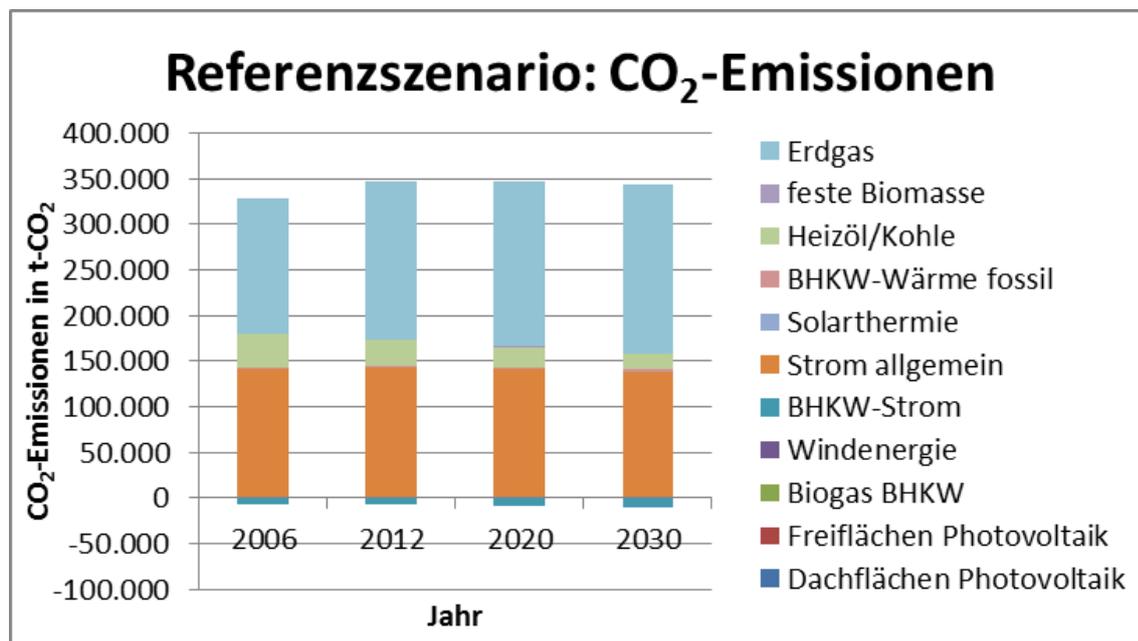
Bemerkenswert ist der dann drastische Rückgang im Verbrauch konventionellen Stromes aus dem deutschen Strommix auf nur noch ca. 7.180 MWh/a in 2030 von vorher 230.778 MWh in 2006. Dies wäre das maximal mögliche Szenario für Neuburg. Im Wärmebereich steigt die Endenergie aus der Kraft-Wärme-Kopplung auf ca. 126.500 MWh an. Dies und der starke Ausbau der Solarthermie tragen zu einem Rückgang der Nachfrage nach Heizöl bei. Beim Erdgasabsatz werden zunehmend größere Anteile des Verbrauchs über Erdgas BHKW in KWK-Lösung erfolgen.

## 6.2 CO<sub>2</sub>-Bilanz mit Prognose (2006, 2012, 2020, 2030)

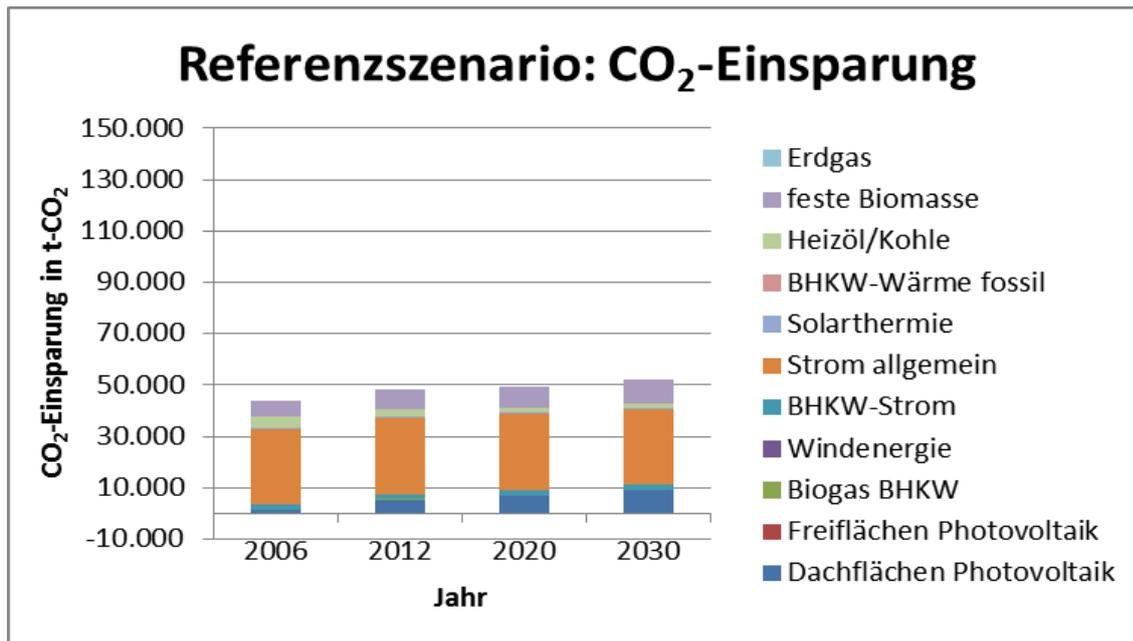
### 6.2.1 Referenzszenario

Bereits mit dem sehr realistischen Referenzszenario kann in Neuburg eine beträchtliche Einsparung an Kohlendioxid erreicht werden. Dieser Effekt ist vor allem der Tatsache zu verdanken, dass sich die CO<sub>2</sub> - Emissionen des deutschen Strommix in der Zeitspanne von 2006 bis 2012 beträchtlich verbessert haben und sich bis 2030 noch weiter verbessern werden. Hierbei wurden die Werte von 2012 zugrunde gelegt. Darüber hinaus wird die Photovoltaik auf den Dachflächen konsequent weiter ausgebaut.

Abbildung 111: Referenz-Szenario: CO<sub>2</sub>-Emissionen in Neuburg bis 2030



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 112: Referenz-Szenario: CO<sub>2</sub>-Einsparung in Neuburg bis 2030

Quelle: Eigene Darstellung

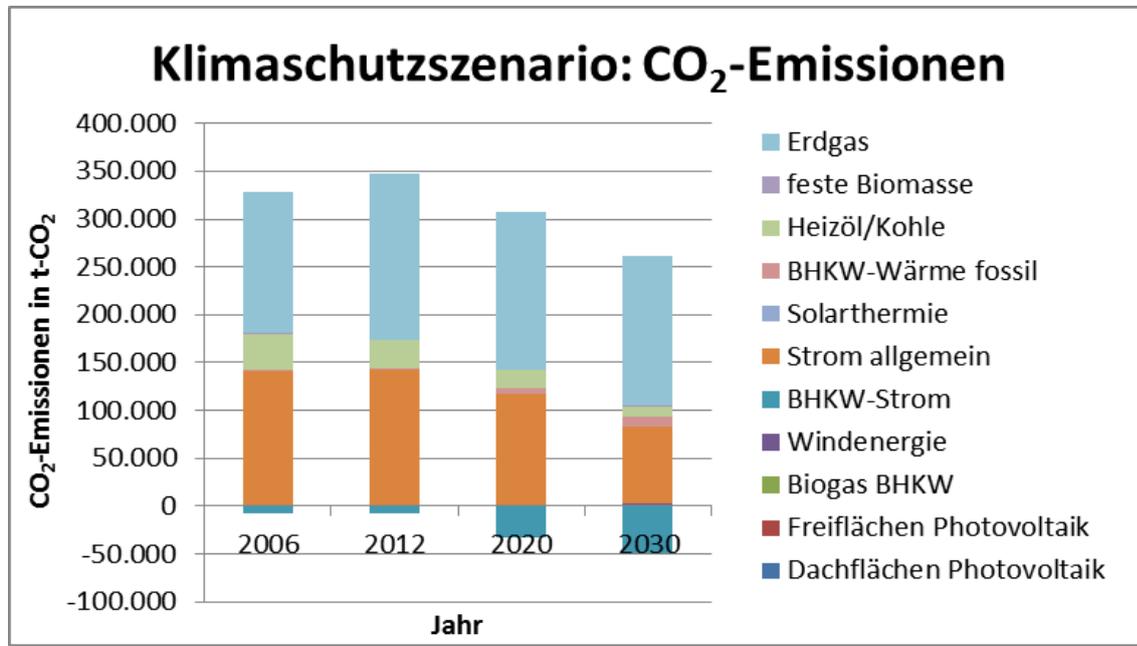
Auch der verstärkte Einsatz von Erdgas in KWK in Blockheizkraftwerken trägt seinen Teil zu Verbesserung der CO<sub>2</sub> – Bilanz bei.

Somit werden in Neuburg final im Jahr 2030 insgesamt 51.873 t CO<sub>2</sub> – Emissionen bereits bei Verfolgung der Referenzstrategie eingespart.

### 6.2.2 Klimaschutzszenario

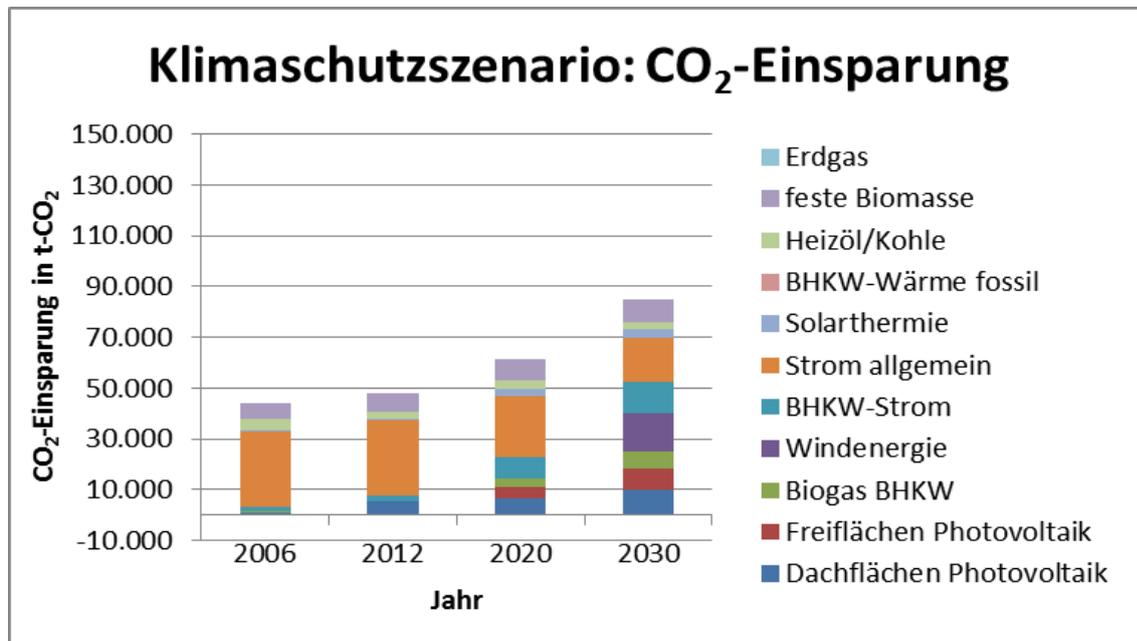
Verfolgt die Stadt Neuburg künftig die ambitionierte Klimaschutzstrategie, dann wird bereits im Jahr 2020 eine größere Menge an CO<sub>2</sub> eingespart als im Referenzszenario erst 10 Jahre später erreicht werden kann.

Abbildung 113: Klimaschutzszenario: CO<sub>2</sub>-Emissionen in Neuburg bis 2030



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 114: Klimaschutzszenario: CO<sub>2</sub>-Einsparung in Neuburg bis 2030



Quelle: Eigene Darstellung

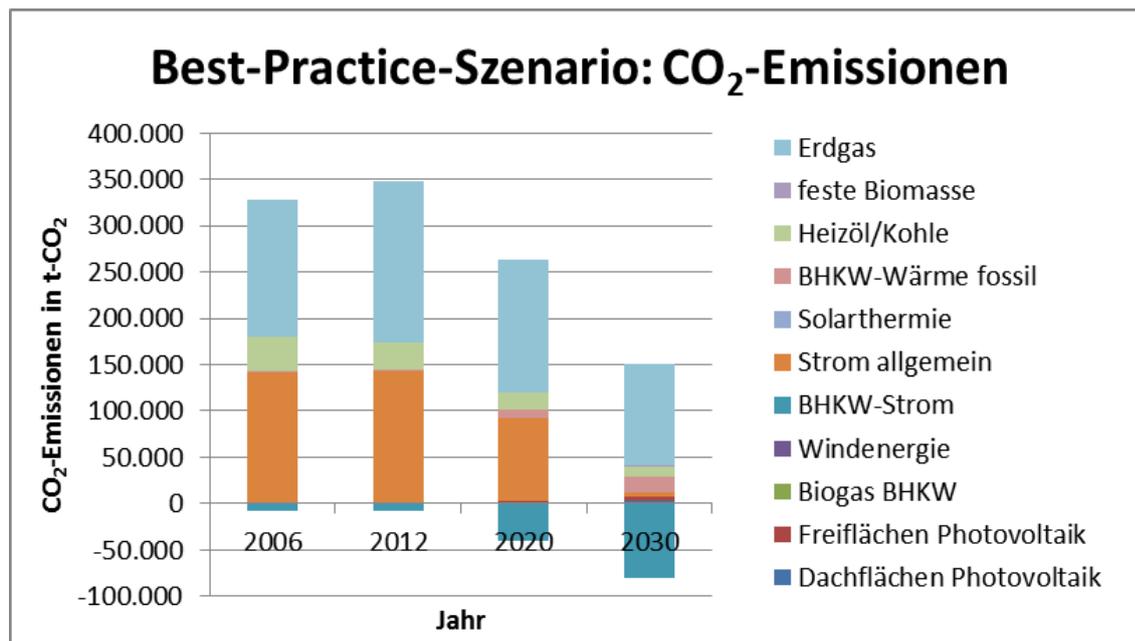
Bis zum Jahr 2030 können mit dieser Strategie, unter Nutzung möglichst CO<sub>2</sub> - armer Verfahren der Energiebereitstellung, insgesamt 84.912 t Kohlenstoffdioxid eingespart werden. Dieser enorme Effekt ist neben einem sehr großen Beitrag durch die Verringerung der CO<sub>2</sub> -Emissionen des deutschen

Strommix in der Zeitspanne von 2006 bis 2030 auch durch die Nutzung sämtlicher zur Verfügung stehender Optionen der verschiedenen Verfahren der Energiebereitstellung zur Einsparung von CO<sub>2</sub> erreicht worden. Besonders der Ausbau der Windenergie, der Photovoltaik auf Dach- aber auch auf Freiflächen, der Zubau von Biogasanlagen und die Forcierung der Kraft-Wärme-Kopplung schlagen mit großen Potentialen zu Buche. Die regenerativen Energiequellen sind hierbei für etwa 40.161 t nicht emittiertes Kohlenstoffdioxid verantwortlich.

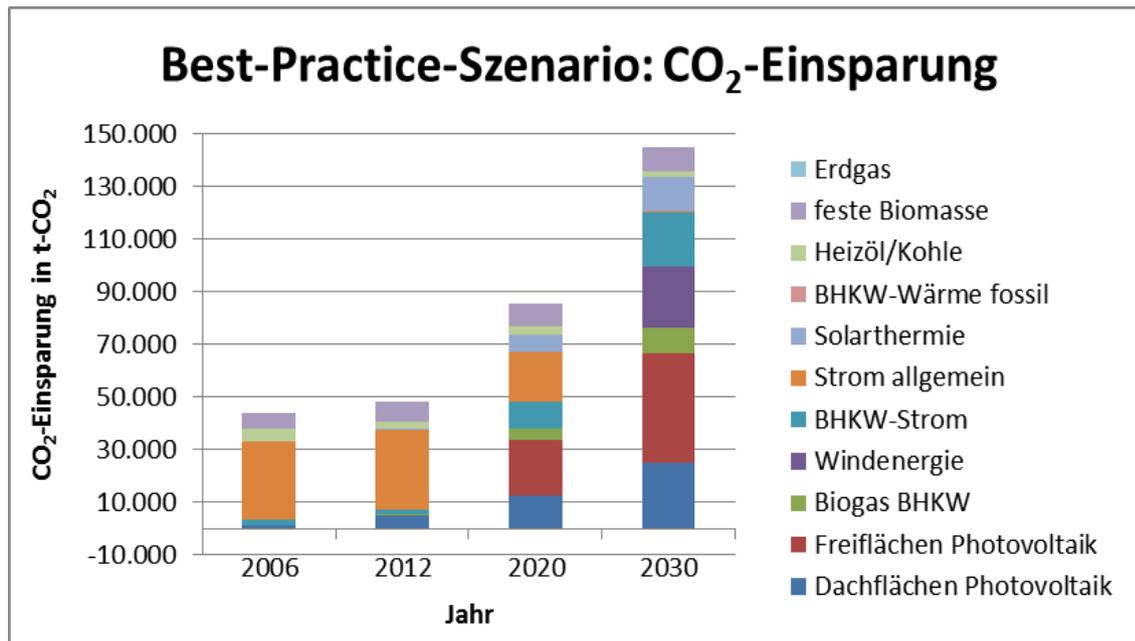
### 6.2.3 Best-Practice-Szenario

Nach einer Umsetzung aller möglichen Technologien zur Steigerung der Effizienz der Energieträger hinsichtlich einer Minimierung der CO<sub>2</sub> Emissionen ergeben sich für die gesamte Stadt Neuburg CO<sub>2</sub>–Einsparungspotentiale für das Jahr 2030 von 145.020 t pro Jahr. Bereits im Jahr 2020 werden demnach 85.289 t Kohlenstoffdioxid nicht in die Atmosphäre entlassen, die bei konventionellen fossilen Energieträgern unvermeidlich gewesen wären. Die Summe an CO<sub>2</sub>-Emissionen für Neuburg an der Donau beträgt demnach im Jahr 2030 nur noch 69.354 t-CO<sub>2</sub>.

**Abbildung 115: Best-Practice-Szenario: CO<sub>2</sub>-Emissionen in Neuburg bis 2030**



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 116: Best-Practice-Szenario: CO<sub>2</sub>-Einsparung in Neuburg bis 2030

Quelle: Eigene Darstellung

Die gewichtigsten Beiträge zur CO<sub>2</sub> - Einsparung kommen hierbei von der mit Photovoltaik bestückten Freifläche entlang der Bahnlinie (41.820 t/a), von der Photovoltaik auf den Dachflächen Neuburgs (25.045 t/a), von der Windenergie auf dem Hainberg (22.927 t/a) und von dem Betrieb von BHKW in Kraft-Wärme-Kopplung (20.450 t/a). Die Beiträge der Solarthermie (12.640 t/a) und der Biogastechnologie (9.587 t/a) sind zwar im Vergleich dazu deutlich geringer, sie sollten aber dennoch nicht bei der Gesamtbetrachtung außer Acht gelassen werden.

## 6.2.4 Gegenüberstellung Endenergie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz

Folgende Tabelle zeigt für alle drei Szenarien die mögliche Entwicklung in der Endenergie und den CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2030. Auch im Klimaschutz- bzw. Best-Practice-Szenario wird der Endenergieverbrauch nur geringfügig reduziert, obwohl verbrauchsrelevante Maßnahmen getroffen werden. Dies ist hauptsächlich durch den überproportionalen Anteil der Industrie am Endenergieverbrauch und einem überdurchschnittlichen Bevölkerungszuwachs begründet. Auch ist deutlich zu erkennen, dass bei dem aktuellen Trend (Referenzszenario) der absolute CO<sub>2</sub>-Ausstoß ab 2012 nur geringfügig sinkt. Durch den verstärkten Ausbau der Erneuerbaren Energien ist beim Klimaschutz- und Best-Practice-Szenario eine deutlich höhere CO<sub>2</sub>-Einsparung möglich.

**Tabelle 28: Tabellarische Darstellung der Summen an Endenergie und CO<sub>2</sub>-Emissionen**

|                               | 2006          | 2012          | 2020          | 2030          |
|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Referenzszenario</b>       |               |               |               |               |
| Endenergie                    | 1.055.075 MWh | 1.163.593 MWh | 1.180.199 MWh | 1.189.368 MWh |
| CO <sub>2</sub> -Emissionen   | 324.401 t     | 339.862 t     | 338.341 t     | 334.232 t     |
| CO <sub>2</sub> -Einsparungen | 43.851 t      | 48.003 t      | 49.518 t      | 51.873 t      |
| <b>Klimaschutzszenario</b>    |               |               |               |               |
| Endenergie                    | 1.055.075 MWh | 1.163.593 MWh | 1.142.422 MWh | 1.115.421 MWh |
| CO <sub>2</sub> -Emissionen   | 324.401 t     | 339.862 t     | 275.219 t     | 212.689 t     |
| CO <sub>2</sub> -Einsparungen | 43.851 t      | 48.003 t      | 61.243 t      | 84.912 t      |
| <b>Best-Practice-Szenario</b> |               |               |               |               |
| Endenergie                    | 1.055.075 MWh | 1.163.593 MWh | 1.072.224 MWh | 989.991 MWh   |
| CO <sub>2</sub> -Emissionen   | 324.401 t     | 339.862 t     | 222.568 t     | 69.354 t      |
| CO <sub>2</sub> -Einsparungen | 43.851 t      | 48.003 t      | 85.289 t      | 145.020 t     |

Quelle: Eigene Berechnung

**Das Energie-Leitbild** der Stadt Neuburg strebt eine 30%-ige CO<sub>2</sub>-Reduktion bis 2020 (bezogen auf 2006) an. Dies entspricht einem Rückgang von 97.320 t auf **227.081 t CO<sub>2</sub>-Emissionen in 2020**. Unter Berücksichtigung des Best-Practice-Szenarios wären diese Ziele bis 2020 erreichbar, beim Klimaschutzszenario ist das Ziel erst bis 2030 unterschritten.

## 7 Maßnahmen

### 7.1 Untersuchung vorhandener KWK-Technologien auf Effizienzpotenziale

Im Rahmen des Energienutzungsplans für die Stadt Neuburg ist vor allem das Thema Fernwärme sehr wichtig. Die Stadtwerke Neuburg bauen diesbezügliche Aktivitäten deutlich aus. Dabei wird auch die Nutzung der industriellen Abwärme eine wichtige Rolle spielen.

Neben diesen zentralen, größeren Netzen ist auch der Ausbau von kleineren Wärmenetzen sehr sinnvoll. In diesen Netzen können innovative Systeme mit Erneuerbaren Energien oder Hocheffizienz-techniken (z.B. Kraft-Wärme-Kopplung) besser zum Einsatz kommen. Im Energienutzungsplan wurden daher mehrere Möglichkeiten für Wärmenetze mit Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) untersucht. Dabei handelt es sich Vorkonzeptstudien, die die Rahmenbedingungen grundsätzlich analysieren und deren Einsatzmöglichkeiten darstellen. Im Rahmen des Energienutzungsplans sind drei Gebiete/Anwendungsfälle untersucht worden, sodass insgesamt ein guter Überblick über den Einsatz der KWK-Technologie für die Stadt Neuburg vorliegt:

1. **KWK im Parkbad**
2. **KWK in der Krautgasse und**
3. **Mikro KWK Satorius**

In den drei Anwendungsfällen werden die technischen, ökologischen und ökonomischen Gegebenheiten grob analysiert und Hinweise für die grundsätzliche Anwendung dieser Technologie gegeben. Sie ist vor allem dort sinnvoll, wo hohe Wärmedichten vorliegen und das zentrale Netz der Stadtwerke nicht zum Einsatz kommen kann. Für alle weiteren Überlegungen zum Einsatz dieser Technologie in neuen Arealen kann auf diese Analysen zurückgegriffen und entsprechende Schlussfolgerungen gezogen werden.

#### 7.1.1 KWK - Technische, ökologische und ökonomische Rahmenbedingungen

Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung kombinieren die Strom- mit der Wärmeenergieerzeugung und nutzen den eingesetzten Primärenergieträger (z.B. Erdgas) mit bis zu 90%. Im Parkbad sind aktuell KWK-Anlagen auf Basis eines Erdgasmotors im Einsatz. Diese Anlagen werden auch als Blockheizkraftwerke (BHKW) bezeichnet. Weitere KWK-Anlagen sind zum Beispiel Gas- und Dampfturbinen, Stirlingmotoren oder Brennstoffzellen.

Durch die hohe Effizienz der Energieausnutzung und der Koppelproduktion von Strom und Wärme trägt die Kraft-Wärme-Kopplung wesentlich zur Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland bei, da unser aktueller Kraftwerkspark noch hohe Anteile von Braun- und Steinkohlekraftwerken aufweist. Jeder Kilowattstunde elektrischer Energie kann daher eine CO<sub>2</sub>-Gutschrift in Höhe von 830 Gramm zugewiesen werden.

Daher wurde von der Bundesregierung beschlossen, den Anteil des KWK-Stroms von derzeit ca. 16% auf 25% im Jahr 2020 auszubauen. Entsprechende Förderprogramme und Gesetze wurden geschaffen, um diesen Ausbau voranzubringen. Wesentliche Gesetze sind dabei das KWK-Gesetz für fossil

betriebene Anlagen und das Erneuerbare Energien Gesetz bei erneuerbaren Energieträgern. Dieses Gesetz hatte allerdings vor kurzem eine Modifikation bezüglich der Umlagepflicht bei eigengenutztem Strom erfahren. Im Rahmen der Analyse des Parkbades sind nur die kommunalen Liegenschaften interessant, da eine Versorgung der Privatgebäude keine Eigenstromversorgung zur Folge hat.

Des Weiteren wird hocheffizienten KWK-Anlagen bis zwei Megawatt die volle Energiesteuer zurück-erstattet. Für alle Varianten der im Gebiet vorgesehenen Erdgas-KWK-Anlage ist das KWK-Gesetz und die Energiesteuerrückerstattung relevant. Im Folgenden wird die Berechnung des KWK-Gesetzes genauer dargestellt. Diese Berechnung ist allerdings sehr komplex und kann im Rahmen dieser Vor-untersuchung nicht final dargestellt werden.

Das KWK-Gesetz, mit der letzten Novellierung aus 2012, enthält folgende Vergütungssätze für Anlagen in der hier vorgesehenen Größe:

**Tabelle 29: Vergütung KWK-Gesetz der hier relevanten Anlagengrößen**

| Leistung                    | Vergütung in Ct/kWh <sub>el</sub> |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| Bis 50 kW                   | 5,41                              |
| Bis 250 kW                  | 4,00                              |
| Über 250 kW bis<br>2.000 kW | 2,4                               |

Quelle: KWK-Gesetz

Die Vergütung wird für Anlagen bis 50 kW<sub>el</sub> entweder 10 Jahre oder 30.000 Vollbenutzungsstunden gezahlt. Für die hier eingesetzten Anlagen sind die 30.000 Volllaststunden anzusetzen.

Des Weiteren ist die Rückerstattung der Energiesteuer in Höhe von 0,55 Ct/kWh zu berücksichtigen, wenn das Effizienzkriterium erfüllt und die Abschreibungszeit (i.d.R. 10 Jahre) noch nicht abgeschlossen ist. Nach Ablauf der Abschreibungszeit und bei Erfüllen des Effizienzkriteriums wird die Rückerstattung für das Parkbad auf 0,442 Ct/kWh reduziert.

Wenn der überschüssige Strom der KWK-Anlage(n) in das Netz der Stadtwerke Neuburg eingespeist wird, kann dies auf unterschiedliche Weise geschehen. So kann zum Beispiel für Anlagen bis 2 MW<sub>el</sub> ein üblicher Preis zugrunde gelegt werden, der sich aufgrund des letzten Quartalspreises an der Strombörse in Leipzig orientiert. Legt man einen Durchschnitt über die letzten sechs Quartalspreise, ergibt sich ein üblicher Preis in Höhe von 3,6 Cent/kWh<sub>el</sub>. Zusätzlich zu diesem Preis werden die Vergütung nach obiger Tabelle und ein Betrag für vermiedene Netznutzung gezahlt. Letzteres ist verhandelbar.

Grundsätzlich kann der KWK-Betreiber seine Einspeisevergütung auch frei verhandeln.

## 7.1.2 Untersuchung 1: KWK-Parkbad

### 7.1.2.1 Rahmenbedingungen/Einleitung KWK Parkbad

Die Studie stellt die ökonomischen und ökologischen Auswirkungen dieser Versorgungsvarianten dar und vergleicht diese miteinander. Als Grundlage für die KWK-Auslegung wurden Werte der Stadtwerke Neuburg und des f10 verwendet.

Aufgrund der aktuellen Gesetzesänderung im Rahmen der Erneuerbaren Energien Gesetz (EEG) Novelle und der damit einhergehenden Veränderung bezüglich der EEG-Umlage für selbstgenutzten Strom konnte mit der Analyse erst im Juli 2014 begonnen werden. Folgende Änderungen sind im EEG nun beschlossen worden, wobei Bestandsanlagen (Anlagen, die vor 01.08.2014 im Dauerbetrieb genommen wurden) von dieser Regelung befreit sind:

- KWK-Anlagen, die ab dem 01.08.2014 in Betrieb gehen, zahlen für 2014 30% EEG-Umlage, für 2015 35% und für 2016 40%.
- Anlagen, die ab 01.01.2015 in Betrieb gehen, zahlen für 2015 35% und für 2016 40% EEG-Umlage.
- Anlagen, die ab 01.01.2016 in Betrieb gehen, zahlen 40% EEG-Umlage

Ab 2017 wird die Umlage für selbst genutzten Strom neu bestimmt.

Die Untersuchung vergleicht die derzeitige Versorgung, in der mehrere kommunale Liegenschaften mit zwei KWK-Anlagen im Parkbad versorgt werden, mit einer neuen Versorgungslösung inklusive zweier großer Gebäudekomplexe mit privater Nutzung. Da beide KWK-Anlagen vor 01.08.2014 im Dauerbetrieb waren, ist keine EEG-Umlage für den selbst genutzten Strom zu entrichten.

Die Berechnungen erfolgen auf Grundlage einer preisdynamischen Annuitätenformel für die variablen Kosten und der dynamischen Annuitätenmethode nach VDI 2067 für die notwendigen Investitionen.

### 7.1.2.2 Untersuchte Varianten für das Parkbad

Aus der Heizzentrale im Parkbad werden bereits heute über zwei Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen verschiedene Gebäude mit Wärme versorgt. Seit 2013 erfolgt die Stromversorgung „ortsnahe“ kommunaler Liegenschaften. Dies ist aus ökonomischer Sicht anzuraten und wird in die Überlegungen mit einbezogen.

Die vorliegende Grobstudie dient zur ersten Darstellung der grundsätzlichen technischen, ökonomischen und ökologischen Auswirkungen dieser Überlegung. Als Energieträger für die zum Einsatz kommende KWK-Anlage wird Erdgas zugrunde gelegt. Theoretisch besteht die Möglichkeit, dass über den virtuellen Bezug von Bioerdgas ein Betrieb nach Erneuerbaren Energien Gesetz stattfindet.

Für die Studie werden somit insgesamt zwei Varianten untersucht:

- Basisvariante, Wärmebereitstellung durch Erdgaskessel und zwei bestehende KWK-Anlagen mit je 210 kW<sub>el</sub> und 344 kW<sub>th</sub>, Strombezug komplett vom Netz;
- Erweiterungsvariante: Bestehende Versorgung Parkbad, Erweiterung der Wärmeversorgung mit zwei großen Wohnblocks, Ergänzung der Basisvariante durch eine Erdgas KWK-Anlage mit 600 kW<sub>el</sub> und 654 kW<sub>th</sub>. Erdgas-Spitzenkessel, Eigenstromoptimierung im kommunalen Bereich und Bezug aus Stromnetz für Privatverbraucher;

Es wurden real existierende KWK-Anlagen zugrunde gelegt, was allerdings keine Vorentscheidung für diese Module bedeutet. Daher sind die Module auch nicht mit Herstellerangaben aufgelistet. Bei Bedarf kann dieses gerne nachgereicht werden. Wichtig für die finale Entscheidung ist nur die Kombination von Modulen der angegebenen Größenordnung. Die Wahl des Herstellers kann durch den Planer frei erfolgen. Die folgende Tabelle stellt die unterschiedlichen KWK-Anlagen und deren wichtigsten Leistungsdaten dar:

**Tabelle 30: Gegenüberstellung der Kennwerte der KWK Anlagen**

| Lieferant                    |                  | KWK Anlagen          |                  |
|------------------------------|------------------|----------------------|------------------|
|                              |                  | 1<br>(2x im Bestand) | 2<br>Erweiterung |
| Elektrische Leistung         | kW <sub>el</sub> | 210                  | 600              |
| Thermische Leistung          | kW <sub>th</sub> | 344                  | 654              |
| Primärenergie                | kW <sub>pe</sub> | 600                  | 1.430            |
| Stromkennziffer <sup>6</sup> |                  | 0,61                 | 0,91             |
| Wirkungsgrad                 | η in %           | 0,92                 | 0,88             |

Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung

Der Vergleich in obiger Tabelle zeigt, dass der Wirkungsgrad der Maschinen bei geringer Stromkennziffer besser ist als bei hoher Stromkennziffer. Da allerdings in der Auswertung die Bereitstellung von elektrischer Energie eine hohe ökonomische Relevanz für den wirtschaftlichen Betrieb hat, kann ein geringer Wirkungsgrad akzeptiert werden.

Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass die Kosten für den Primärenergieträger Erdgas aktuell gering sind und der Preis für die verdrängte elektrische Energie im kommunalen Bereich sehr hoch ist. Da die Bereitstellung der elektrischen Energie eine Vermeidung von Strombezug vom Netz zur Folge hat, liegt hier ein Vorteil für das zusätzliche 600 kW Modul 2, das mit einer Stromkennziffer von 0,91 einen sehr guten Wert aufweist.

Die KWK-Varianten profitieren dabei von der Einspeisung des Stromes nach KWK-Gesetz, vor allem aber davon, dass sie Strom für kommunale Liegenschaften im Parkbad bereitstellen, der dann nicht

<sup>6</sup> Stromkennziffer ist das Verhältnis von elektrischer zu thermischer Leistung der KWK-Anlage.

teuer eingekauft werden muss. Des Weiteren ist der Primärenergieträger Gas für den Einsatz in den KWK-Anlagen günstiger als bei Erdgaskesseln. Folgende Tabelle stellt die Rahmenbedingungen der Einspeisung, Stromverdrängung und Energiekosten zusammen:

**Tabelle 31: Ökonomische Daten Strom/Primärenergie**

|  |        |       |
|--|--------|-------|
| Angenommener Erdgaspreis für den Spitzenkessel | 43,00  | €/MWh |
| Erdgaspreis für die eingesetzten KWK-Anlagen   | 37,50  | €/MWh |
| Bewertung des im Parkbad genutzten KWK-Stroms  | 120,00 | €/MWh |

Quelle: Eigene Berechnungen und Angaben der Stadtwerke Neuburg

Grundlage der Optimierungsrechnungen für den KWK-Einsatz in den beiden Varianten ist eine möglichst hohe Verdrängung des Strombezuges vom Netz durch die eingesetzten KWK-Anlagen bei den kommunalen Liegenschaften. Dies kann aufgrund des begrenzten Umfangs im Rahmen des Energienutzungsplanes nicht detailliert erfolgen, sondern basiert auf pauschalen Ansätzen.

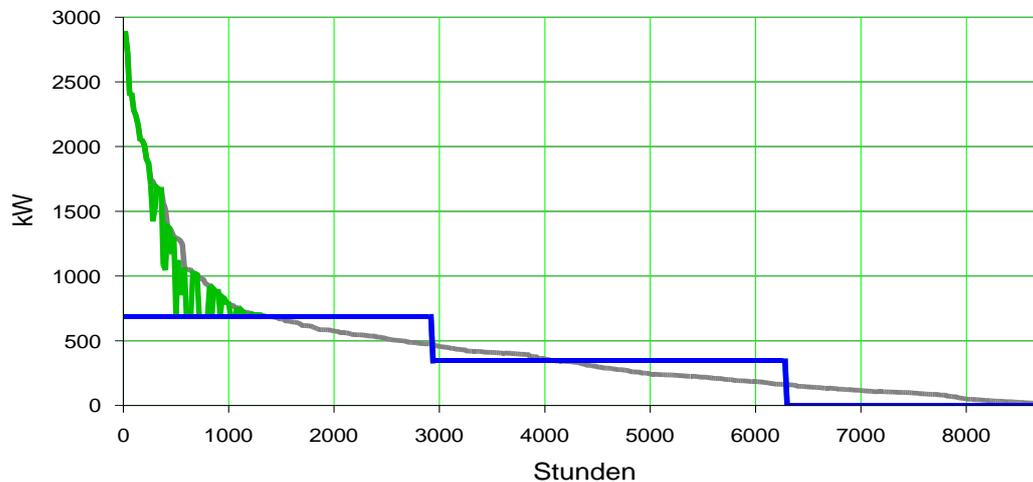
Die Einspeisevergütung für den Anteil der elektrischen Energie, der nicht selbst genutzt werden kann, ist für jede Variante unterschiedlich zu berechnen, da sie anhand der Volllaststunden und der elektrischen Leistung festgelegt wird. Durch einen Korrekturfaktor wird die Vergütung, die nur für 30.000 Volllaststunden gezahlt wird, auf die 12-jährige Betriebszeit der KWK-Anlagen umgerechnet. Die Netzentlastung für Mittelspannungseinspeisung und die EEX-Vergütung für einen Durchschnittswert der letzten sechs Quartale werden ebenfalls berücksichtigt.

### 7.1.2.3 Basisvariante

Als Basisvariante wird die Versorgungssituation im Parkbad herangezogen. Dort sind bereits zwei KWK-Anlagen im Einsatz, die im Jahr 2010 generalüberholt wurden und daher nach Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWK-G) als erneuert gelten und daher weiterbetrieben werden sollten. Nachfolgend wird die existierende Wärmelastkurve dargestellt, die für den derzeitigen Versorgungsfall anzusetzen ist. Sie basiert auf einer Analyse der Verbrauchswerte aus dem Jahr 2013. In der Jahresdauerlinie werden die beiden KWK-Anlagen mit je 210 kW<sub>el</sub> integriert.

Die Laufzeit der einzelnen KWK-Anlagen laut Grafik stimmt nicht mit der Realität überein, da aus Wartungsgründen eine gleichmäßige Lastverteilung auf beide Module erfolgt:

**Abbildung 117: Jahresdauerlinie Basisvariante Parkbad**



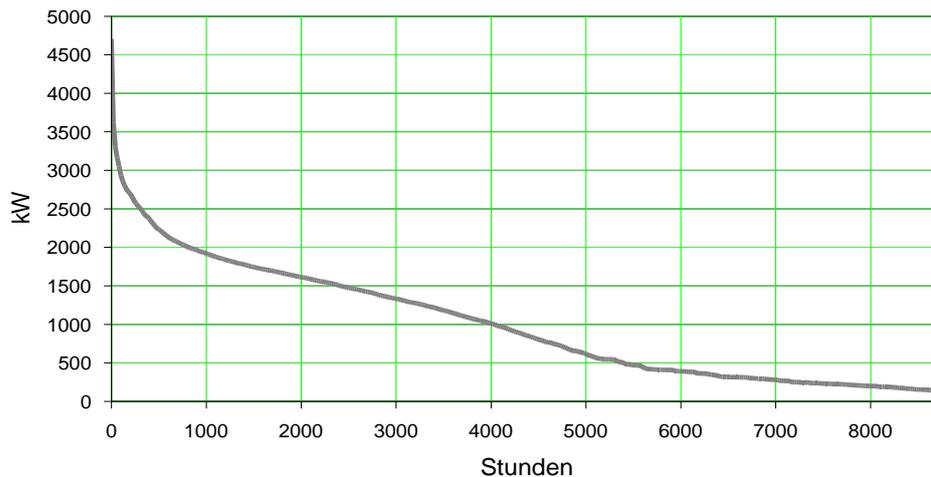
Quelle: Gombis Simulationssoftware

Die grüne Linie zeigt den Betrieb des Spitzenkessels an, der immer dann zum Einsatz kommt, wenn die Leistung der zwei existierenden KWK-Aggregate (blaue Linie) nicht ausreicht. Deutlich zu erkennen ist die abfallende Jahresdauerlinie mit einem maximalen Heizleistungsbedarf von knapp 3.000 Kilowatt (kW). Die KWK-Anlagen stellen an verschiedenen Stunden im Jahr mehr Energie bereit als notwendig, diese wird in einem Wärmespeicher gegeben und bei Bedarf wieder ins Netz zurückgegeben. Dies ist vor allem ab ca. 5.000 Stunden relevant, da dann nur noch ein sehr geringer Verbrauch stattfindet.

### 7.1.2.4 Erweiterungsvariante

Diese Variante geht von einer Neudimensionierung der KWK Anlagen unter Berücksichtigung einer zusätzlichen Wärmesenke aus, die durch zwei große Wohnblocks entsteht. Diese neu anzuschließenden Gebäude weisen nach derzeitiger Erkenntnis einen Wärmeverbrauch in Höhe von 5.000 Megawattstunden pro Jahr (MWh/a) auf, wobei die relevante Jahresdauerlinie sich folgendermaßen darstellt:

**Abbildung 118: Jahresdauerlinie Wärmelast inklusive der Hochhäuser**



Quelle: Gombis Simulationssoftware

Die beiden neuen Hochhäuser haben einen Wärmeverbrauch in Höhe von 5.000 MWh/a. Dabei ist der Raumwärme- und Warmwasserbedarf abgebildet. Somit ergibt sich für die neue Versorgungssituation folgende summarische Darstellung:

**Tabelle 32: Einzelaufstellung des Wärmeverbrauchs aller vorgesehenen Gebäude**

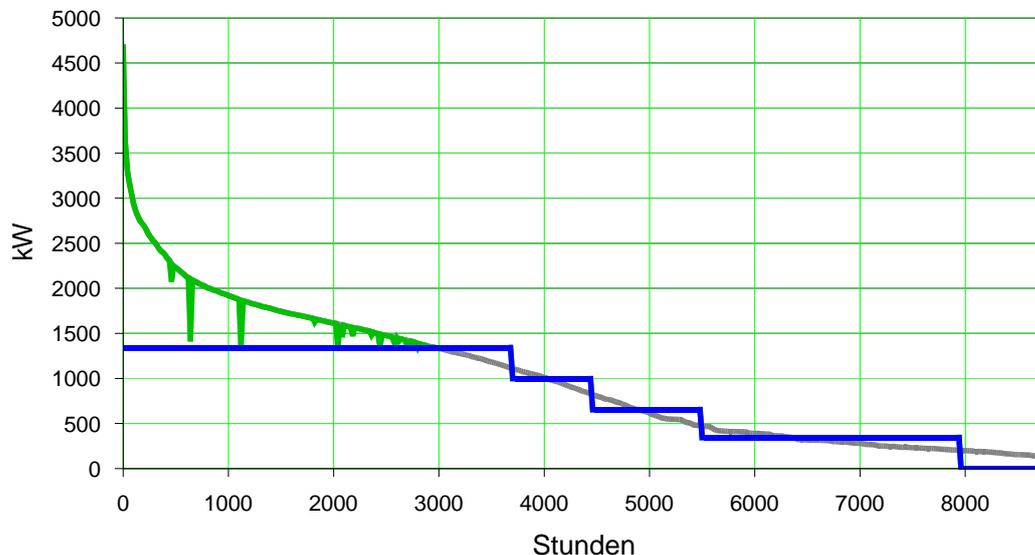
| Gebäude                        | MWh <sub>th</sub> /a |
|--------------------------------|----------------------|
| Parkbad ursprünglich           | 3.745                |
| Hochhäuser zusätzlich          | 5.000                |
| <b>Summe über alle Gebäude</b> | <b>8.745</b>         |

Quelle: Eigene Berechnung

Insgesamt können somit über das neu zu errichtende Nahwärmenetz maximal 8.745 MWh/a an Wärmeverbrauch für die KWK-Auslegung zugrunde gelegt werden. Auf Grundlage dieser Zahlen und der Charakteristik der Jahresdauerlinie der Basisvariante und der zusätzlichen Wohnblocks ergibt sich die Basis für die Auslegung der neuen KWK-Anlage(n). Dabei werden die beiden existierenden KWK-Anlagen mit je 210 kW<sub>el</sub> nicht ersetzt.

Folgende Jahresdauerlinie inklusive neuer KWK-Anlage ist das Ergebnis der Optimierungsrechnung:

**Abbildung 119: Jahresdauerlinie Erweiterungsvariante inkl. KWK-Anlagen**



Quelle: Gombis Simulationssoftware

Deutlich zu erkennen ist die abfallende Jahresdauerlinie mit einem maximalen Heizleistungsbedarf von 4,75 MW. Die grüne Linie zeigt den Betrieb des Spitzenkessels an, der immer dann zum Einsatz kommt, wenn die Leistung der drei KWK-Aggregate (blaue Linien) nicht ausreicht. Für ca. 3.700 Stunden im Jahr können alle drei Aggregate mit einer thermischen Gesamtleistung von 1.342 kW (je zwei Anlagen mit 344 kW und eine Anlage mit 654 kW) betrieben werden. Danach schalten sich in unterschiedlichen Stufen einzelne KWK-Anlagen ab, bis knapp unter 8.000 h/a auch das letzte KWK-Modul mit 344 kW nicht mehr betrieben werden kann.

Die grünen Ausschläge nach unten (bei ca. 1.000h/a und über 2.000h/a) stellen die Auswirkungen des ebenfalls in der Gesamtkonfiguration dargestellten Speichers dar, der teilweise die Wärme aus den KWK-Anlagen aufnimmt und bei Bedarf wieder an die Verbraucher abgibt. Das Speichervolumen wird dabei mit 700 kWh angesetzt, was bei einer Temperaturdifferenz von 50°C einem Speichervolumen in Höhe von 13m<sup>3</sup> entspricht. Dadurch wird der Spitzenkessel (grün) kurzzeitig in der Leistungsabgabe reduziert.

Insgesamt werden durch die KWK-Anlagen über 5.500 MWh elektrische Energie bereitgestellt. Eine sehr wichtige Rahmenbedingung ist die Frage, welchen Anteil der von den KWK-Anlagen bereitgestellten elektrischen Energie in „ortsnahen“ kommunalen Liegenschaften rund um den Ludwig-Thoma Platz (KWK-Standort) genutzt werden kann. Diese Eigennutzung ist deutlich attraktiver als das Einspeisen nach KWK-Gesetz. Allerdings ist es im Rahmen der Untersuchung des Energienutzungsplanes nicht möglich, diese Werte detailliert aufzunehmen und darzustellen. Daher wird in der Studie vereinfachend davon ausgegangen, dass 60% der KWK-Strombereitstellung „ortsnah“ in kommunalen Liegenschaften genutzt werden kann.

Der Rest wird nach KWK-G in das Netz der Stadtwerke eingespeist. Somit können 3.300 MWh elektrische Energie in der Wirtschaftlichkeitsrechnung als Eigenstromverdrängung angesetzt werden. Grundsätzlich kann auch von einer höheren Quote ausgegangen werden, da der Begriff ortsnah in

Neuburg alle kommunalen Liegenschaften umfassen dürfte. In Zukunft ist geplant, Abwärme aus zwei Industriearealen zu nutzen. Die Abwärme steht kostengünstig zur Verfügung, allerdings kann damit keine Eigenstromnutzung in den kommunalen Liegenschaften erzielt werden. Daher ist im Einzelfall ein Wirtschaftlichkeitsvergleich durchzuführen.

Unter der getroffenen Annahme werden die restlichen 2.200 MWh elektrische Energie ins Netz eingespeist. Hierfür ergibt sich folgende Einspeisevergütung:

**Tabelle 33: Vergütungssätze nach KWK-Gesetz Erweiterungsvariante**

| Ins Netz eingespeister Strom in MWh/a | Vergütung je MWh |
|---------------------------------------|------------------|
| 2.200                                 | 55,00            |

Quelle: Eigene Berechnung

Rechnet man die Vergütungssätze nach KWK-Gesetz zusammen, erhält der Betreiber der KWK-Anlage je eingespeister Megawattstunde einen Betrag in Höhe von 55 €. Dieser Betrag setzt sich wie folgt zusammen:

|   |                            |
|---|----------------------------|
| Zuschlag nach KWK-Gesetz:<br>(anteilige Berechnung für gesamten Zeitraum) | 13,4 €/MWh                 |
| Zuschlag nach üblichem Preis:   | 36,6 €/MWh                 |
| Zuschlag für vermiedene Netznutzungsentgelte:                             | 5,0 €/MWh (Mittelspannung) |

In Summe ergibt sich demnach eine Vergütung in Höhe von 55 €/MWh.

Nachfolgend erfolgt eine erste überschlägige Darstellung der einzelnen Investitionen und Kostenbestandteile:

**Tabelle 34: Investitionen und Kosten Erweiterungsvariante**

| <b>KWK-Anlage Parkbad nach Neuanschluß zweier Hochhäuser</b>              |                |              |          |                    |
|---|----------------|--------------|----------|--------------------|
| <b>Gesamte Investitionen abzüglich der zu erwartenden Förderzuschüsse</b> |                | Zeit in<br>a | Annuität | Kosten pro<br>Jahr |
| Investition in BHKW 600 kWel  | 295.000        | 12           | 0,1035   | 30.528 €/a         |
| Technische Installation   | 28.500         | 12           | 0,1035   | 2.949 €/a          |
| Einbindung in vorhandenes System  | 36.000         | 12           | 0,1035   | 3.725 €/a          |
| Projektentwicklung  | 26.963         | 12           | 0,1035   | 2.790 €/a          |
| Unvorhergesehenes   | 26.963         | 12           | 0,1035   | 2.790 €/a          |
| Abzüglich Förderung   | 0              | 30           | 0,0544   | 0 €/a              |
| <b>Gesamte Investitionen und Kosten</b>                                   | <b>413.425</b> |              |          | <b>42.783 €/a</b>  |
| <b>Gesamte Jahreskosten ohne Sensitivitätsanalyse der Preissteigerung</b> |                |              |          |                    |
| Kapitalkosten   |                |              |          | 42.800 €/a         |
| Vollwartungsvertrag KWK, 9,2€ je MWh bei 5.500 MWh/a                      |                |              |          | 50.600 €/a         |
| Betriebsgebundene Kosten  |                |              |          | 25.000 €/a         |
| KWK-Einspeisung in MWh/a Rest 2.200 MWh/a                                 | 55,00 €/MWh    |              |          | -121.000 €/a       |
| KWK-Vergütung für eigengenutzten Strom, 3.300 MWh/a                       | 120,00 €/MWh   |              |          | -396.000 €/a       |
| KWK-Erdgasverbrauch 14.220 MWh/a  | 37,50 €/MWh    |              |          | 533.250 €/a        |
| Spitzenkessel Erdgasverbrauch 1.680 MWh/a                                 | 43,00 €/MWh    |              |          | 72.240 €/a         |
| <b>Jahresgesamtkosten ohne Preissteigerung</b>                            |                |              |          | <b>206.890 €/a</b> |
| <b>Gesamte Jahreskosten mit Sensitivitätsanalyse der Preissteigerung</b>  |                |              |          |                    |
| Kapitalkosten   |                |              |          | 42.800 €/a         |
| Vollwartungsvertrag KWK, 9,2€ je MWh bei 5.500 MWh/a                      |                |              |          | 50.600 €/a         |
| Betriebsgebundene Kosten  |                |              |          | 25.000 €/a         |
| KWK-Einspeisung in MWh/a Rest 2.200 MWh/a                                 |                |              |          | -121.000 €/a       |
| KWK-Vergütung für eigengenutzten Strom, 3.300 MWh/a                       |                |              |          | -514.889 €/a       |
| KWK-Erdgasverbrauch 14.220 MWh/a  |                |              |          | 657.077 €/a        |
| Spitzenkessel Erdgasverbrauch 1.680 MWh/a                                 |                |              |          | 89.015 €/a         |
| <b>Jahresgesamtkosten mit Preissteigerung</b>                             |                |              |          | <b>228.603 €/a</b> |

Quelle: Eigene Berechnung

Insgesamt ergeben sich Strom- und Gaskosten in Höhe von 206.890 € ohne Berücksichtigung der Preissteigerung und 228.603 € mit Berücksichtigung einer Preissteigerung für Strom und Gas. Setzt man einen Wärmeabsatz in Höhe von 8.750 MWh/a voraus, ergeben sich spezifische Wärmekosten in Höhe von 26,12 € inklusive Preissteigerung.

Bei der Preissteigerung wurde mit der preisdynamischen Annuitätenformel gearbeitet und ein jährlicher Preisanstieg von 5% bei Strom und 4% bei Gas (inkl. Netz) angesetzt. Dabei sind die grün markierten Zeilen mit der preisdynamischen Formel berechnet. Alle anderen Zeilen bleiben von der Preiserhöhung unbeeinflusst.

### 7.1.2.5 Ökologische Auswirkungen der zwei Varianten

Der ökologische Vorteil der Erdgas-KWK-Anlagen besteht aus zwei Komponenten. Der eingespeiste Strom führt zu einer CO<sub>2</sub>-Gutschrift, da in einem fossilen Kraftwerk diese Strommenge nicht bereitgestellt werden muss. Dies wird mit 830 gr./kWh<sub>el</sub><sup>7</sup> bewertet. Der in den KWK-Anlagen verwendete Primärenergieträger Erdgas wird mit 230 gr./kWh angesetzt, der vom Netz bereitgestellte Strom mit 580 Gramm pro Kilowattstunde. Folgendes ökologisches Gesamtbild ergibt sich daraus für die beiden Varianten:

**Tabelle 35: Gegenüberstellung der ökologischen Auswirkungen**

|                      | CO <sub>2</sub> -Emissionen<br>Tonnen pro Jahr | Gas in MWh/a | KWK-Strom in MWh/a |
|----------------------|--|--------------|--------------------|
| Basisvariante        | -284   | 6.342        | 2.100              |
| Erweiterungsvariante | -908   | 15.900       | 5.500              |

Quelle: Eigene Berechnung

Es ist deutlich der ökologische Vorteil der KWK Varianten mit dem größeren Wärmeverbund zu erkennen. Beide Varianten führen unter Berücksichtigung des Gasverbrauchs und der Stromeinspeisung zu negativen CO<sub>2</sub>-Emissionen. Die Erweiterungsvariante weist aber mit -908 Tonnen pro Jahr einen deutlich besseren Wert auf. Dies liegt an der höheren Stromeinspeisung und CO<sub>2</sub>-Gutschrift für diese Variante, da die zusätzliche Wärmesenke der beiden Hochhäuser eine Steigerung der KWK-Strombereitstellung ermöglicht.

Da der ökologische Vorteil einer KWK-Versorgung auf der Gutschrift des KWK-Stroms basiert, ist die Frage relevant, ob dieser Vorteil im Laufe der Jahre durch die Energiewende verringert wird. Davon ist zwar auszugehen, da der Ausbau der Erneuerbaren Energien deutlich zunehmen wird und damit der verdrängte Strom im Netz immer „sauberer“ wird. Dies ist aber eine mittel- bis langfristige Tendenz, die sich innerhalb des hier betrachteten Zeitraums von 12-15 Jahren nicht auswirken wird.

<sup>7</sup> Mittellaststrom nach GEMIS

### 7.1.3 Untersuchung 2: KWK-Krautgasse

Die Stadtwerke Neuburg betreiben ein BHKW, welches für die Produktvorwärmung in einer Erdgas-Druckminderungsstation in Neuburg-Süd (Krautgasse) eingesetzt wird. Die Studie stellt die ökonomischen und ökologischen Auswirkungen möglicher ausgewählter Maßnahmen der Effizienzsteigerung dar und vergleicht diese miteinander. Die hierfür verwendeten Werte wurden durch die Stadtwerke Neuburg/Do bereitgestellt. Das mit Erdgas betriebene BHKW wurde mit 180 kW<sub>el</sub> und 233 kW<sub>th</sub> in der Planung so dimensioniert, dass die gesamte ausgekoppelte Wärmemenge für die Produktvorwärmung Verwendung findet, im Betrieb wurde sogar festgestellt, dass im Winter noch extern zugeheizt werden musste.

Die Stromeinspeisung erfolgte seit der Inbetriebnahme (IBN) zum 01.01.2010 gemäß dem Kraft-Wärme-Koppelungs-Gesetz (KWK-G), im Jahr 2009 fand lediglich ein Probetrieb mit teilweise langfristigen Stillstandsphasen statt.

**Tabelle 36: Bestandsdaten der Betriebsjahre 2009 bis 2014**

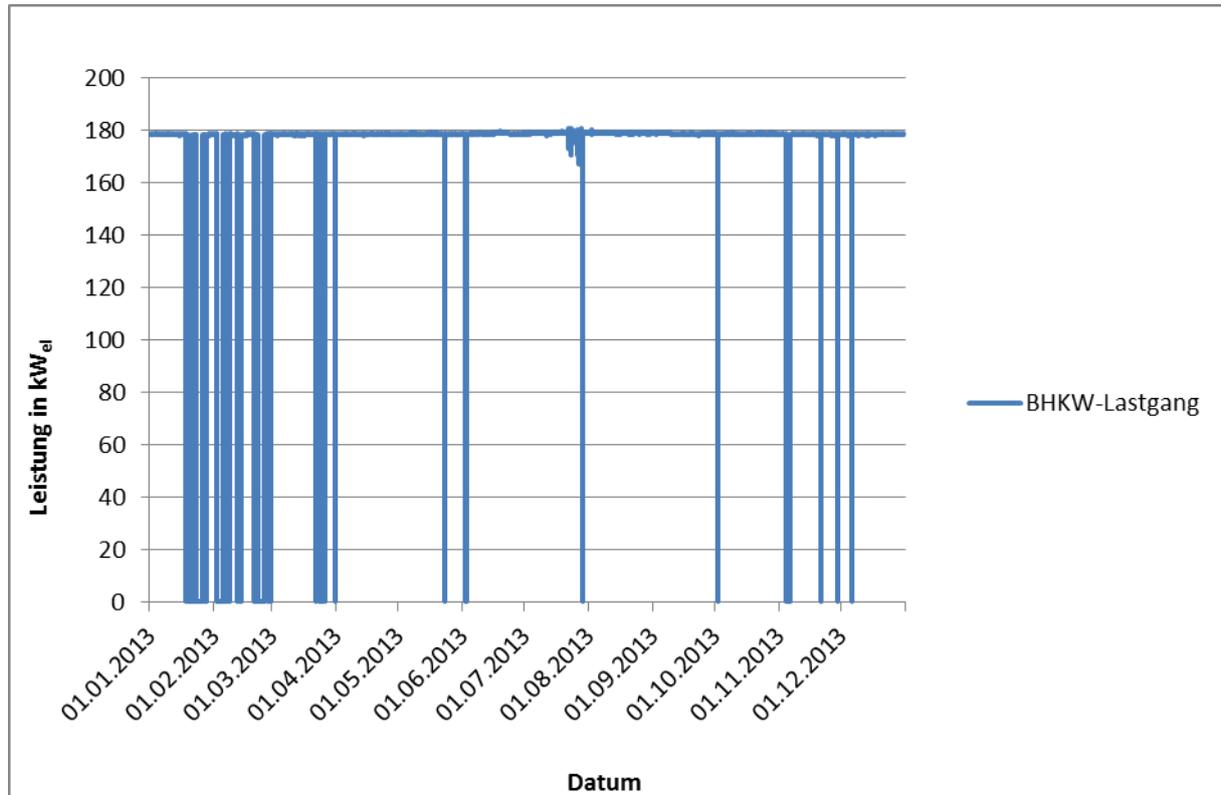
| Betriebsjahr           | Stromeinspeisung | Einsatz Brennstoff Erdgas | Bh            |
|------------------------|------------------|---------------------------|---------------|
| <b>2009 (ab Juni)</b>  | 267.067          |                           |               |
| <b>2010</b>            | 1.338.358        | 4.466.551                 | 7.541         |
| <b>2011</b>            | 1.392.890        | 4.660.520                 | 7.824         |
| <b>2012</b>            | 1.419.084        | 4.872.691                 | 7.972         |
| <b>2013</b>            | 1.467.245        | 5.030.850                 | 8.251         |
| <b>2014 (bis 1.7.)</b> | 754.056          | 2.585.280                 | 4.209         |
| <b>Summen</b>          | <b>6.638.700</b> | <b>21.615.892</b>         | <b>35.797</b> |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage der Stadtwerke Neuburg

Die Betriebsweise ist generell wärmegeführt, jedoch nicht aktiv geregelt, d. h. mögliche Leistungsanpassungen bzw. Ein- und Ausschaltungen müssen manuell vorgenommen werden.

Als Beispiel für diese Betriebsweise ist hier der Lastgang des Jahres 2013 dargestellt.

**Abbildung 120: Lastgang BHKW-Krautgasse im Jahr 2013**



Quelle: Stadtwerke Neuburg/Do

Der ausgewiesene Wirkungsgrad der Anlage während der Betriebsjahr 2010 bis 2013 zeigt jedoch, dass die Anlage einen konstant niedrigen Wert von im Durchschnitt 74,25 % aufweist.

**Tabelle 37: Gesamtwirkungsgrad der KWK-Anlage ND-Krautgasse**

| Betriebsjahr             | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|--------------------------|------|------|------|------|
| Wirkungsgrad gesamt in % | 75,1 | 76,6 | 72,2 | 73,1 |

Quelle: eigene Berechnungen auf Grundlage der Stadtwerke Neuburg

Der für eine KWK-Anlage moderner Auslegung konstant relativ niedrige Gesamtwirkungsgrad ist einer ersten Einschätzung nach dem Umstand geschuldet, dass durch die ausführende Firma ein BHKW mit einer elektrischen Leistung von 200 kW<sub>el</sub> eingebaut wurde und dieses per Festeinstellung auf 180 kW<sub>el</sub> gedrosselt betrieben wird.

Um verlässliche Angaben über die ausgekoppelte bzw. tatsächlich genutzte Wärmemenge zu erhalten, wurde im Jahr 2012 ein Wärmemengenzähler nachgerüstet.

Für das Jahr 2013 wurden 1.836 MWh<sub>th</sub>, bis zum 26.06.2014 weitere 770 MWh<sub>th</sub> gemessen.

Die tatsächlich gemessenen Werte führen zu der Erkenntnis, dass die ohne jegliche Regelung betriebene Anlage nicht in der Lage ist, die gesamte Wärmemenge für die Produktvorwärmung einzusetzen.

Eine die tatsächlich per Zähler gemessene und für die Produktvorwärmung eingesetzte Wärmemenge zugrunde legende Kalkulation für das Jahr 2013 ergibt eine durchschnittliche Wärmemenge von 152,98 MWh/Monat. Bei einer thermischen Leistung von 233 kW<sub>th</sub> ergeben sich daraus 656,6 Vollbenutzungsstunden im Monat. Tatsächlich weist das BHKW jedoch durchschnittlich 679,3 Vollbenutzungsstunden auf. Bei der vergleichenden Gegenüberstellung der Betriebsparameter ergibt sich Folgendes:

**Tabelle 38: Betriebsparameter des BHKWs in der Krautgasse**

|                          | Strommenge<br>kWh <sub>el</sub> | Wärmemenge<br>kWh <sub>th</sub> | Betriebsstunden<br>VBh | Gasverbrauch<br>kWh <sub>hs</sub> |
|--------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------|-----------------------------------|
| <b>Betriebsjahr 2013</b> | 1.467.245                       | 1.835.782                       | 8.151                  | 5.030.850                         |
| Optimierung wärmegeführt | 1.418.220                       | 1.835.782                       | 7.879                  | 4.862.967                         |

Quelle: eigene Berechnungen auf Grundlage der Stadtwerke Neuburg

Bei einer streng wärmegeführten Betriebsweise kann die benötigte Wärmemenge von 1.835.782 kWh<sub>th</sub> mit einem um 167.833 kWh<sub>hs</sub> reduzierten Gaseinsatz in 7.879 Volllaststunden (Reduktion um 272 VBh) erzeugt werden.

Unter Berücksichtigung der hier zutreffenden Rahmenbedingungen wie vollständige Eigenstromnutzung und Betrieb gemäß der Regelungen nach § 19 StromNEV ergeben sich für die beiden o.a. Betriebsweisen folgende Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen:

**Tabelle 39: Vergleich IST-Betrieb 2013 mit Optimierungsmaßnahme „Wärmegeführte Betriebsweise“**

|                               |   | IST-Betrieb         | Optimierungsmaßnahme |
|-------------------------------|---|---------------------|----------------------|
| Erdgas                        | kWh <sub>hs</sub>                                 | 5.030.850           | 4.862.967            |
|                               | ct/kWh <sub>hs</sub>                              | 3                   | 3                    |
|                               | <b>Brennstoff in €</b>                            | <b>150.925,50 €</b> | <b>145.889,01 €</b>  |
| Stromeinspeisung              | kWh <sub>el</sub>                                 | 1.467.245           | 1.418.220            |
|                               | ct/kWh <sub>el</sub>                              | 3,779               | 3,779                |
|                               | <b>Stromverkauf in €</b>                          | <b>55.447,19 €</b>  | <b>53.594,53 €</b>   |
| Strompreis - Rückerstattungen | Stromsteuer 2,05 ct/kWh                           | <b>30.078,52 €</b>  | <b>29.073,51 €</b>   |
|                               | EEG-Umlage 2013 5,24 ct/kWh €                     | <b>76.883,64 €</b>  | <b>74.314,73 €</b>   |
|                               | Stromerlöse gesamt in €                           | <b>162.409,35 €</b> | <b>156.982,77 €</b>  |
| Wärmeeinspeisung              | kWh <sub>th</sub>                                 | 1.835.782           | 1.835.782            |
|                               | ct/kWh <sub>th</sub>                              | 4,5                 | 4,5                  |
|                               | <b>Wärmeverkauf in €</b>                          | <b>82.610,19 €</b>  | <b>82.610,19 €</b>   |
| Netznutzungsentgelt Gas       | 13,88 €/kW + Messkosten in € (Bezug Zone II / II) | <b>20.982,31 €</b>  | <b>17.497,16 €</b>   |
| vNNE Strom gem § 19 StromNEV  | 77,54 €/kW  | <b>13.957,20 €</b>  | <b>13.957,20 €</b>   |
|                               | 0,62 ct/kWh                                       | <b>9.096,92 €</b>   | <b>8.792,96 €</b>    |
| <b>Gesamt pro Jahr €</b>      |   | <b>82.208,65 €</b>  | <b>84.999,75 €</b>   |

Quelle: Stadtwerke Neuburg

Bei dieser Vergleichsbetrachtung wurden lediglich betriebsbedingte Werte herangezogen, da es sich um eine Bestandsanlage handelt und keine Veränderungen bezüglich kapitalbedingter Positionen vorgenommen wurden. Die Einsparungen beim Gasbezug in Höhe von € 5.053,28 werden durch die Reduktion der Erlöse im Strombereich von € 5.426,58 überkompensiert, die Reduktion der Netznutzungsentgelte für den Gasbezug in Höhe von € 3.485,15 und die Differenz der vermiedenen Netznutzungsentgelte (vNNE) im Strombereich in Höhe von € 303,96 ergeben insgesamt einen positiven Saldo von € 2.791,10 für die Variante „Optimierung wärmegeführt“.

Die Variante „Optimierung wärmegeführt“ bedingt den Einbau einer aktiven Steuerung, um die stets wärmegeführte Betriebsweise zu gewährleisten. Weiterhin ist diese Steuerung so auszulegen, dass die Betriebsweise die für die Erstattungen gemäß § 19 (2) StromNEV (z.B. Erbringung der Höchstleistung innerhalb eines Höchstlastzeitfenster) Einsatzzeiten sicherstellt. Ansonsten wären die Ergebnisse um die prozentualen Kürzungen gemäß § 19 (2) StromNEV zu berichtigen. Mit dem Hersteller des BHKWs ist weiterhin zu klären, ob die werkseitige Drosselung um ca. 10% für den doch relativ bescheidenen Gesamtwirkungsgrad der Anlage mit verantwortlich ist. Für eine aktiv gesteuerte, wärmegeführte Betriebsweise ist eine solch starre Drosselung nicht nötig.

Die zusätzliche Installation eines Speichers würde die Freiheitsgrade der erforderlichen temporären stromgeführten Betriebsweise erheblich verbessern. Durch Installation eines Speichers kann die Erzeugung und Nutzung der Wärme zeitlich entkoppelt und somit eine weitere Flexibilisierung der KWK-Anlagen erreicht werden. Die Dimensionierung des Speichers kann erst nach Auswertung der Lastgänge nach Umstellung der Betriebsweise auf aktiv Steuerung und Aufhebung der Leistungs-drosselung des BHKW's erfolgen.

In einem zweiten Schritt werden die IST-Variante und die Variante „Optimierung wärmegeführt“ jeweils kostenmäßig mit zwei Varianten verglichen, die als Brennstoff Biomethan einsetzen. Hierbei wird berücksichtigt, dass Biomethan nach den Vergütungsregeln des Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) gemäß seiner Herkunft in NAWARO-Biomethan und Abfall-Biomasse-Biomethan unterschieden werden muss und dies zu jeweils unterschiedlichen Einspeisevergütungen führt. Die hier zugrunde gelegten Einspeisesätze gemäß EEG beruhen auf vorliegenden Angeboten von Biomethan-Anbietern und berücksichtigen jeweils die maximale Nutzung der möglichen Boni.

**Tabelle 40: IST-Variante im Vergleich zu Brennstoffeinsatz Biomethan**

|                                  |                                   | IST-Betrieb         | Biomethan Abfall  | Biomethan NawaRo    |
|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| Erdgas                           | kWh <sub>hs</sub>                 | 5.030.850           | 5.030.850         | 5.030.850           |
|                                  | ct/kWh <sub>hs</sub>              | 3                   | 5,95              | 7,19                |
|                                  | <b>Brennstoff in €</b>            | <b>150.925,50 €</b> | <b>299.335,58</b> | <b>361.718,12 €</b> |
| Stromeinspeisung                 | kWh <sub>el</sub>                 | 1.467.245           | 1.467.245         | 1.467.245           |
|                                  | ct/kWh <sub>el</sub>              | 3,779               | 18,4              | 23,52               |
|                                  | <b>Stromverkauf in €</b>          | <b>55.447,19 €</b>  | <b>269.973,08</b> | <b>345.096,02</b>   |
| Strompreis -<br>Rückerstattungen | Stromsteuer 2,05 ct/kWh           | <b>30.078,52 €</b>  |                   |                     |
|                                  | EEG-Umlage 2013 5,24 ct/kWh €     | <b>76.883,64 €</b>  |                   |                     |
|                                  | Stromerlöse gesamt in €           | <b>162.409,35 €</b> | <b>269.973,08</b> | <b>345.096,02 €</b> |
| Wärmeeinspeisung                 | kWh <sub>th</sub>                 | 1.835.782           | 1.835.782         | 1.835.782           |
|                                  | ct/kWh <sub>th</sub>              | 4,5                 | 4,5               | 4,5                 |
|                                  | <b>Wärmeverkauf in €</b>          | <b>82.610,19 €</b>  | <b>82.610,19</b>  | <b>82.610,19</b>    |
| Netznutzungsentgelt              | 13,88 €/kW + Messkosten in € (Bez | <b>20.982,31 €</b>  | <b>20.982,31</b>  | <b>20.982,31</b>    |
| vNNE Strom gem § 19<br>StromNEV  | 77,54 €/kW                        | <b>13.957,20 €</b>  | <b>13.957,20</b>  | <b>13.957,20</b>    |
|                                  | 0,62 ct/kWh                       | <b>9.096,92 €</b>   | <b>9.096,92</b>   | <b>9.096,92</b>     |
|                                  | <b>Gesamt pro Jahr €</b>          | <b>82.208,65 €</b>  | <b>41.362,30</b>  | <b>54.102,71</b>    |

Quelle: eigene Berechnungen auf Grundlage der Stadtwerke Neuburg

Der Vergleich zeigt, dass bei Nutzung aller Boni die Erdgas-Variante den größten Überschuss erwirtschaftet.

**Tabelle 41: Variante Optimierung wärmegeführt“ im Vergleich mit Brennstoffeinsatz Biomethan**

|                                  |                                   | IST-Betrieb        | Biomethan Abfall  | Biomethan NawaRo  |
|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| Gas                              | kWh <sub>HS</sub>                 | 4.862.967          | 4.862.967         | 4.862.967         |
|                                  | ct/kWh <sub>HS</sub>              | 3                  | 5,95              | 7,19              |
|                                  | <b>Brennstoff in €</b>            | <b>145.889,01</b>  | <b>289.346,54</b> | <b>349.647,33</b> |
| Stromeinspeisung                 | kWh <sub>el</sub>                 | 1.418.220          | 1.418.220         | 1.418.220         |
|                                  | ct/kWh <sub>el</sub>              | 3,779              | 18,4              | 23,52             |
|                                  | <b>Stromverkauf in €</b>          | <b>53.594,53</b>   | <b>260.952,48</b> | <b>333.565,34</b> |
| Strompreis -<br>Rückerstattungen | Stromsteuer 2,05 ct/kWh           | <b>29.073,51 €</b> |                   |                   |
|                                  | EEG-Umlage 2013 5,24 ct/kWh €     | <b>74.314,73 €</b> |                   |                   |
|                                  | Stromerlöse gesamt in €           | <b>156.982,77</b>  | <b>260.952,48</b> | <b>333.565,34</b> |
| Wärmeeinspeisung                 | kWh <sub>th</sub>                 | 1.835.782          | 1.835.782         | 1.835.782         |
|                                  | ct/kWh <sub>th</sub>              | 4,5                | 4,5               | 4,5               |
|                                  | <b>Wärmeverkauf in €</b>          | <b>82.610,19 €</b> | <b>82.610,19</b>  | <b>82.610,19</b>  |
| Netznutzungsentgelt              | 13,88 €/kW + Messkosten in € (Bez | <b>17.497,16</b>   | <b>17.497,16</b>  | <b>17.497,16</b>  |
| vNNE Strom gem § 19<br>StromNEV  | 77,54 €/kW                        | <b>13.957,20 €</b> | <b>13.957,20</b>  | <b>13.957,20</b>  |
|                                  | 0,62 ct/kWh                       | <b>8.792,96</b>    | <b>8.792,96</b>   | <b>8.792,96</b>   |
|                                  | <b>Gesamt pro Jahr €</b>          | <b>84.999,75</b>   | <b>45.511,93</b>  | <b>57.824,01</b>  |

Quelle: eigene Berechnungen auf Grundlage der Stadtwerke Neuburg

Auch in dieser Gegenüberstellung schneidet die Erdgas-Variante beim Vergleich der wirtschaftlichen Kenngrößen deutlich besser als die Varianten mit Biomethan ab. Es bleibt anzumerken, dass das wirtschaftliche Ergebnis der Erdgas-Variante ausschließlich auf die Positionen Stromsteuer-Rückerstattung bauen. Sollte beispielsweise der Faktor Rückerstattung der EEG-Umlage wegfallen, würde die Variante Erdgas dadurch weit hinter die Varianten Biomethan zurückfallen.

Abschließend wird hier noch eine Vergleichsrechnung dargestellt, welche den positiven Effekt aller effizienzsteigernden Maßnahmen zusammenfasst und unterstellt, dass der Gesamtwirkungsgrad der BHKW-Anlage sich dadurch auf 85 % steigern lässt. Der nachgewiesene elektrische Wirkungsgrad wird mit 32,6 % (2013) belassen, der thermische Wirkungsgrad verbessert sich somit auf 52,4 %.

Aus dem Verhältnis zu der zu erzeugende Wärmemenge von 1.835.782 kWh<sub>th</sub> ergibt sich somit eine Strommenge von 1.142.109 kWh<sub>el</sub>. Bei einem Wirkungsgrad von 85 % beläuft sich die einzusetzende Brennstoffmenge auf 3.503.400 kWh<sub>Hi</sub>, umgerechnet 3.888.346 kWh<sub>HS</sub>. Im Vergleich zur Variante „Optimierung wärmegeführt“ ergeben sich somit weitere Einsparungen bei der Brennstoffmenge in Höhe von 1.142.505 kWh<sub>HS</sub>.

**Tabelle 42: Var. "Optimierung wärmegeführt" mit Gesamtwirkungsgrad 85 %**

|                                  |                                   | IST-Betrieb        | Biomethan Abfall  | Biomethan NawaRo  |
|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| Gas                              | kWh <sub>hs</sub>                 | 3.888.346          | 3.888.346         | 3.888.346         |
|                                  | ct/kWh <sub>hs</sub>              | 3                  | 5,95              | 7,19              |
|                                  | <b>Brennstoff in €</b>            | <b>116.650,38</b>  | <b>231.356,59</b> | <b>279.572,08</b> |
| Stromeinspeisung                 | kWh <sub>el</sub>                 | 1.142.109          | 1.142.109         | 1.142.109         |
|                                  | ct/kWh <sub>el</sub>              | 3,779              | 18,4              | 23,52             |
|                                  | <b>Stromverkauf in €</b>          | <b>43.160,30</b>   | <b>210.148,06</b> | <b>268.624,04</b> |
| Strompreis -<br>Rückerstattungen | Stromsteuer 2,05 ct/kWh           | <b>23.413,23 €</b> |                   |                   |
|                                  | EEG-Umlage 2013 5,24 ct/kWh €     | <b>59.846,51 €</b> |                   |                   |
|                                  | Stromerlöse gesamt in €           | <b>126.420,05</b>  | <b>210.148,06</b> | <b>268.624,04</b> |
| Wärmeeinspeisung                 | kWh <sub>th</sub>                 | 1.835.782          | 1.835.782         | 1.835.782         |
|                                  | ct/kWh <sub>th</sub>              | 4,5                | 4,5               | 4,5               |
|                                  | <b>Wärmeverkauf in €</b>          | <b>82.610,19</b>   | <b>82.610,19</b>  | <b>82.610,19</b>  |
| Netznutzungsentgelt              | 13,88 €/kW + Messkosten in € (Bez | <b>15.469,80</b>   | <b>15.469,80</b>  | <b>15.469,80</b>  |
| vNNE Strom gem § 19<br>StromNEV  | 77,54 €/kW                        | <b>13.957,20 €</b> | <b>13.957,20</b>  | <b>13.957,20</b>  |
|                                  | 0,62 ct/kWh                       | <b>7.081,08</b>    | <b>7.081,08</b>   | <b>7.081,08</b>   |
|                                  | <b>Gesamt pro Jahr €</b>          | <b>83.991,13</b>   | <b>53.012,93</b>  | <b>63.273,43</b>  |

Quelle: eigene Berechnungen / Stadtwerke Neuburg/Do

Wiederum schneidet die Variante Erdgas am besten ab, es zeigt sich aber auch, dass mit zunehmendem Gesamtwirkungsgrad und damit einhergehend abnehmenden Brennstoffeinsatz sich die Ergebnisse der Varianten Erdgas und Biomethan immer weiter annähern. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Anlage in der derzeitigen Betriebsweise unter ihren Möglichkeiten betrieben wird. Eine deutliche Effizienzsteigerung ist sowohl unter ökonomischen als auch ökologischen Gesichtspunkten erreichbar, was die aufgezeigten Maßnahmen bei geringen Investitionskosten bestätigen.

In den nächsten Jahren sollte die Prüfung der Einbindung der BHKW-Anlage Krautgasse in das Großprojekt „Abwärme-Nahwärmeverbund Neuburg“ bei entsprechenden Erweiterungsplanungen der Abwärme-Verbundtrasse stets mit auf der Tagesordnung stehen, denn die Ausarbeitungen haben ergeben, dass noch genügend Abwärmepotenzial zur Verfügung wäre für den Fall einer wirtschaftlich sinnvollen Verwendung. Bei allen hier durchgeführten Vergleichsrechnungen wurde jedoch stets die Ebene der BHKW-Anlage gewählt. Vor der tatsächlichen Umsetzung der Maßnahmen ist der Betreiber der Anlage, die Stadtwerke Neuburg/Do gehalten, die angestellten Berechnungen unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen und deren Auswirkungen auf die jeweiligen Spartenergebnisse mit dem Ziel der Optimierung des Gesamterfolgs, ökonomisch wie ökologisch, der Stadtwerke Neuburg nochmals zu prüfen. Hierbei sind natürlich auch die sich zum 1.8.2014 durch Inkrafttreten der EEG-Novelle ändernden gesetzlichen Rahmenbedingungen zu berücksichtigen.

### 7.1.4 Untersuchung 3: Mikro KWK Satorius

Die Erneuerung von Heizungsanlagen bietet große Potenziale die Effizienz der Wärmeerzeugung zu steigern und einen Beitrag zur Reduktion von Umweltbelastungen zu leisten. Im Folgenden wird anhand einer bereits in Neuburg umgesetzten Maßnahme dargelegt, welche Vorteile sich durch den Einsatz von Mikro-Kraft-Wärme-Kopplungsgeräten in Ein- und Zweifamilienhäusern ergeben.

Die reale Maßnahme bestand darin, eine veraltete Öl-Heizung durch ein hocheffizientes Mikro-Kraft-Wärme-Kopplungsgerät mit Stirlingmotor und integriertem Gas-Brennwertkessel zu ersetzen.

Die Mikro-KWK-Anlage hat eine Wärmeleistung von 3,6 bis 5,3 kW<sub>th</sub> und erzeugt maximal 1 kW<sub>el</sub> an elektrischer Leistung. Der integrierte Brennwertkessel deckt zusätzlich eine Spitzenlast von max. 20 kW<sub>th</sub> ab [Quelle: Datenblatt Viessmann Vitotwin 300-W].

Das KWK-Gerät wurde im November 2011 installiert und hat seitdem 75280 kWh thermisch und 8665 kWh elektrisch erzeugt, bei einem Gasverbrauch von 94903 kWh (HS). In Tabelle 32 sind die daraus ermittelten Kosten und Ersparnisse aufgelistet, welche durch die KWK-Anlage entstehen.

**Tabelle 43: Wirtschaftlichkeit KWK-Anlage**

|                                       |              |
|---------------------------------------|--------------|
| Investitionen                         | Ca. 19.000 € |
| Wärmegestehungskosten                 | 3,97 ct/kWh  |
| Kosten Erdgas /Jahr                   | 2007,19 €    |
| Ersparnis durch Stromproduktion /Jahr | 851,41 €     |
| Elektrischer Wirkungsgrad             | 9,13 %       |
| Thermischer Wirkungsgrad              | 79,32 %      |
| Gesamtwirkungsgrad                    | 88,45 %      |

Quelle: Eigene Darstellung

In den meisten Fällen werden veraltete Heizungen heute durch rein thermisch arbeitende Anlagen, die dem Stand der Technik entsprechen, ersetzt. Dies sind beispielsweise Gas-Brennwertkessel. Die Installation eines Gas-Brennwertkessels mit ähnlicher thermischer Leistung hätte sich wie in Tabelle 33 aufgelistet ausgewirkt.

**Tabelle 44: Wirtschaftlichkeit Gas-Brennwertgerät**

|                                 |                  |
|---------------------------------|------------------|
| Investitionskosten              | Ca. 10000 €      |
| Wärmegestehungskosten           | 2,5 – 3,5 ct/kWh |
| Kosten Erdgas /Jahr             | 1769 €/Jahr      |
| Ersparnis durch Stromproduktion | -                |

Quelle: Eigene Darstellung

Die Wärmegebungskosten des Gas-Brennwertgerätes sind zunächst etwas niedriger. Laut §53 Energiesteuergesetz kann jedoch ein „Antrag auf Steuerentlastung für die Stromerzeugung und die gekoppelte Erzeugung von Kraft und Wärme“ gestellt werden. Wird der Antrag genehmigt, erhalten Betreiber einer solchen Anlage eine Steuerentlastung, beziehungsweise Steuerrückerstattung. Das KWK-Gerät muss dafür einen Jahresnutzungsgrad von mindestens 70 % aufweisen und der Primärenergiebedarf muss um 10 % unter dem Wert der Alt-Anlage (in diesem Fall einer Öl-Heizung) liegen. Die Höhe der Steuerentlastung hängt von dem eingesetzten Brennstoff ab, wie folgende Tabelle zeigt:

**Tabelle 45: Steuerentlastungen für Betreiber von KWK-Anlagen**

| Brennstoff       | Höhe der Entlastung |
|------------------|---------------------|
| Erdgas           | 0,55 ct/kWh         |
| Flüssiggas       | 6,06 ct/kg          |
| Leichtes Heizöl  | 6,135 ct/kg         |
| Sonstige Heizöle | 2,5 ct/kg           |

Quelle: Eigene Darstellung

Rechnet man die Steuerentlastung mit in die Wärmegebungskosten ein, liegt die KWK-Anlage mit 3 ct/kWh in einem ähnlich niedrigen Bereich wie das Brennwertgerät.

Nun werden die alte Öl-Heizung, das neu installierte Mikro-Kraft-Wärme-Kopplungsgerät und die alternative Ersatzanlage (Gas-Brennwertgerät) miteinander verglichen. Der Verbrauchswert des KWK-Geräts beinhaltet die Stromproduktion durch den integrierten Stirlingmotor, der in etwa 3300 kWh Strom pro Jahr erzeugt. Bereinigt um die Einflussnahme der Stromerzeugung würden die Werte der KWK etwas niedriger ausfallen und die positive Bilanz des Mikro-KWK-Gerätes, auch gegenüber dem Gas-Brennwertgerät, unterstreichen.

**Tabelle 46: Vergleich zwischen Öl-Heizung und Mikro-KWK-Gerät**

| Anlage                               | Öl-Heizung | Mikro-KWK-Gerät | Gas-Brennwertgerät |
|--------------------------------------|------------|-----------------|--------------------|
| <b>Verbrauch / Jahr</b>              | 42400 kWh  | 36600 kWh       | 32000 kWh          |
| <b>CO<sub>2</sub>-Ausstoß / Jahr</b> | 10400 kg   | 7200 kg         | 6400 kg            |
| <b>Kosten / Jahr</b>                 | Ca. 3000 € | Ca. 2000 €      | Ca. 1800 €         |

Quelle: Eigene Darstellung

Der Vergleich der Wirtschaftlichkeit zeigt, dass beim Einsatz der KWK-Anlage, verglichen mit dem Gas-Brennwertkessel, jährlich Mehrkosten in Höhe von ca. 200 € anfallen (bei 30000 kWh Wärmeverbrauch). Diese Mehrkosten werden durch die Ersparnis aufgrund der Stromerzeugung jedoch ausgeglichen.

Rein wirtschaftlich betrachtet ergeben sich durch den Einsatz einer Mikro-KWK-Anlage für den Nutzer keine Nachteile. Der Wirkungsgrad eines hocheffizient arbeitenden KWK-Gerätes entspricht dem

eines Brennwertgeräts, so dass auch der Primärenergiebedarf und CO<sub>2</sub>-Ausstoß etwa gleich ausfällt – bereinigt um die Einflussnahme der Stromerzeugung.

Der Einsatz von KWK-Anlagen bietet große Vorteile, wenn die Zahl der Anlagen in einem Gebiet ansteigt und diese zu einem virtuellen Kraftwerk (VKW) zusammengeschlossen werden können. Die regelbaren VKWs sind der ideale Partner für fluktuierende, nicht regelbare Stromerzeuger wie Photovoltaik- oder Windkraftanlagen, da sie das schwankende Angebot dieser erneuerbaren Energiequellen ausgleichen können. Im Zuge der Energiewende werden diese Regelleistungen durch Kleinkraftwerke immer wichtiger, da sie zusätzlich für Netzstabilität sorgen können. Folgende Eigenschaften der KWK-Anlagen können zum Gelingen der Energiewende maßgeblich beitragen:

- Bildung eines virtuellen Kraftwerks,
- Gute Regelungsfähigkeit,
- Unterstützung im Netzmanagement durch Frequenz- und Spannungshaltung,
- Hohe Effizienz in der Brennstoffausnutzung,
- Netzstabilität bei Integration der erneuerbaren Energien,
- Deckung der Residuallast,
- Versorgungssicherheit durch konsequente Dezentralität.

Diese Vorteile setzen voraus, dass KWK-Anlagen in einem Gebiet in größerer Zahl vorkommen und von einer Zentrale gesteuert werden, die je nach Bedarf Leistung von den einzelnen Anlagen abrufen kann. Unter diesen Gesichtspunkten ist die Umrüstung von Heizungsanlagen hin zu Kraft-Wärme-Kopplungsgeräten äußerst sinnvoll und kann heutige Regelkraftwerke ersetzen. Da KWK-Anlagen, die in einem VKW zusammenarbeiten, im Nieder- und Mittelspannungsnetz agieren, kann der kostenintensive Ausbau der Hoch- und Höchstspannungsnetze reduziert und zum Teil vermieden werden.

## 7.2 Untersuchung kommunale Liegenschaften

Im Rahmen des Energienutzungsplanes für die Stadt Neuburg an der Donau wurden für alle kommunalen Gebäude die Verbrauchswerte erhoben und in einem Benchmark den Vergleichswerten aus dem Bauwerkzuordnungskatalog (BWZK) gegenübergestellt. Darauf aufbauend wurden in Absprache mit der Verwaltung folgende drei Liegenschaften für eine Gebäudebegehung ausgewählt:

- **Harmoniegebäude**
- **Burgwehr**
- **Parkschule**

Im Zuge der Begehung werden sowohl die Hülle, als auch die vorhandene Heizungstechnik und Beleuchtung aufgenommen und in einem Kurzbericht dokumentiert. Hier werden Defizite aufgezeigt und Energieeffizienzpotenziale mit Handlungsempfehlungen bereitgestellt.

### 7.2.1 Benchmark Liegenschaften

Für den Benchmark der kommunalen Liegenschaften wurden durch die Stadtverwaltung die Wärme- und Stromverbräuche der Jahre 2009/2010/2011/2012 zur Verfügung gestellt. Die Energieträger zur Wärmeerzeugung (Heizöl, Erdgas, Flüssiggas, Pellets) werden in kWh umrechnet und witterungsbereinigt. Somit ist die Entwicklung des Wärmeverbrauchs der einzelnen Jahre vergleichbar.

Zur Ermittlung der spezifischen Verbrauchswerte für Wärme und Strom in kWh/m<sup>2</sup> werden die Energieverbräuche bezogen auf die jeweilige Nutzfläche (NF) der Gebäude umgerechnet.

Es sollte auch in Zukunft eine regelmäßige Verbrauchserfassung erfolgen, um den Benchmark in den folgenden Jahren fortführen zu können.

Um die ermittelten Verbrauchswerte einordnen zu können erfolgt ein Benchmark nach dem Bauwerkzuordnungskatalog (BWZK)<sup>8</sup>. Als Grundlage des BWZK dient die Auswertung eines umfangreichen Datenbestandes von Bestandsgebäuden verschiedener Gebäudekategorien. Folgende Tabelle zeigt die häufigsten Gebäudekategorien mit Verbrauchswerten:

**Tabelle 47: Gebäudekategorien mit Verbrauchswerten**

| BWZK          | Gebäudekategorie   | Anmerkung           | Wärme | Strom |
|---------------|--|---------------------|-------|-------|
| 1300          | Verwaltungsgebäude normale technische Ausstattung < 3.500 m <sup>2</sup>   | für Rathäuser       | 80    | 20    |
| 1300          | Verwaltungsgebäude normale technische Ausstattung > 3.500 m <sup>2</sup>   | für Rathäuser       | 85    | 30    |
| 1320          | Verwaltungsgebäude höhere technische Ausstattung (m <sup>2</sup> beliebig) |                     | 85    | 40    |
| 4100          | allgemeinbildende Schule <3.500 m <sup>2</sup>                             |                     | 105   | 10    |
| 4100          | allgemeinbildende Schule > 3.500 m <sup>2</sup>                            |                     | 90    | 10    |
| 4400          | Kindertagesstätten   | für Kindergärten    | 110   | 20    |
| 5100          | Sporthallen (ohne Schwimmhallen)   |                     | 110   | 25    |
| 7000          | Gebäude für Produktion, Werkstätten, Lagergebäude <3.500 m <sup>2</sup>    | für Bauhöfe         | 110   | 20    |
| 7000          | Gebäude für Produktion, Werkstätten, Lagergebäude >3.500 m <sup>2</sup>    | für Bauhöfe         | 110   | 65    |
| 7700          | Gebäude für öffentliche Bereitschaftsdienste                               | für Feuerwehrhäuser | 100   | 20    |
| 9100          | Gebäude für kulturelle und musische Zwecke                                 |                     | 65    | 20    |
| 9120          | Ausstellungsgebäude  | für Museen          | 75    | 40    |
| 9130          | Bibliotheksgebäude   |                     | 55    | 40    |
| 9140          | Veranstaltungsgebäude  | für Theater         | 110   | 40    |
| 9150          | Gemeinschaftshaus  |                     | 135   | 30    |
| nicht im BWZK |  |                     |       |       |
| Lfd. 3.4      | Freizeitzentren, Jugendhäuser, Gemeindehäuser                              |                     | 105   | 20    |
| Lfd. 9.1      | Bürogebäude nur beheizt  |                     | 105   | 35    |
| Lfd. 9.3      | Bürogebäude Vollklimaanlage  |                     | 135   | 105   |
|               | Durchschnitt Wohngebäude (eigene Berechnung)                               |                     | 130   | 30    |

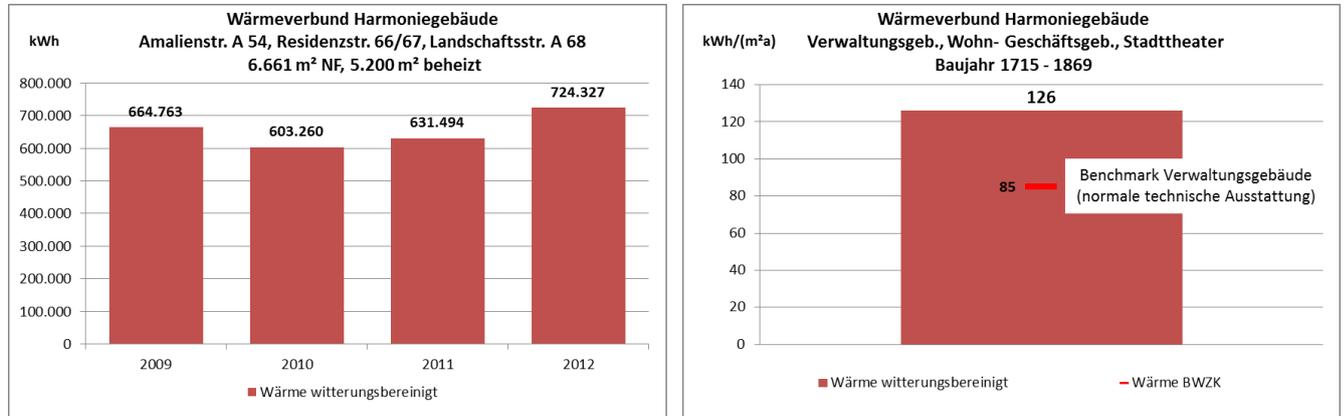
Quelle: Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskennwerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand

Der Benchmark wurde für 43 kommunale Liegenschaften durchgeführt, wobei die Wärmeversorgung einiger Gebäude im Wärmeverbund erfolgt.

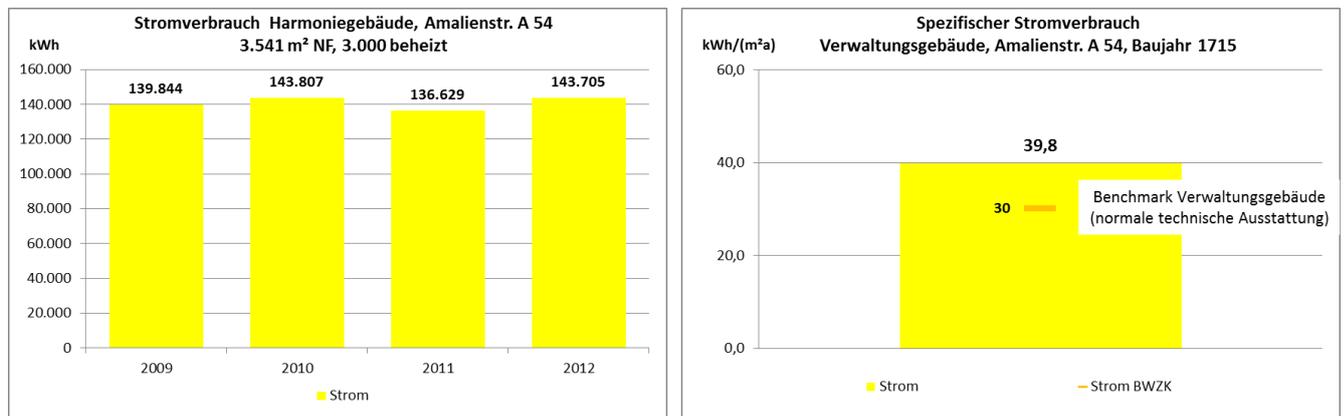
<sup>8</sup> Benchmark für die Energieeffizienz von Nichtwohngebäuden, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, März 2009

**Abbildung 121: Benchmark Wärmeverbund Harmoniegebäude**

Die Erdgas-Heizzentrale im Harmoniegebäude versorgt einen Wärmeverbund mit den angrenzenden Gebäuden Residenzstraße 66/67 und Landschaftsstraße A 68. Im Wärmeverbund sind in den versorgten Gebäuden keine Wärmemengenzähler installiert, somit ist eine individuelle Bewertung nicht möglich.

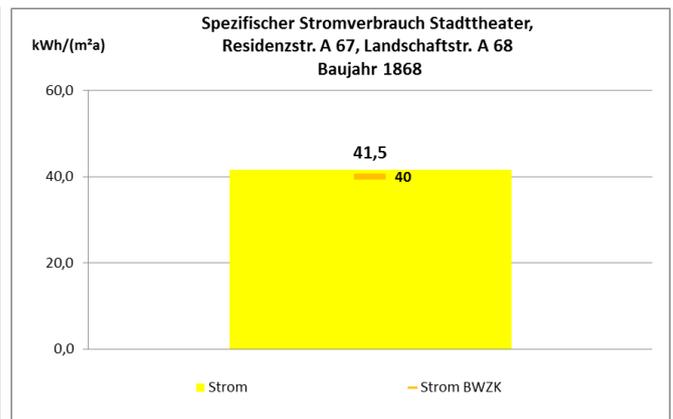
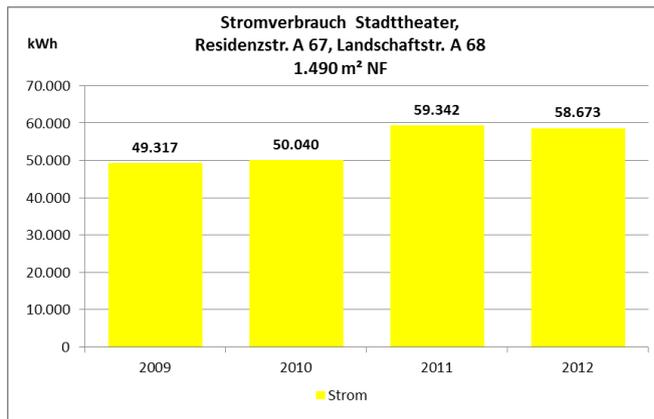


Der gesamte, witterungsbereinigte Wärmeverbrauch betrug im Jahr 2012 knapp 725.000 kWh und war somit um 20% höher als im Jahr 2010. Der spezifische Wärmeverbrauch beträgt im vier Jahresdurchschnitt 126 kWh/(m<sup>2</sup>a) bezogen auf die beheizte Gesamtnutzfläche von 5.200 m<sup>2</sup> und liegt somit um knapp 50% über dem Vergleichswert für Verwaltungsgebäude. Der hohe Wärmeverbrauch ist auf das Baualter der Gebäude zurückzuführen.

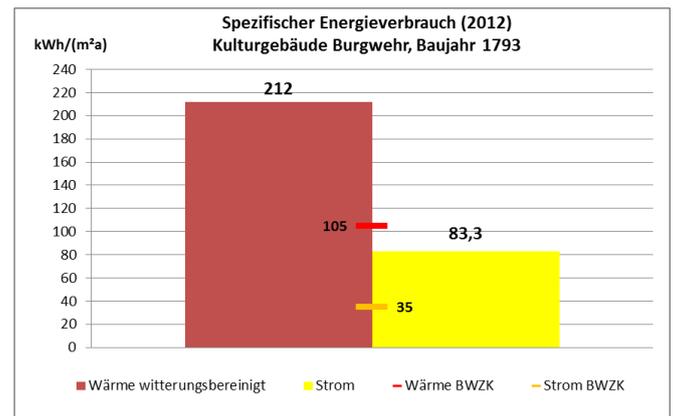
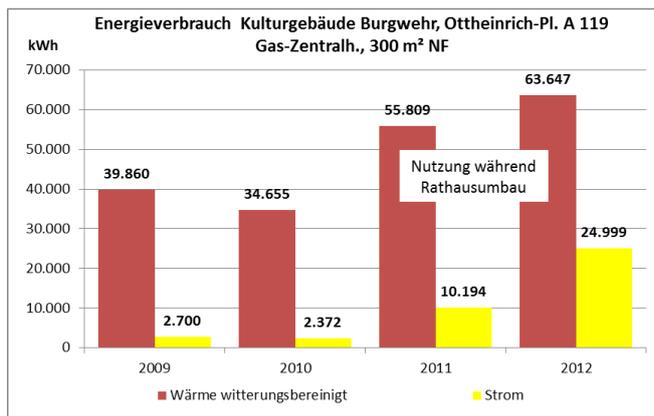
**Abbildung 122: Benchmark Strom Harmoniegebäude**

Der Stromverbrauch im Harmoniegebäude lag in den letzten vier Jahren relativ konstant um die 140.000 kWh. Der spezifische Wärmeverbrauch beträgt im vier Jahresdurchschnitt knapp 40 kWh/(m<sup>2</sup>a) bezogen auf die gesamte Nutzfläche von 3.541 m<sup>2</sup> und liegt um 33% über dem Vergleichswert. Verwaltungsgebäude mit hoher technischer Ausstattung haben einen Vergleichswert von 40 kWh/(m<sup>2</sup>a).

**Weitere Ergebnisse siehe Begehungsbericht Harmoniegebäude.**

**Abbildung 123: Benchmark Strom Stadttheater**

Der Stromverbrauch im Stadttheater liegt nur leicht über dem Vergleichswert. Die Wärmeversorgung erfolgt über den Wärmeverbund mit dem Harmoniegebäude (siehe Begehungsbericht Harmoniegebäude).

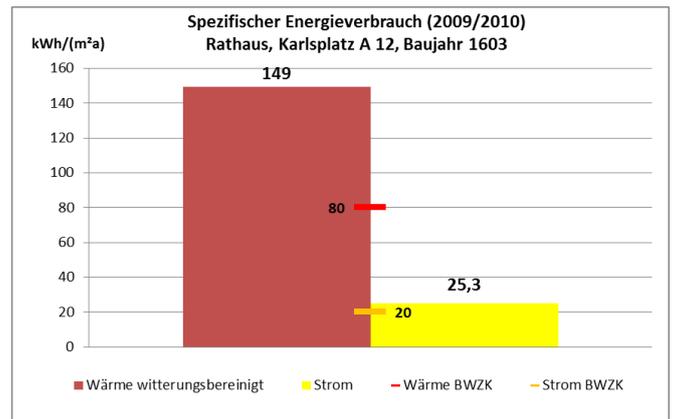
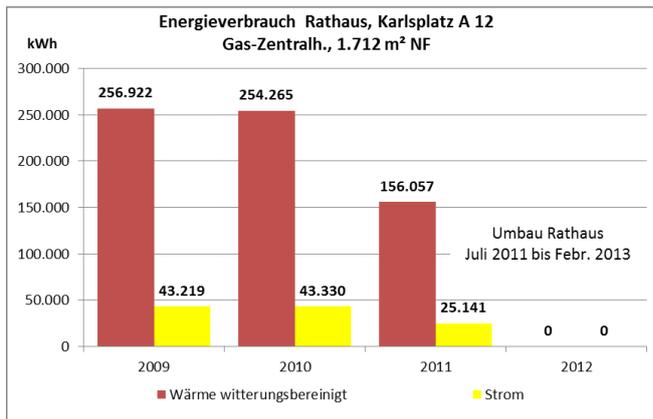
**Abbildung 124: Benchmark Burgwehr**

Das Kulturgebäude Burgwehr wurde während des Rathausumbaus von der Verwaltung genutzt. Dies erklärt den fast doppelt so hohen Wärmeverbrauch und 10-fach so hohen Stromverbrauch in 2012 gegenüber 2010. Die spezifischen Energieverbräuche liegen mit 212 kWh/m<sup>2</sup> bei Wärme und 83 kWh/m<sup>2</sup> bei Strom deutlich über den Vergleichswerten von Bürogebäuden.

Zur Reduktion des Wärmeverbrauchs wäre die Dämmung des Daches und der Austausch der Dichtungen in den Fenstern möglich. Die Beleuchtung wurde ursprünglich für die Nutzung als Vortragsraum geplant, aktuell erfolgt eine Büronutzung. Hier sollte die Beleuchtung geprüft werden.

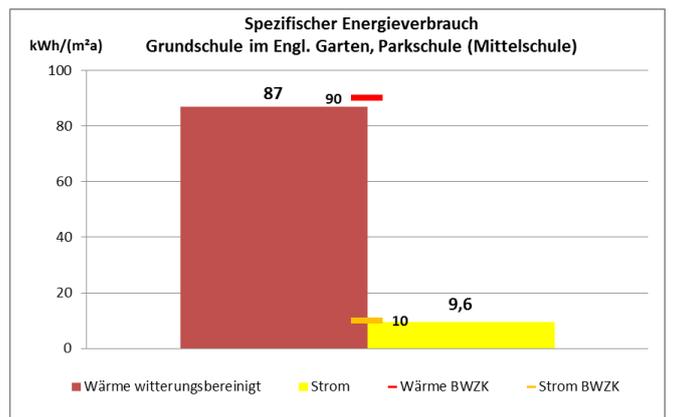
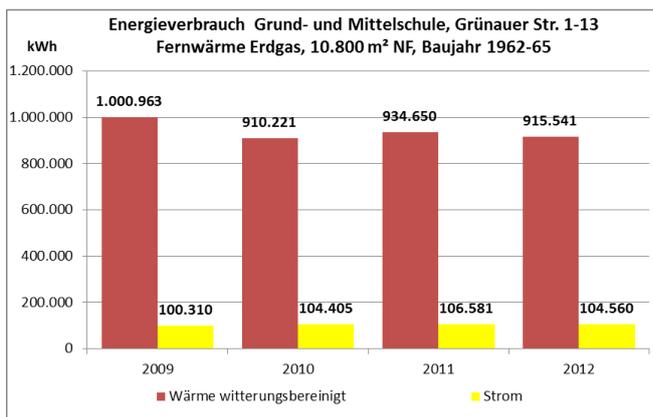
**Weitere Ergebnisse siehe Begehungsbericht Burgwehr.**

**Abbildung 125: Benchmark Rathaus**



Das Rathaus wurde vom Juli 2011 bis Februar 2013 umgebaut und teilweise energetisch saniert (Dämmung Dach, Dämmung Boden im Treppenhausbereich). Der zukünftige Energieverbrauch sollte sich reduzieren.

**Abbildung 126: Benchmark Grundschule im Engl. Garten, Parkschule (Mittelschule)**

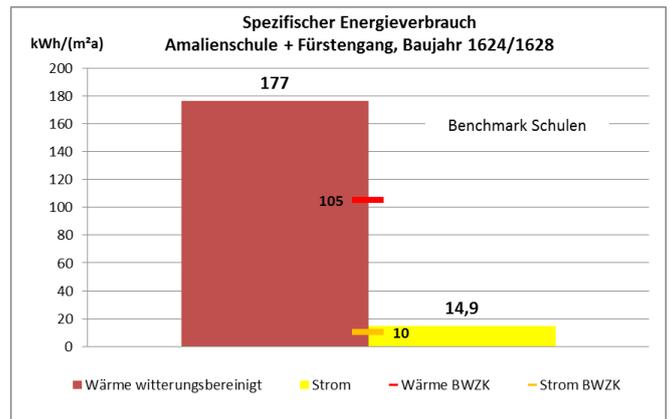
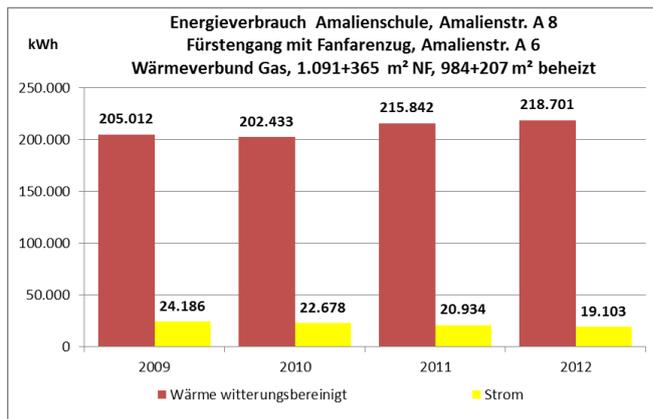


Hier ist ein sehr hoher absoluter Wärme- und Stromverbrauch vermerkbar. Es verzeichnet sich ein leichter Rückgang des Wärmeverbrauchs von über 1.000.000 kWh in 2009 auf knapp über 900.000 kWh ab 2010. Der Stromverbrauch war in den letzten Jahren um 4.000 kWh bis 6.000 kWh höher als noch in 2009.

Die Parkschule wurde im Jahr 1988 saniert, die Grundschule im Jahr 1994. Insgesamt ist ein guter spezifischer Wärme- und Stromverbrauch im Vergleich zum Vergleichswert für allgemeinbildende Schulen vorhanden.

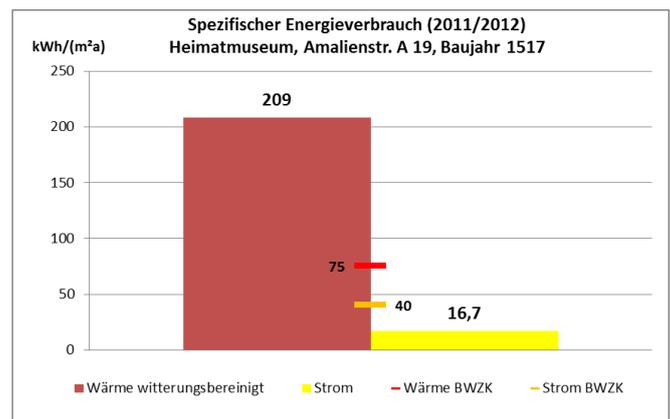
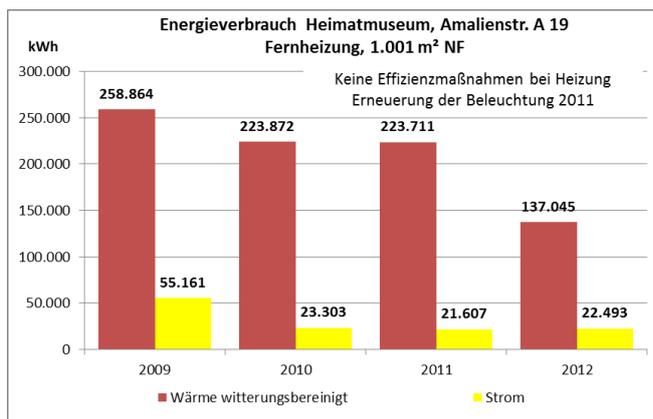
**Weitere Ergebnisse siehe Begehungsbericht Parkschule (Mittelschule).**

Abbildung 127: Benchmark Amalienschule



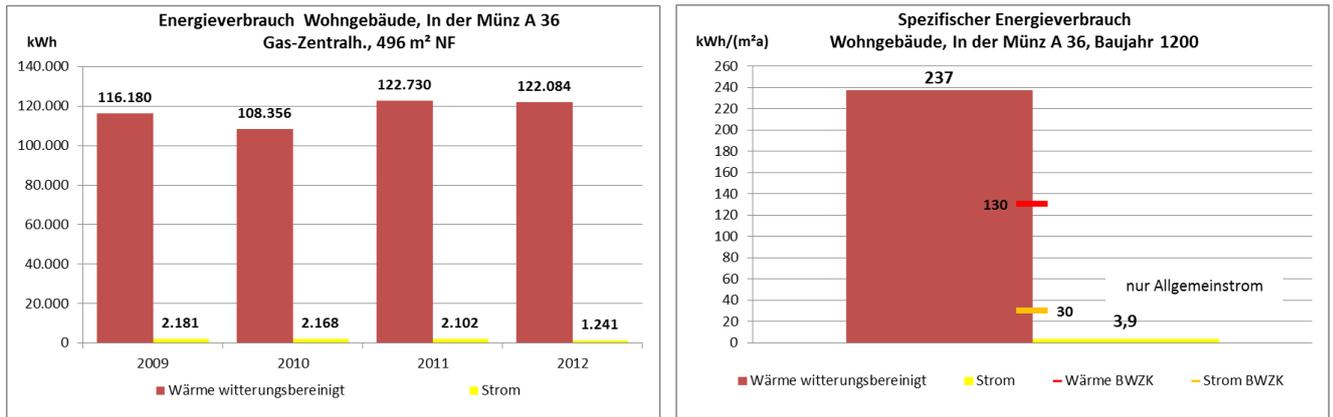
Besonders der Wärmeverbrauch liegt weit über dem Vergleichswert für Schulen. Es sind größere Bereiche unbeheizt, weshalb der spezifische Verbrauch wahrscheinlich noch höher ist. Das Gebäude hat zwar dicke Mauern, diese sind jedoch ungedämmt. Die historische Eingangstür ist ein Energiefresser. Hier ist ein großes Sanierungspotenzial vorhanden.

Abbildung 128: Benchmark Heimatmuseum



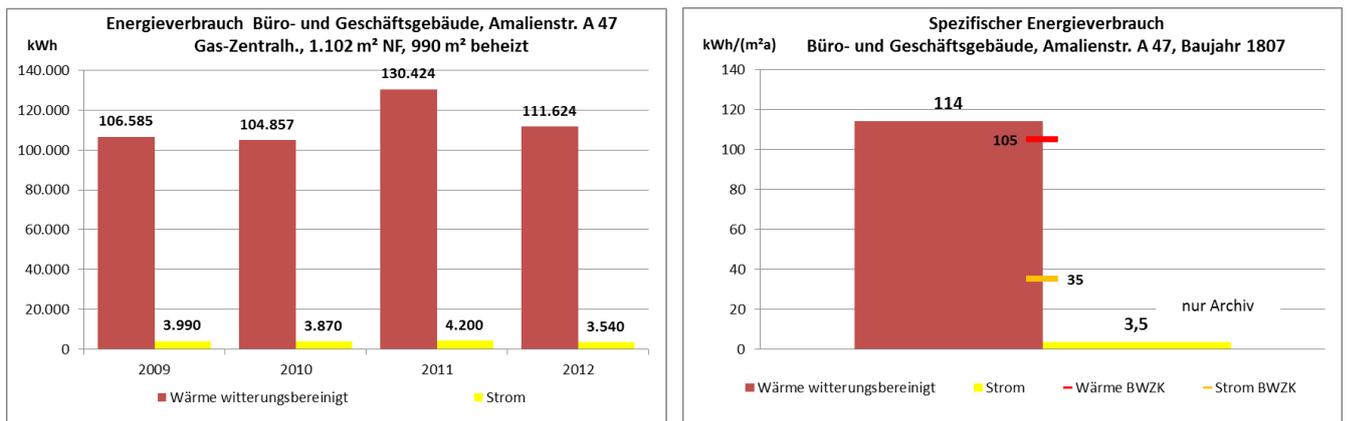
Durch Erneuerung der Beleuchtung von 300 W auf 30 W Energiesparlampen konnte der Stromverbrauch im Heimatmuseum von 2009 auf 2010 deutlich reduziert werden.

**Abbildung 129: Benchmark Wohngebäude, In der Münz A36**

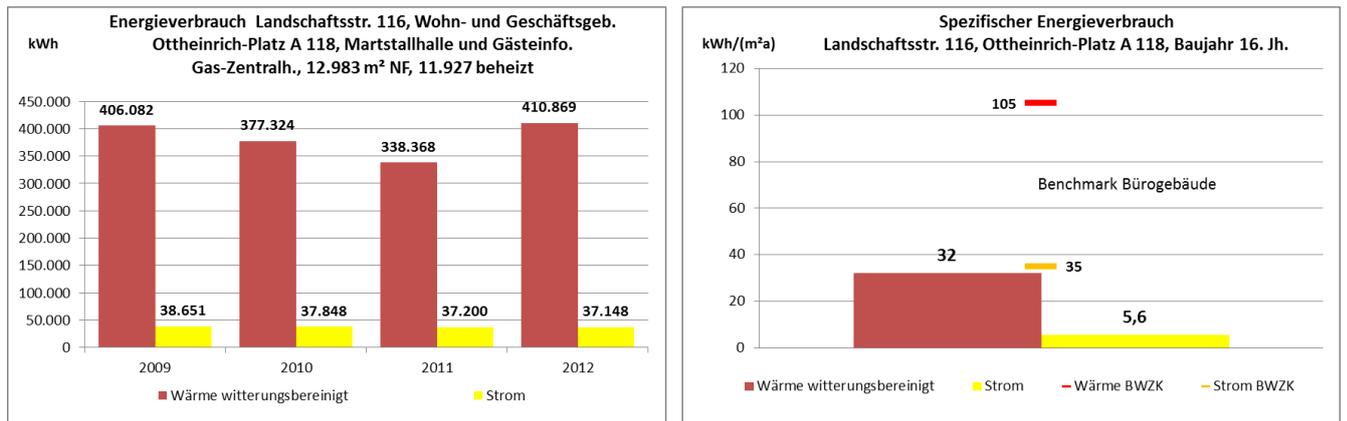


Ein sehr hoher Wärmeverbrauch ist bemerkbar. Eine Dämmung der obersten Geschossdecke würde den Wärmeverbrauch reduzieren und ist auch nach EnEV vorgeschrieben. Der Austausch der bestehenden Kastenfenster wäre zu kostenintensiv. Der Stromverbrauch ist nur für den Allgemeinstrom (Außenbeleuchtung, Treppenhaus) angegeben.

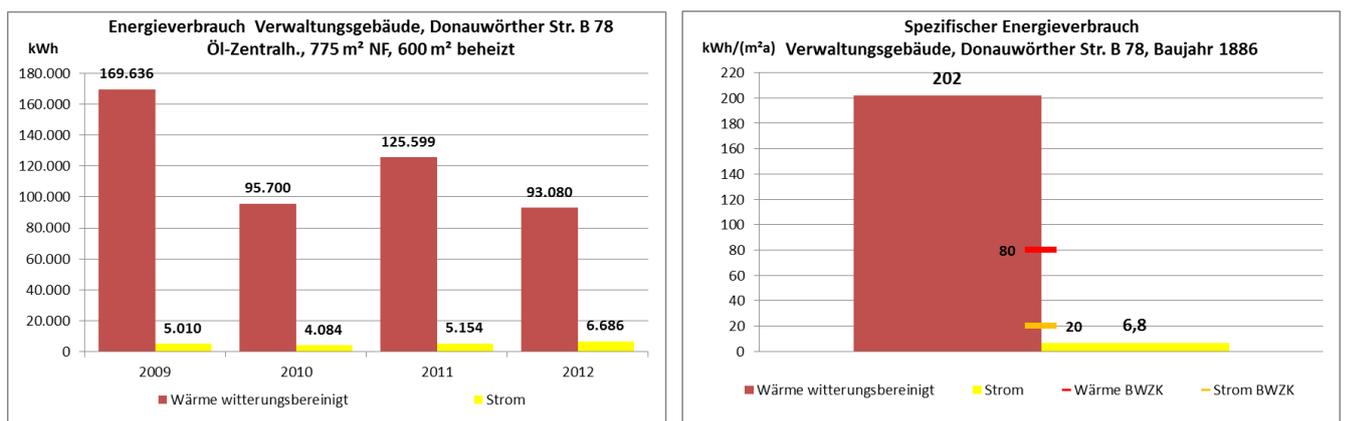
**Abbildung 130: Benchmark Büro,- Geschäftsgebäude, Amalienstr. A 47**



Der spezifischer Energieverbrauch mit 114 kWh/m² liegt nahe am Vergleichswert. Nach Aussagen von Nutzern befindet sich die Gebäudehülle allerdings in einem schlechten Zustand. Des Weiteren verursachen schlecht isolierende Außenwände und Zugscheinungen an den Fenstern hohe Unbehaglichkeit.

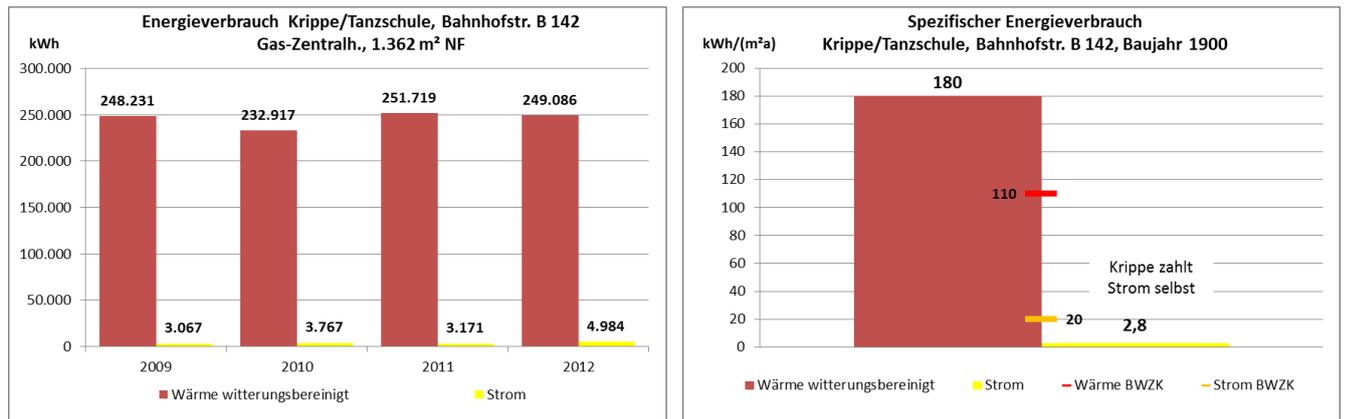
**Abbildung 131: Benchmark Marstallhalle, Gästeinfo, Wohn- Geschäftsgebäude Ottheinrich-Platz**

Es besteht ein sehr niedriger spezifischer Energieverbrauch, da die Nutzung sehr unterschiedlich ist. Der Marstall ist z. B. kaum beheizt. Sinnvoll wäre die Dämmung im Dachstuhl des Maschinenrings.

**Abbildung 132: Benchmark Verwaltungsgebäude Donauwörther Str. B 78**

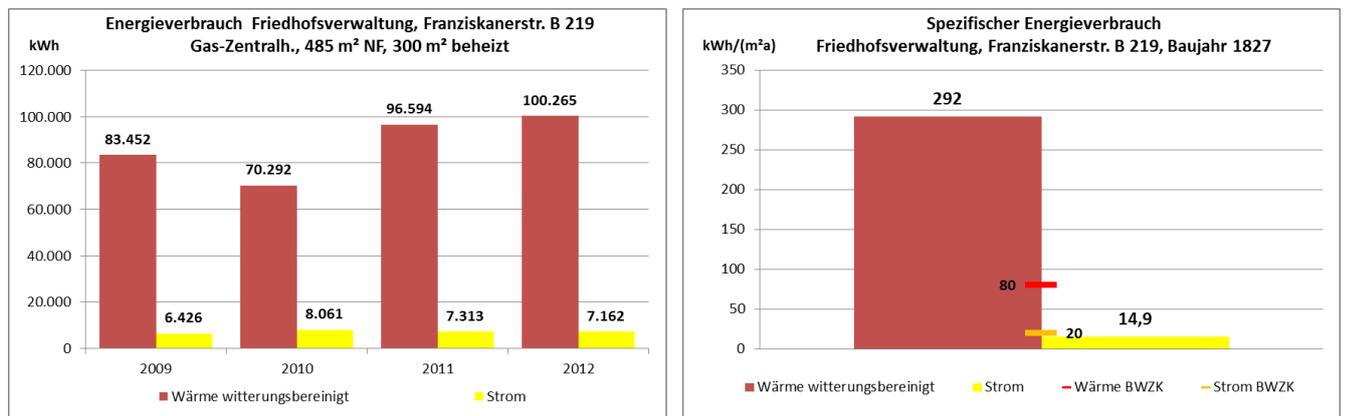
Es herrscht sehr hoher Wärmeverbrauch. 2013 wurden Lufterhitzer durch Heizkörper ersetzt, wodurch sich der Wärmeverbrauch reduzieren sollte. Die Dämmung des Daches wäre eine weitere sinnvolle Maßnahme.

Ab Januar 2014 beginnt die Nutzung des Gebäudes als Theater (Traumtheater), weshalb auch die Heizung und Beleuchtung angepasst werden sollte.

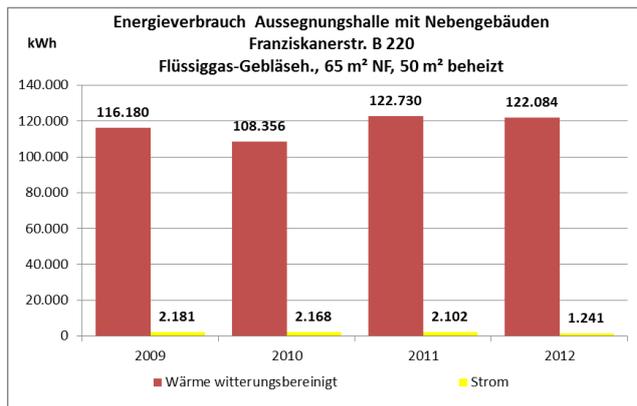
**Abbildung 133: Benchmark Krippe/Tanzschule Bahnhofstr. B 142**

Im Bereich der Krippe ist eine Dachdämmung vorhanden. Weitere Einsparpotenziale durch Fassadendämmung und durch den Austausch der alten Fenster ist zusätzlich möglich.

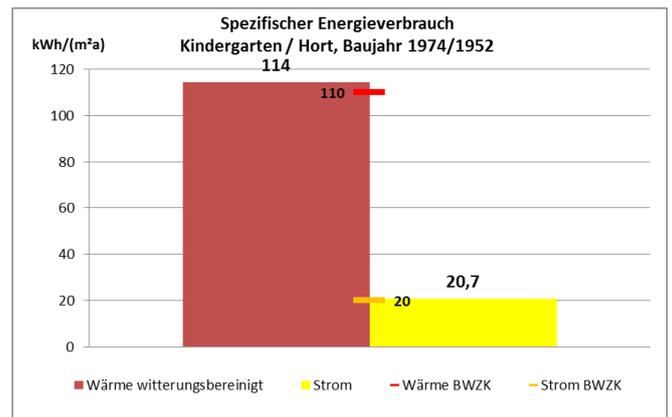
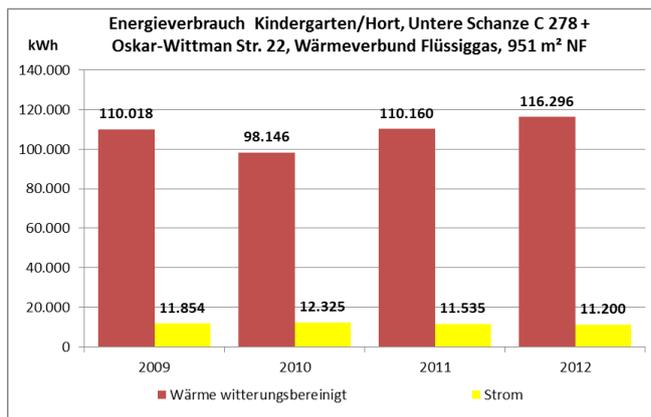
Es liegt ein geringer spezifischer Stromverbrauch vor, da die Krippe die Stromkosten selber übernimmt.

**Abbildung 134: Benchmark Friedhofsverwaltung Franziskanerstr. B 219**

Es liegt ein hoher Wärmeverbrauch vor, da eine sehr schlechte Dachdämmung vorhanden ist. Für weitere Energieeinsparungen sollte außerdem ein Windfang eingebaut werden.

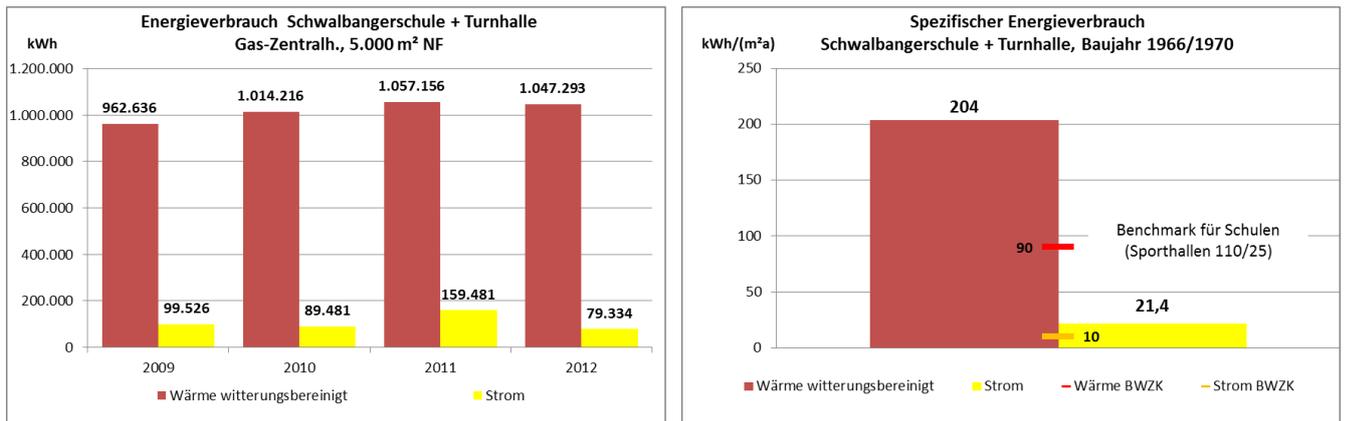
**Abbildung 135: Benchmark Aussegnungshalle mit Nebengebäuden Franziskanerstr. B 220**

In den Jahren 2011 und 2012 lässt sich ein konstanter Wärmeverbrauch vorweisen. Da der Flächenbezug nicht geklärt werden konnte, lässt sich keine Aussage über den spezifischen Verbrauch in kWh/m<sup>2</sup> treffen.

**Abbildung 136: Benchmark Kindergarten/Hort Untere Schanze C 278**

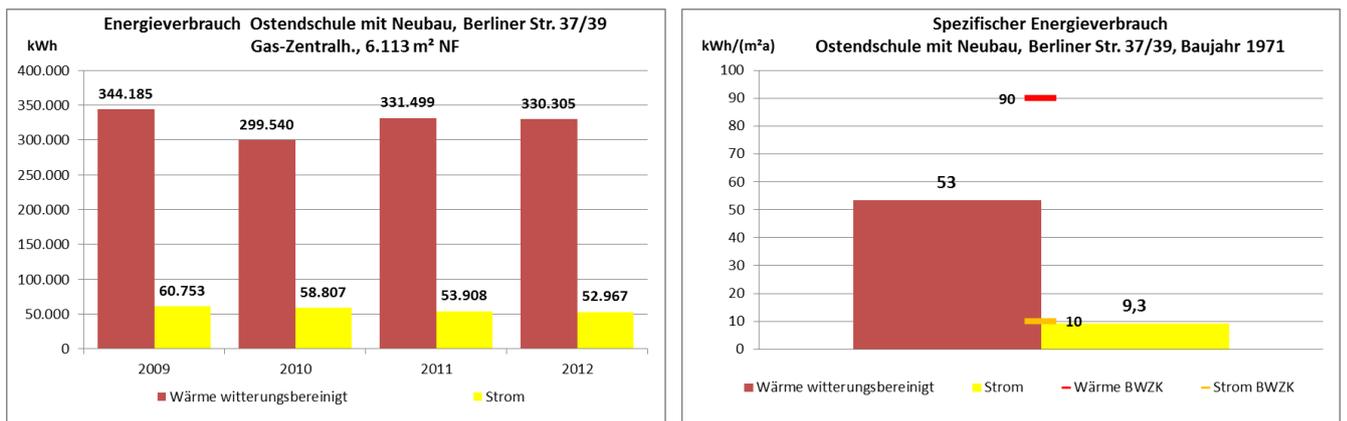
Gute Verbrauchswerte für ein Gebäude der Baualtersklassen 50er und 70er Jahre.

**Abbildung 137: Benchmark Schwalbangerschule mit Turnhalle**

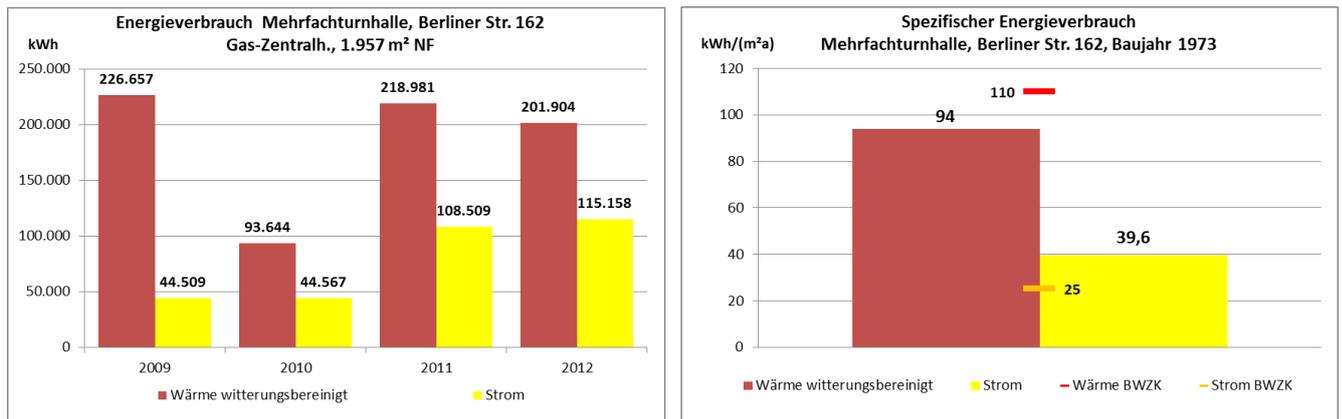


Es liegen sehr hohe Energieverbräuche bei Wärme und Strom vor, jedoch wird die Schwalbangerschule mit Turnhalle derzeit energetisch saniert.

**Abbildung 138: Benchmark Ostendschule mit Neubau**

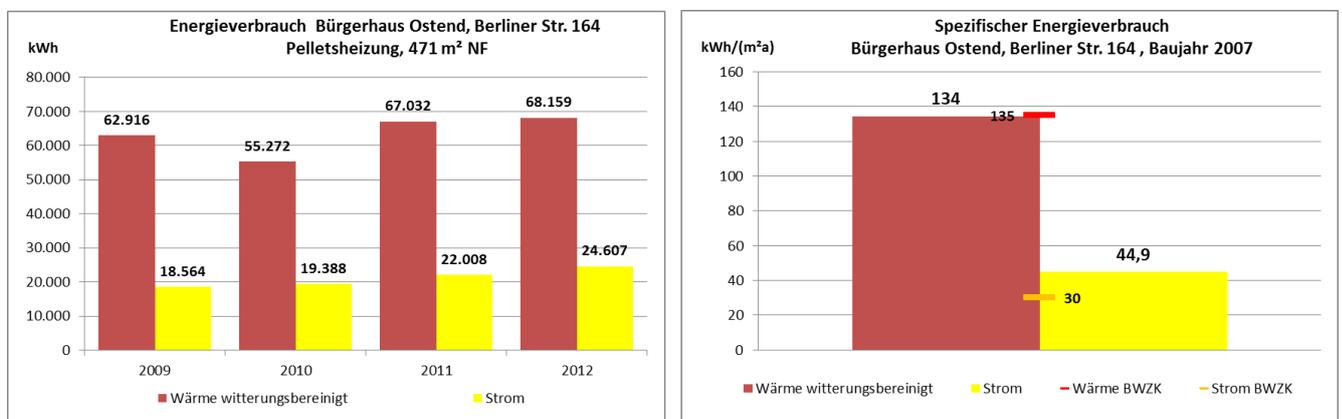


Die Ostendschule wurde 1998/99 energetisch saniert. Dadurch reduzierte sich der Wärmeverbrauch deutlich, welcher nun einen Wert von 53 kWh/m<sup>2</sup> erreicht hat.

**Abbildung 139: Benchmark Mehrfachturnhalle Berliner Str. 162**

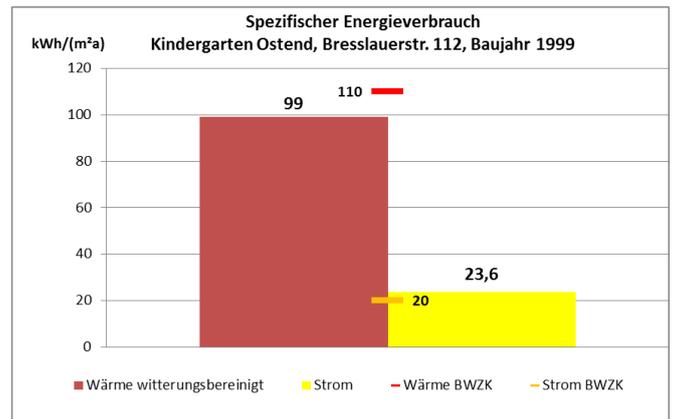
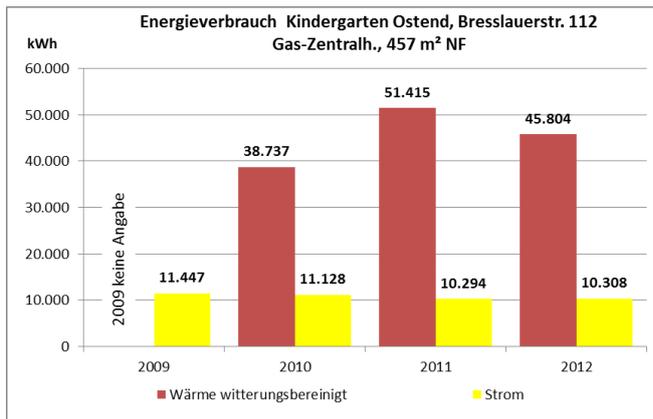
Insgesamt liegt ein geringer spezifischer Wärmeverbrauch vor, welcher vor allem aufgrund der niedrigen Werte im Jahr 2010 entsteht. Es war nicht möglich die Ursache für diesen geringen Wärmeverbrauch in 2010 herauszufinden. In Hinblick auf weitere Verbesserungen muss die Heizung erneuert werden und zusätzlich ist ein Anschluss an Fernwärme geplant.

Es herrscht ein hoher Stromverbrauch, da insbesondere Beleuchtung und Lüftung sehr intensiv genutzt werden. Es wurden bereits neue T5 Röhren eingesetzt, wodurch sich der Stromverbrauch zukünftig reduzieren sollte.

**Abbildung 140: Benchmark Bürgerhaus Ostend**

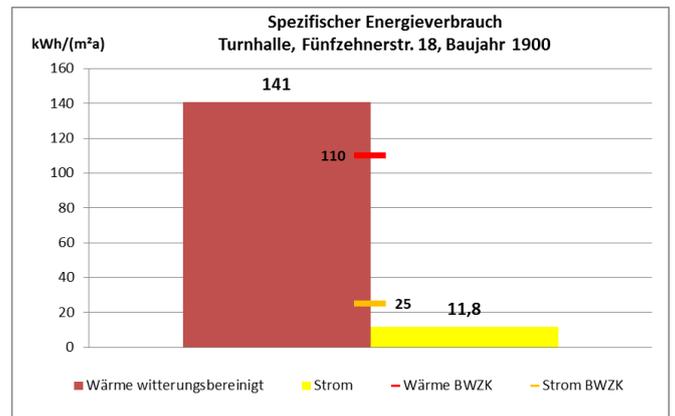
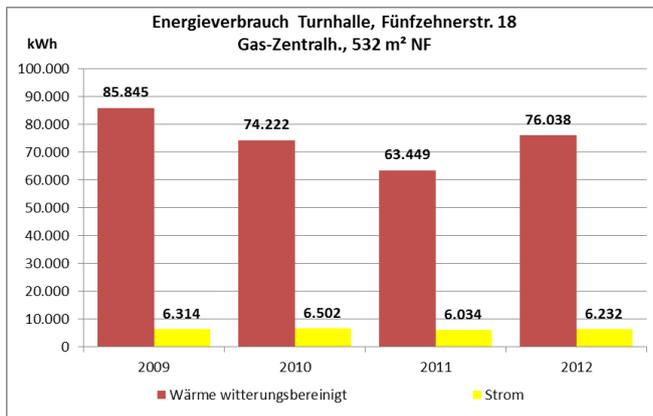
Es ist ein sehr hoher Stromverbrauch zu vermerken, welcher durch die intensive Küchennutzung entsteht.

**Abbildung 141: Benchmark Kindergarten Ostend**



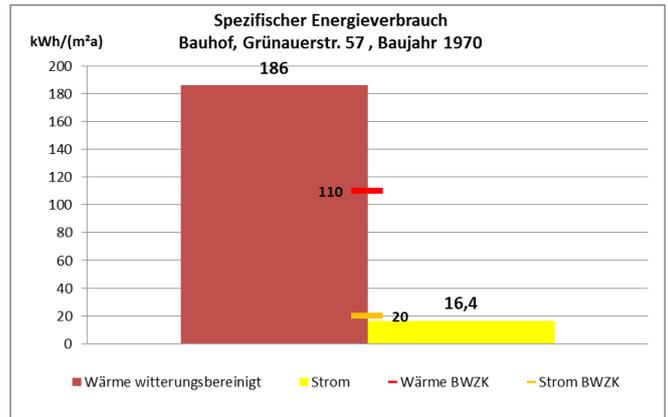
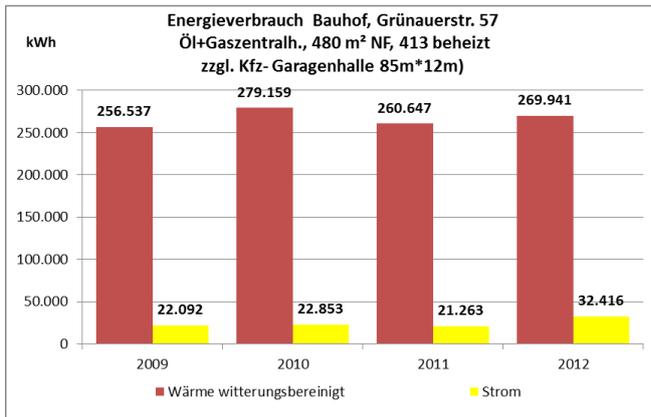
Geringer Wärmeverbrauch entsprechend der Baualterklasse (Baujahr 1999).

**Abbildung 142: Benchmark Turnhalle Fünfzehnerstr. 18**



Im Jahr 2010 wurde ein neuer Heizkessel eingebaut. Anfänglich ließ sich ein Rückgang im Wärmeverbrauch verzeichnen, welcher jedoch im Jahr 2012 wieder deutlich anstieg. Eine Dämmung des Dachbodens wäre umsetzbar.

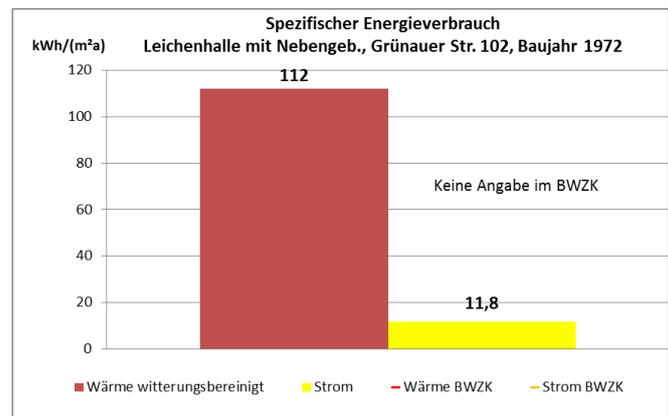
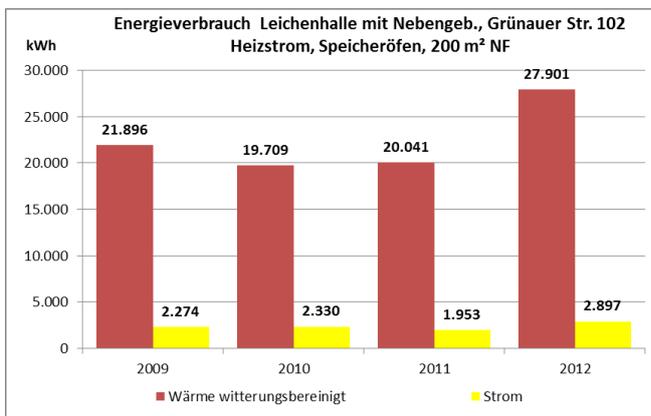
**Abbildung 143: Benchmark Bauhof Grünauerstr. 57**



Sowohl schlecht verarbeitete Fenster als auch die ungedämmte Fassade verursachen einen hohen Wärmeverbrauch. Hier sind deutliche Einsparpotenziale vorhanden. Die neu gebaute Lagerhalle wird in Zukunft zusätzlich Energie verbrauchen.

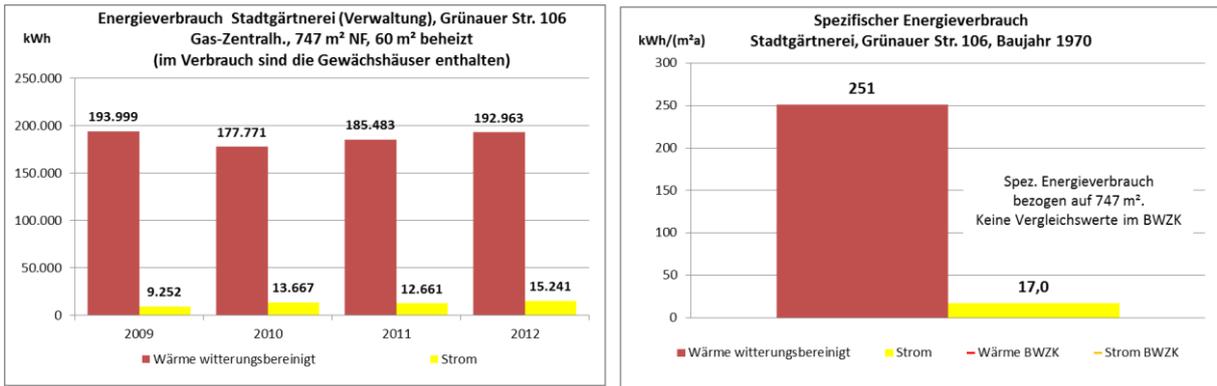
(Die Fläche der Kfz-Garagenhalle wurde berücksichtigt.)

**Abbildung 144: Benchmark Leichenhalle mit Nebengebäude**



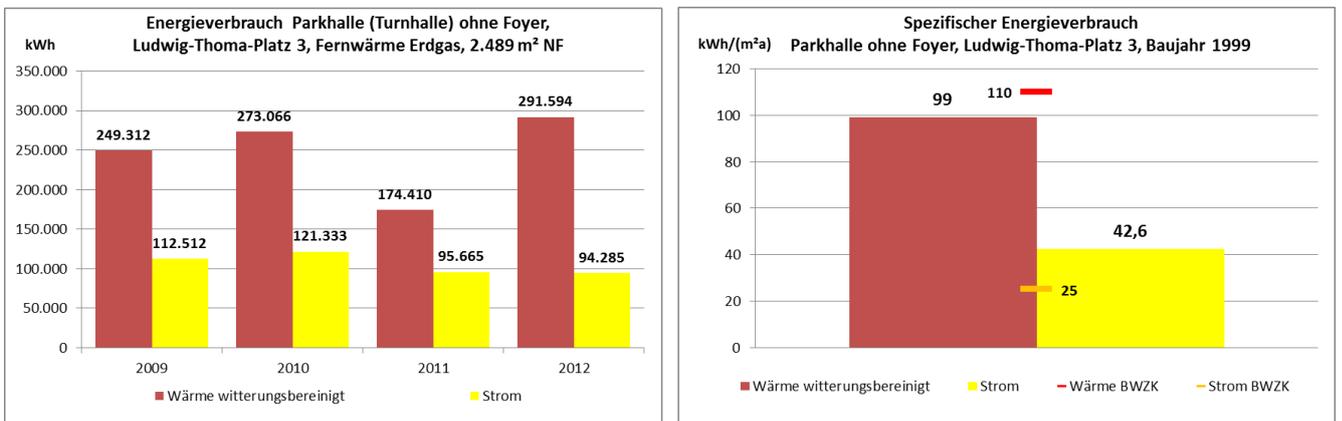
Die Anzeige beim Wärme- und Stromverbrauch 2011/2012 konnte nicht geklärt werden.

**Abbildung 145: Benchmark Stadtgärtnerei**

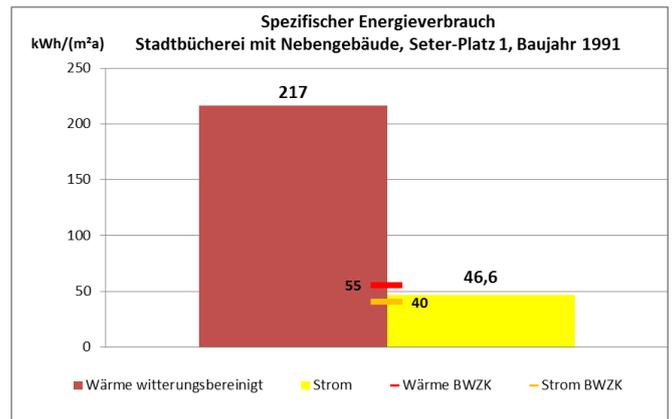
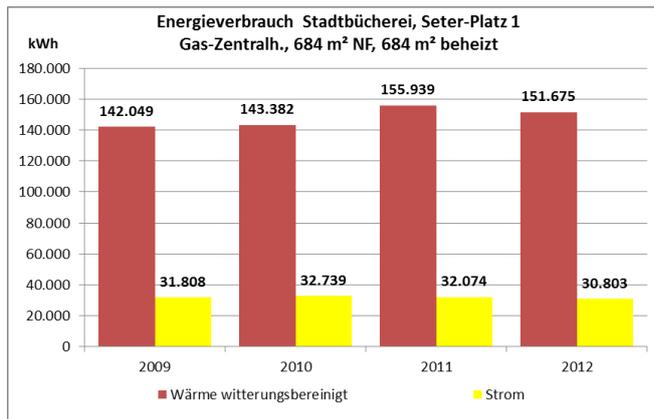


Es sind keine Vergleichswerte im BWZK vorhanden. Der Energieverbrauch ist relativ konstant.

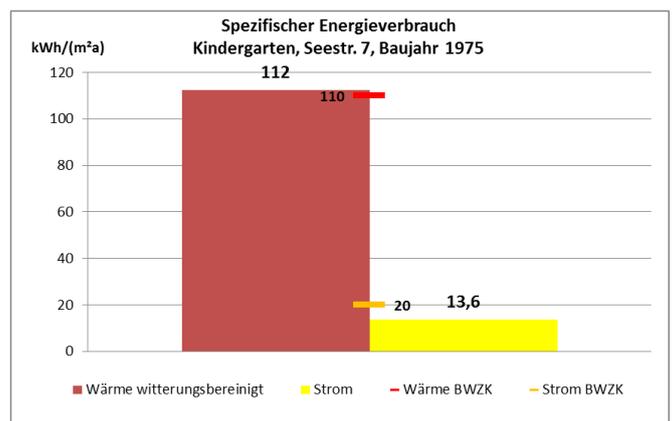
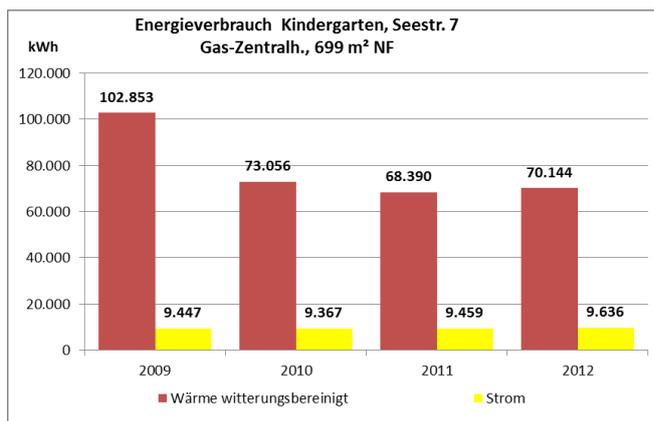
**Abbildung 146: Benchmark Parkhalle**



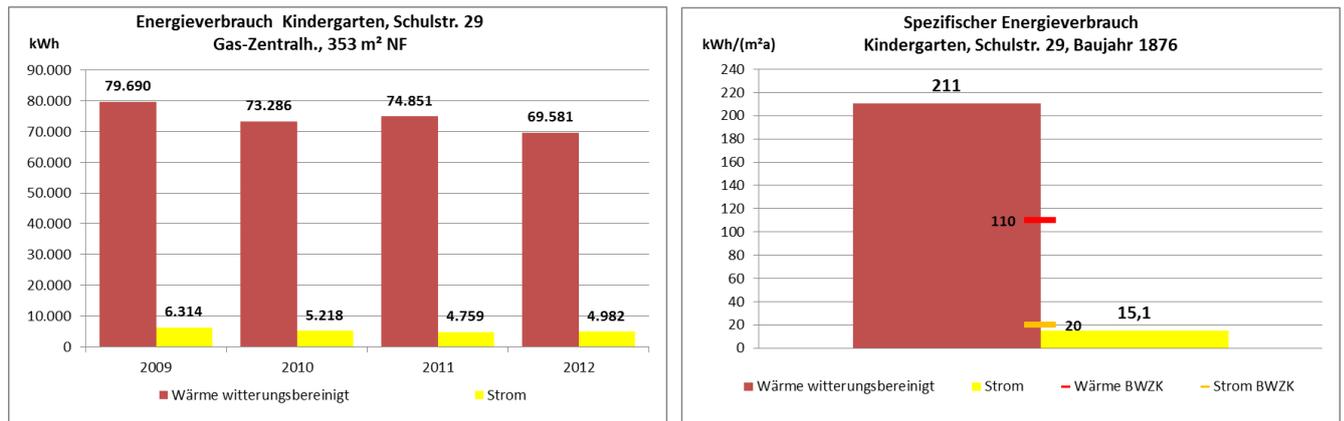
Es liegt ein hoher Stromverbrauch vor, da die Parkhalle intensiv als Turnhalle genutzt wird. Die Optimierung der Beleuchtung könnte sich als Reduktionspotenzial erweisen.

**Abbildung 147: Benchmark Stadtbücherei**

Die Stadtbücherei hat einen sehr hohen Wärmeverbrauch für ein Gebäude aus den 90er Jahren (217 kWh/m<sup>2</sup>). Besonders der Glasturm in der Stadtbücherei verursacht sehr hohe Wärmeverluste.

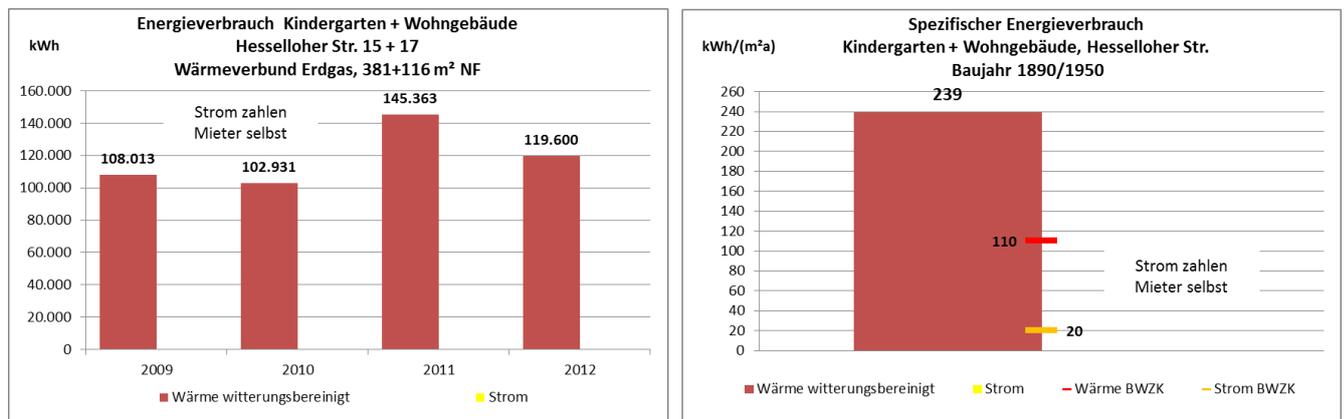
**Abbildung 148: Benchmark Kindergarten Seestr. 7**

Eine umfangreiche, energetische Sanierung führte zu einer deutlichen Reduktion des Energieverbrauchs. Im Kindergarten Seestraße wurde das Dach und die Fassade gedämmt, die Beleuchtung erneuert sowie eine neue Heizung eingebaut.

**Abbildung 149: Benchmark Kindergarten Schulstr. 29**

Im Jahr 1976 hatte eine Erweiterung des Kindergartens stattgefunden, welcher zudem zur Kinderkrippe umfunktioniert wurde. Wegen der hohen Kosten, die bei der Umfunktionierung entstanden, wurden bisher keine energetischen Sanierungsmaßnahmen durchgeführt.

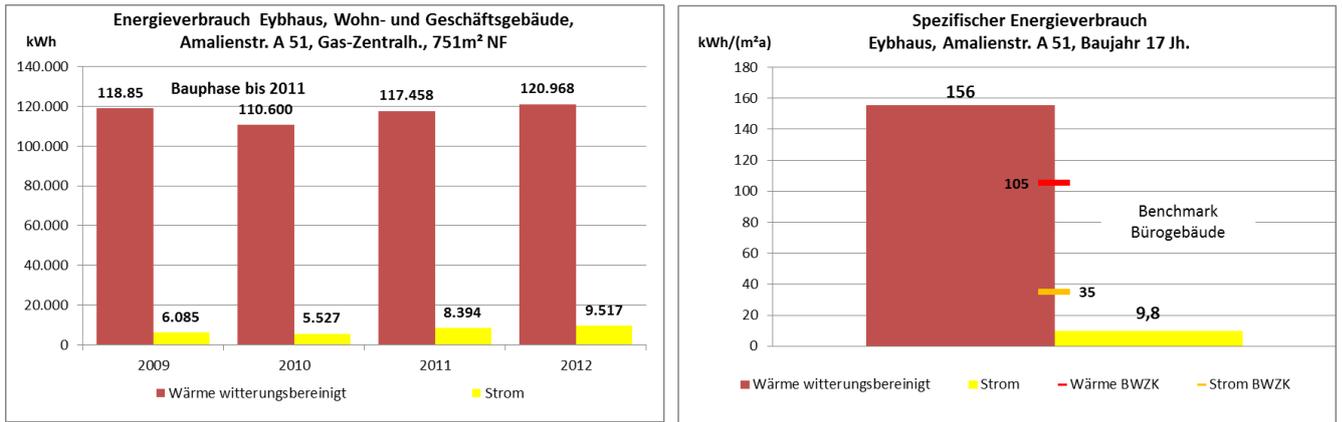
Die Dämmung des Dachs sollte nichtsdestotrotz in Angriff genommen werden.

**Abbildung 150: Benchmark Kindergarten + Wohngebäude Hesselloher Str. 15+17**

Der Kindergarten wurde 1993/94 energetisch saniert. Im Wohngebäude Hesselloher Str. 17 wurden bereits neue Fenster eingebaut. Trotz der bereits durchgeführten Maßnahmen haben die Gebäude einen sehr hohen spezifischen Wärmeverbrauch von 239 kWh/m<sup>2</sup>.

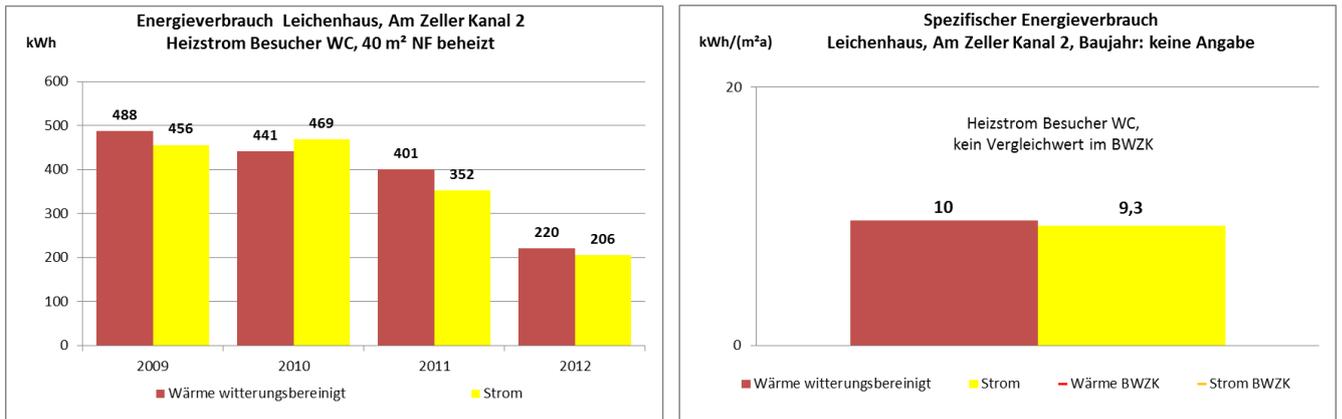
Es sollte die Dämmung der Fernwärmeleitung überprüft werden.

**Abbildung 151: Benchmark Eybhaus (Wohn- und Geschäftsgebäude)**



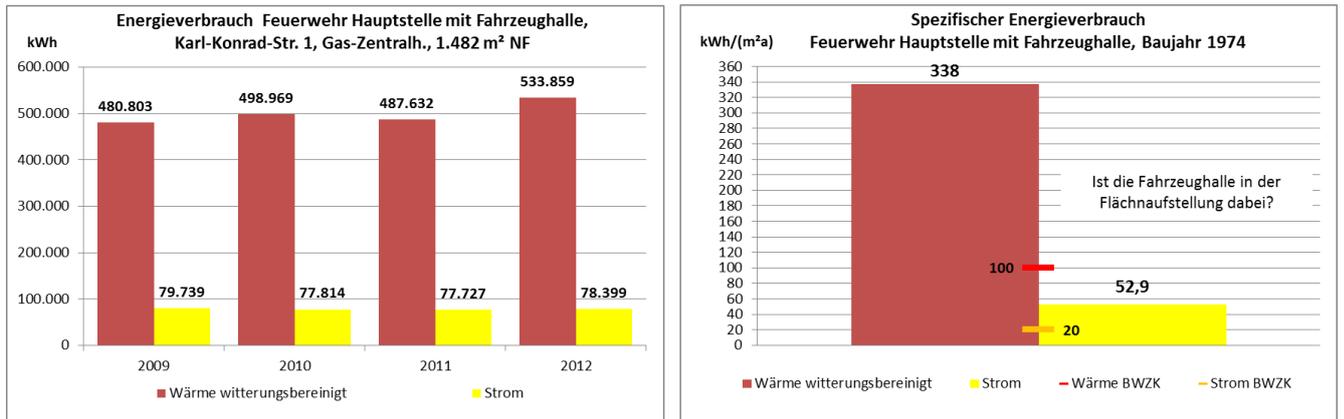
Um den Wärmeverbrauch zu reduzieren sollte die oberste Geschosdecke gedämmt werden.

**Abbildung 152: Benchmark Leichenhaus, Am Zeller Kanal 2**



Im Leichenhaus wird lediglich das Besucher WC mit Strom beheizt.

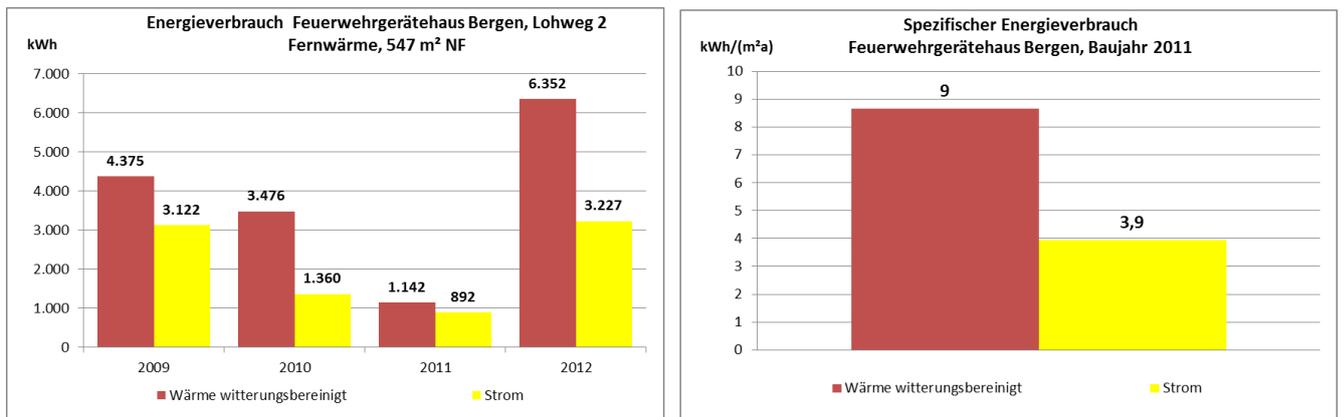
**Abbildung 153: Benchmark Feuerwehr Hauptstelle mit Fahrzeughalle**



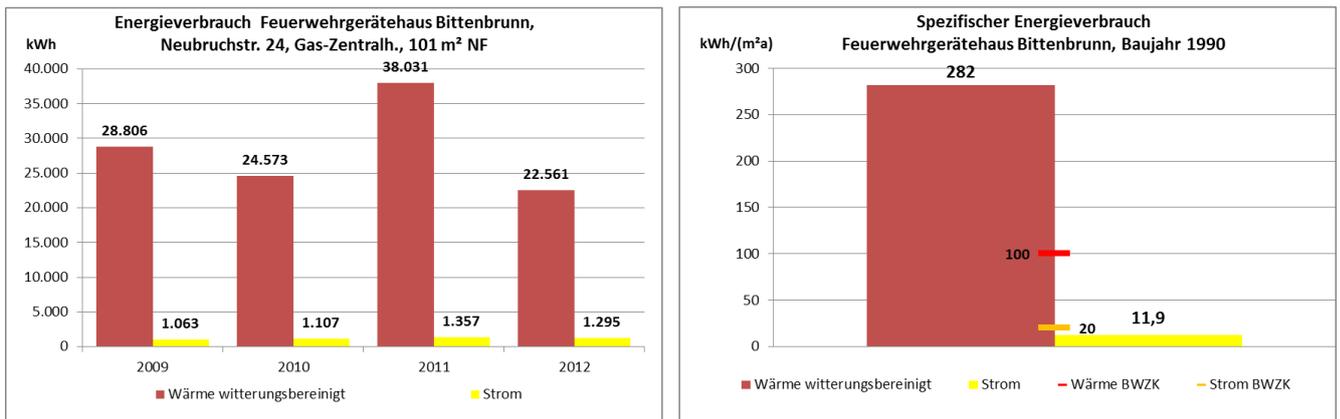
Eine Sanierung und Erweiterung der Feuerwehr Hauptstelle hat im Jahr 2006 stattgefunden. Es konnte nicht geklärt werden, ob die Fahrzeughalle in der Flächenaufstellung berücksichtigt ist. Schätzungsweise ist das der Grund für die hohen spezifischen Energieverbräuche.

Insgesamt gibt es 11 Feuerwehrhäuser in Neuburg a. d. Donau.

**Abbildung 154: Benchmark Feuerwehrgerätehaus Bergen**

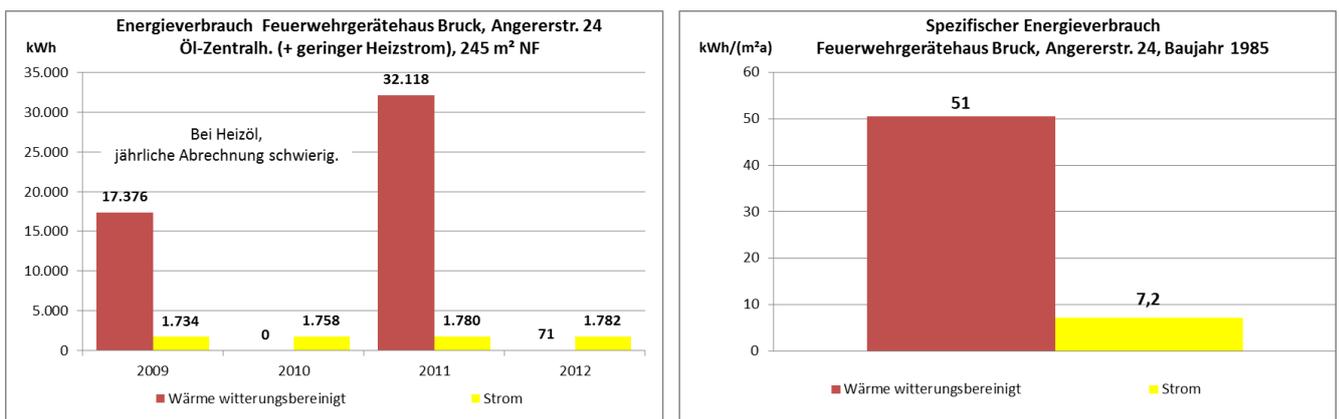


Umbaumaßnahmen im Jahr 2011 führten zu einem sehr geringen Energieverbrauch. Seit 2012 ist ein deutlicher Mehrverbrauch auch gegenüber 2009/10 zu vermerken, welcher sich durch den Bau einer neuen Fahrzeughalle begründen lässt. Des Weiteren wurde beobachtet, dass die beheizte Halle wiederholt offen stand. Hier sollte auf regelmäßiges Schließen geachtet werden. Die geringen spezifischen Verbräuche sind Folge der größtenteils temporären Nutzung zu Veranstaltungen etc.

**Abbildung 155: Benchmark Feuerwehrgerätehaus Bittenbrunn**

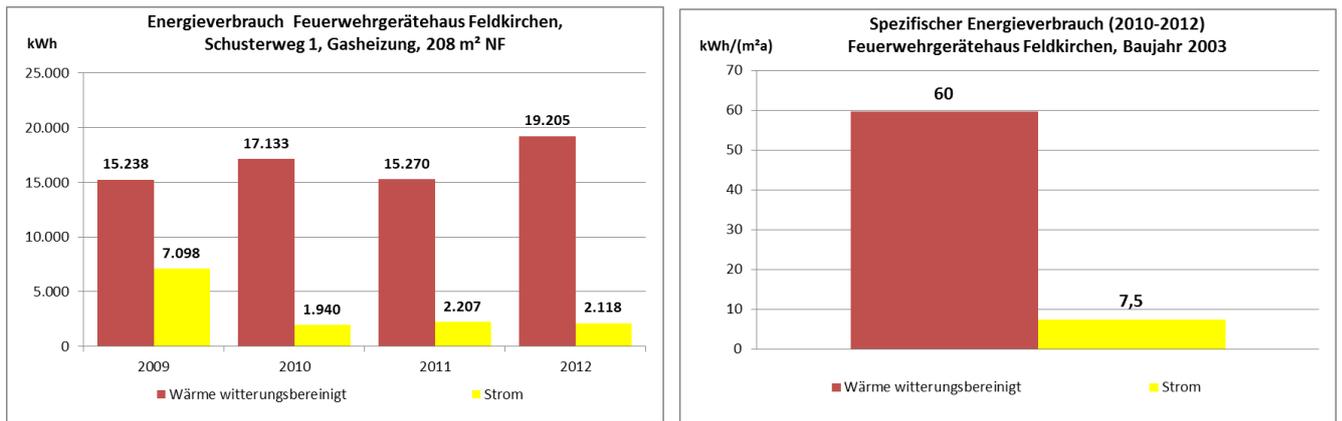
Die Ursache für den herausragenden Wärmeverbrauch im Jahr 2011 konnte nicht geklärt werden.

Der spezifische Wärmeverbrauch ist hoch, da die Gebäudehülle undicht ist. Außerdem ist das Dachgeschoss ungedämmt und es sind ineffiziente Luftheritzer in Gebrauch.

**Abbildung 156: Benchmark Feuerwehrgerätehaus Bruck**

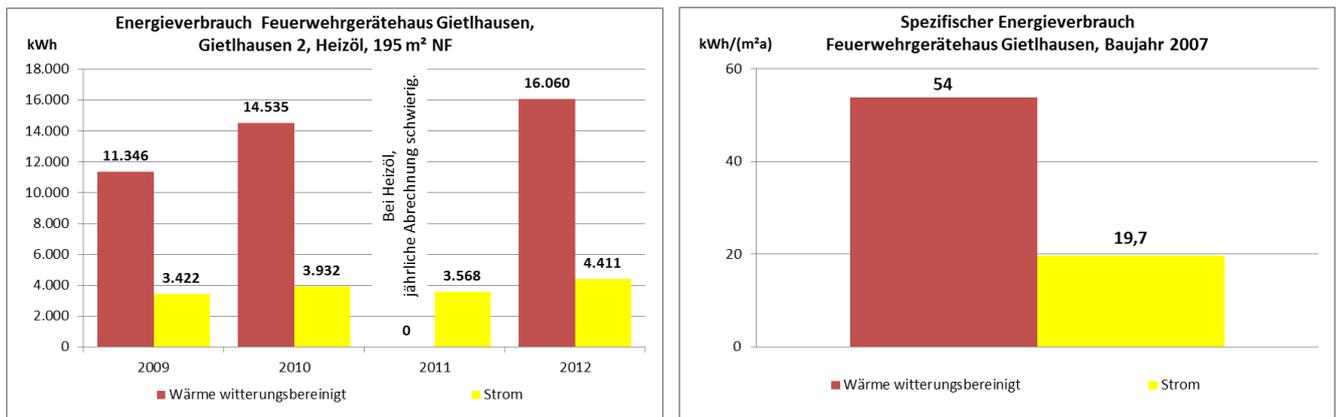
Die spezifischen Gebräuche sind gering, da das Feuerwehrgerätehaus lediglich temporär genutzt wird.

**Abbildung 157: Benchmark Feuerwehrgerätehaus Feldkirchen**



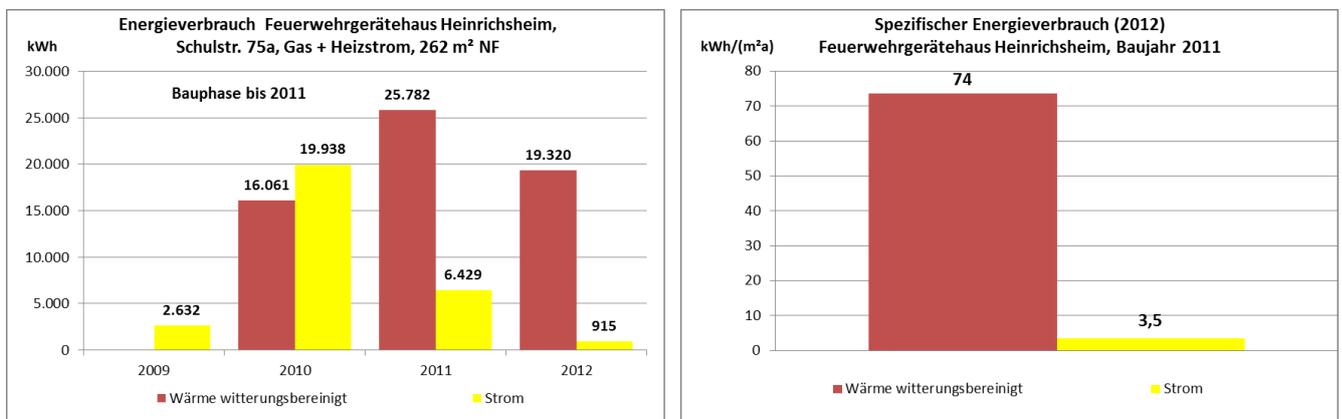
Die spezifischen Gebräuche sind gering, da das Feuerwehrgerätehaus lediglich temporär genutzt wird.

**Abbildung 158: Benchmark Feuerwehrgerätehaus Gietlhausen**



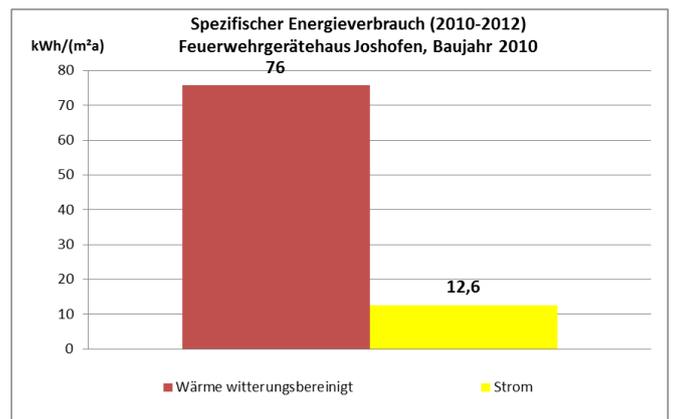
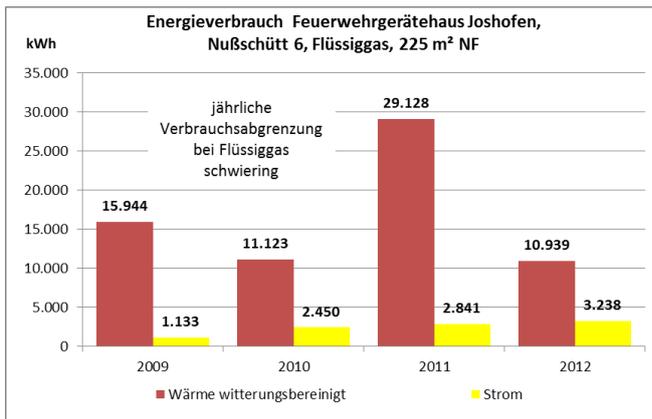
Die spezifischen Gebräuche sind gering, da das Feuerwehrgerätehaus lediglich temporär genutzt wird.

**Abbildung 159: Benchmark Feuerwehrgerätehaus Heinrichsheim**



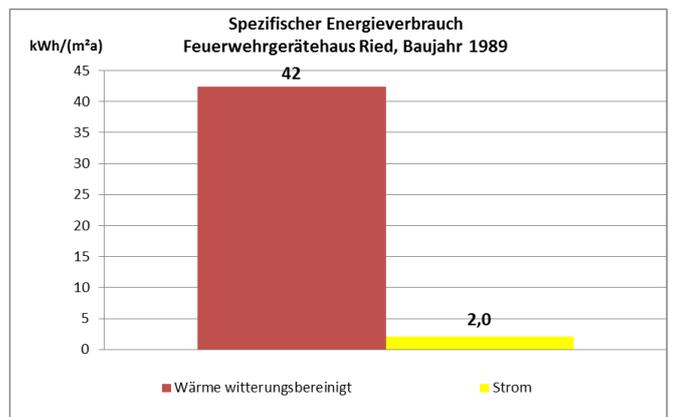
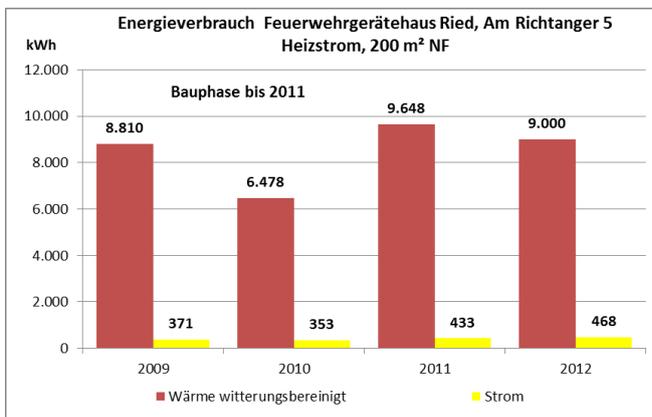
Die spezifischen Gebräuche sind gering, da das Feuerwehrgerätehaus lediglich temporär genutzt wird.

**Abbildung 160: Benchmark Feuerwehrgerätehaus Joshofen**



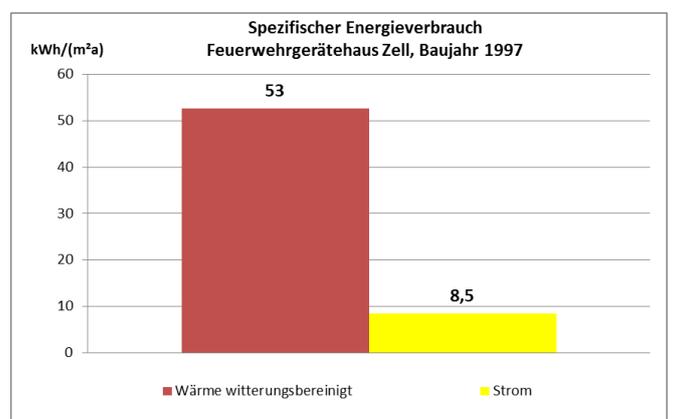
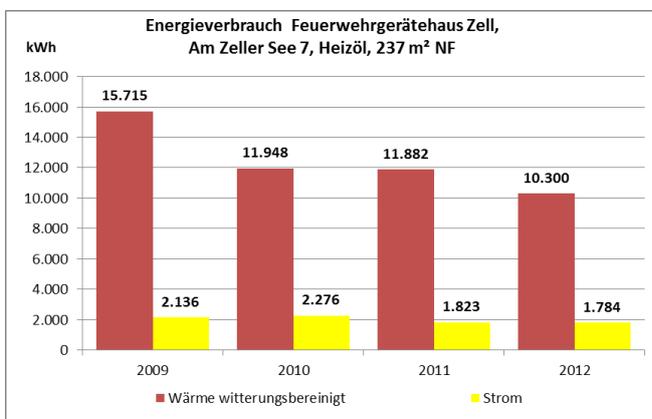
Die spezifischen Gebräuche sind gering, da das Feuerwehrgerätehaus lediglich temporär genutzt wird.

**Abbildung 161: Benchmark Feuerwehrgerätehaus Ried**

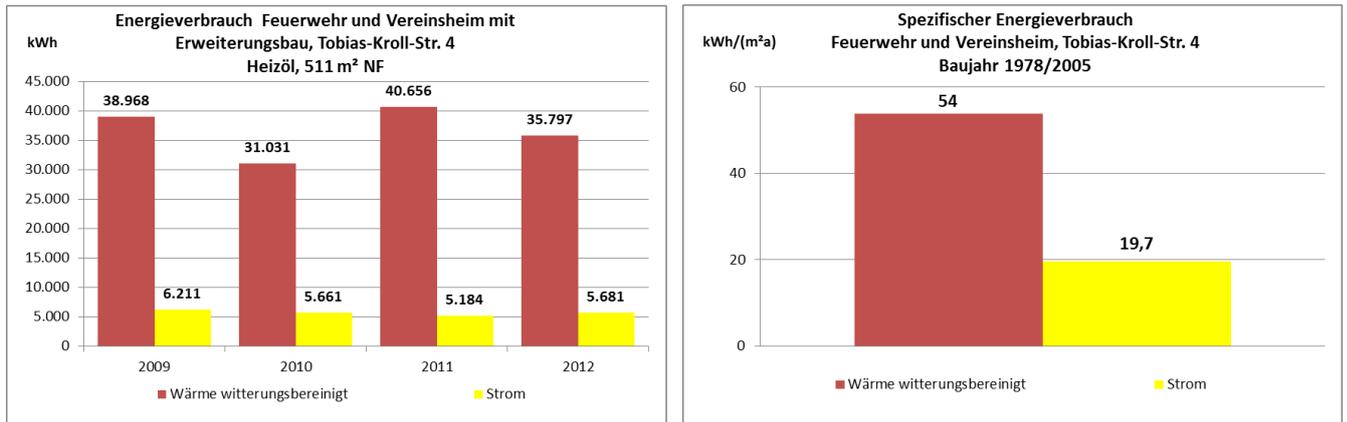


Die spezifischen Gebräuche sind gering, da das Feuerwehrgerätehaus lediglich temporär genutzt wird.

**Abbildung 162: Benchmark Feuerwehrgerätehaus Zell**



Die spezifischen Gebräuche sind gering, da das Feuerwehrgerätehaus lediglich temporär genutzt wird.

**Abbildung 163: Benchmark Feuerwehr und Vereinsheim, Tobias-Kroll-Str.**

Die spezifischen Gebräuche sind gering, da die Gebäude lediglich temporär genutzt werden.

## 7.2.2 Begehungsbericht Harmoniegebäude

Das Harmoniegebäude in der Amalienstraße A54 wurde im Jahr 1715 errichtet.

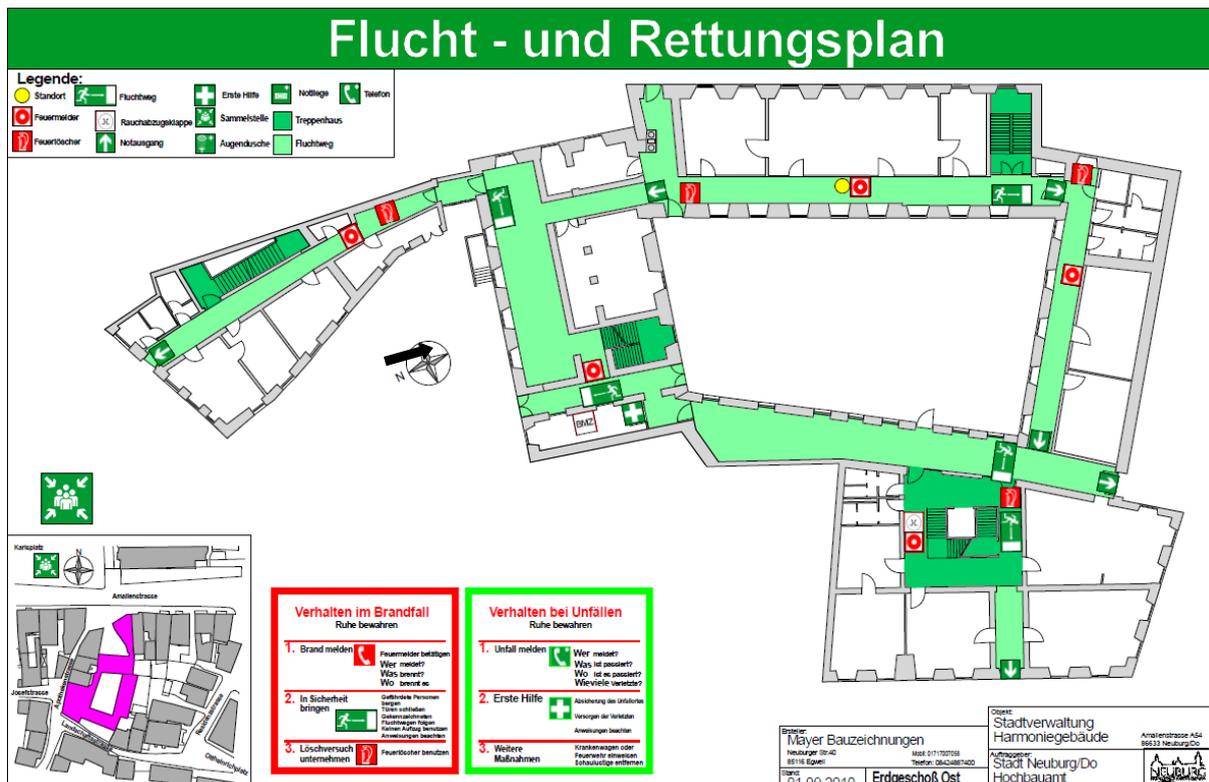
**Abbildung 164: Informationsschild Harmoniegebäude**



Seit 1980 wird es als Verwaltungsgebäude durch die Stadtverwaltung genutzt und umfasst 3.541 m<sup>2</sup> Nutzfläche, wovon rund 3.000 m<sup>2</sup> beheizt werden. Die Gebäudebegehung wurde am 19.02.2014 durchgeführt.

Der Flucht und Rettungsplan zeigt den Grundriss des Erdgeschosses des sehr verschachtelten Gebäudes, was zu einem energetisch ungünstigem A/V Verhältnis (Verhältnis von wärmeübertragender Hüllfläche und Gebäudevolumen) führt. Die Haupteinschließung erfolgt von Norden durch den Gebäudedurchgang.

**Abbildung 165: Flucht und Rettungsplan Harmoniegebäude**



Quelle: Stadt Neuburg

### 7.2.2.1 Gebäudehülle

Abbildung 166: Ansicht Nord von der Amalienstraße.



Der Haupteingang befindet sich im Innenhof.

Abbildung 167: Ansicht Nord mit Haupteingang



Folgende Tabelle zeigt die nach EnEV berechneten Energieeffizienzwerte (U-Wert) für die Außenbauteile im Vergleich zu den Anforderungen an einen Neubau:

| Bauteil   | U-Wert (W/m <sup>2</sup> K) | U-Wert Neubau (W/m <sup>2</sup> K) |
|---|-----------------------------|------------------------------------|
| UG: Mauerwerk verputzt bis ca. 115 cm Dicke                       | 0,74                        | 0,35                               |
| EG/OG: Mauerwerk verputzt 60 bis 100 cm Dicke                     | 1,20 - 0,80                 | 0,28                               |
| Fenster: 2-Scheiben Isolierverglasung mit Holzrahmen (80er-Jahre) | 2,70 – 3,00                 | 1,30                               |
| Oberste Geschosdecke 8-10 cm Dämmung                              | 0,39 – 0,33                 | 0,20                               |
| Boden EG mit geringer Trittschalldämmung                          | 1,00                        | 0,35                               |

Durch die historische Gebäudehülle entstehen hohe Wärmeverluste, die sich auch im spezifischen Wärmeverbrauch von 126 kWh/m<sup>2</sup>a widerspiegeln.

**Abbildung 168: Ansicht West Innenhof**

Der Flurbereich mit Dachgauben ist ungedämmt.

**Abbildung 169: Innenansicht Dachgeschoss**

Die Dämmstoffdicke der obersten Geschossdecke beträgt ca. 8-10 cm und ist mit Spanplatten belegt.

**Abbildung 170: Detail Dachgeschoss**

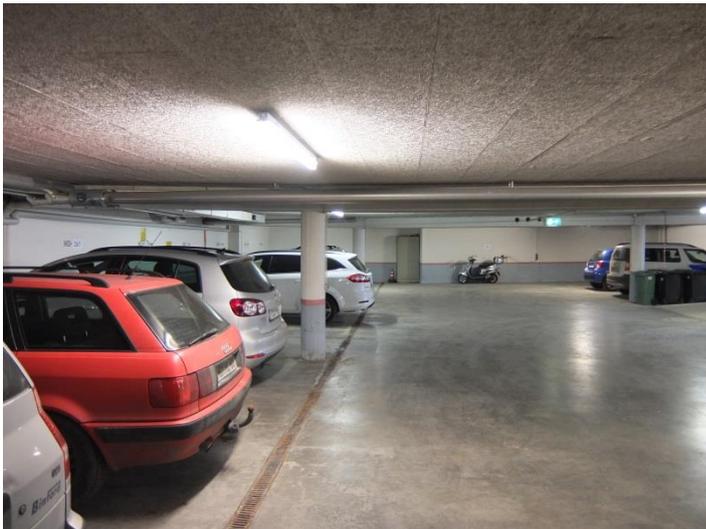
In Teilbereichen sind der Belag und die Dämmung schadhaft.  
Teilweise Auffüllungen mit Kies und Bauschutt.

**Abbildung 171: Holzfenster**

Die Holzfenster aus den frühen 80er Jahren wurden kürzlich frisch gestrichen.

Die Fenster verfügen über eine Dichtungsebene, die Dichtungsgummis werden ausgetauscht.

→ **Damit die Fenster dicht schließen, ist hier auf den nötigen Anpressdruck zu achten!**

**Abbildung 172: Tiefgarage**

Die Tiefgaragendecke unter dem Theater ist mit Heraklithplatten verkleidet. Inwieweit hier eine zusätzliche Dämmung vorhanden ist konnte nicht ermittelt werden.

**Fazit Gebäudehülle:**

- Eine Dämmung der historischen Außenwände würde die Wärmeverluste zwar deutlich reduzieren, ist aber aufgrund denkmalschutztechnischer Anforderungen unrealistisch.
- Die Holzfenster mit 2-Scheiben-Isolierverglasung machen optisch einen guten Eindruck. Da aber die Scheiben dieser Baualtersklasse noch nicht mit Edelgasen gefüllt sind, sind hier hohe Wärmeverluste vorhanden. Durch den Einbau neuer Fenster mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung lassen sich die Wärmeverluste der Fenster halbieren. Eine 3-Scheiben Verglasung reduziert die Wärmeverluste um bis zu weitere 20%.
- Durch Sanierung der obersten Geschossdecke auf EnEV-Neubau-Niveau (16-20 cm Dämmstoffdicke WLG 035) können die Wärmeverluste für dieses Bauteil um bis zu 40% reduziert werden.

Die genauen Einsparpotenziale die durch Sanierungsmaßnahmen möglich sind, können nur durch eine detaillierte energetische Berechnung (nach DIN V 18599) ermittelt werden.

#### **Förderung:**

Für die Sanierung von kommunalen Gebäuden stellt die KfW-Förderbank im Programm 218 „Energetische Stadtsanierung - Energieeffizient Sanieren“ zinsgünstige Kredite zur Verfügung (derzeit 0,1%).

|                                       | Effizienz.    | Effizienz.    | Effizienz.   | Effizienz.   | Effizienz.   |
|---------------------------------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
|                                       | 55            | 70            | 85           | 100          | Denkmal      |
| <b>Tilgungszuschuss</b>               | <b>12,50%</b> | <b>10,00%</b> | <b>7,50%</b> | <b>5,00%</b> | <b>2,50%</b> |
| Primärenergiebedarf ( $Q_p$ )         | 55%           | 70%           | 85%          | 100%         | 160%         |
| Transmissionswärmeverluste ( $H'_t$ ) | 70%           | 85%           | 100%         | 115%         | -----        |

Je nach Sanierungsniveau und Effizienzhausklasse bekommt man zusätzlich noch einen Tilgungszuschuss bis zu 12,5% der förderfähigen Investitionen.

In jedem Fall ist vor Sanierung eine detaillierte Energieberatung mit Detailberechnung notwendig.

#### **7.2.2.2 Heizungstechnik**

Die Erdgas-Heizzentrale im Harmoniegebäude versorgt einen Wärmeverbund mit den angrenzenden Gebäuden Residenzstraße 66/67 und Landschaftsstraße A 68. Im Wärmeverbund sind in den versorgten Gebäuden keine Wärmemengenzähler installiert.

➔ **Es sollte in jedem Gebäude ein Unterzähler nachgerüstet werden.**

**Abbildung 173: Kessel 1**



Fabrikat Buderus GE515, Baujahr 2003, Kesselleistung 455 KW mit Weißhauptbrenner Typ G5/1-D, Ausführung ZMD-LN, Baujahr 2004.

Abbildung 174: Kessel 2



Fabrikat Buderus Lolar, Bauart 43w/11, Baujahr 1978  
Der Kessel 2 ist nicht mehr in Betrieb und wird in Kürze entsorgt.

Abbildung 175: Gaszähler



Da sich die Kesselleistung deutlich reduziert sollte geprüft werden ob die vorhandene Gaszählergröße, derzeit G40, reduziert werden kann. Dies würde vermutlich die monatlichen Grundgebühren reduzieren.

Abbildung 176: Haupt-Wärmemengenzähler



Der Hauptwärmemengenzähler zeigte zum Zeitpunkt der Begehung einen Verbrauch von 1.923,56 MWh an. Aufgrund des ausgelesenen Gesamtvolumenstromes ergibt sich eine durchschnittliche Temperaturdifferenz von 25,85 Kelvin. Diese Temperaturdifferenz deutet auf einen gut angepassten Volumenstrom hin.

**Abbildung 177: Druckhaltestation**

Kurz vor der Begehung wurde ein zusätzliches Ausdehnungsgefäß eingebaut.

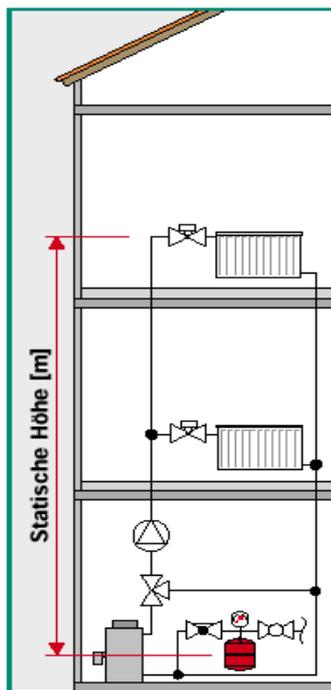
**Abbildung 178: Typenschild Ausdehnungsgefäß**

Der Vordruck des neuen Ausdehnungsgefäßes wurde auf 2,3 bar eingestellt.

→ Da die gesamte Anlage aber mit einem Druck von ca. 2 bar betrieben wird, war keine Wasservorlage im Druckbehälter vorhanden.

Dies bitte unbedingt nochmals prüfen lassen und ggf. den Vordruck gemäß der Anlage anpassen.

Abbildung 179: Drücke in einer Heizungsanlage



| Komponenten - Drücke |               |                   | Anlagen - Drücke |               |
|----------------------|---------------|-------------------|------------------|---------------|
| Statische Höhe       | Vordruck -MAG | Sicherheitsventil | Fülldruck min.   | Enddruck max. |
| 0 bis 10 m           | 1,0 bar       | 2,5 bar           | 1,5 bar          | 2,0 bar       |
|                      |               | 3,0 bar           | 1,5 bar          | 2,5 bar       |
| 10 bis 15 m          | 1,5 bar       | 3,0 bar           | 2,0 bar          | 2,5 bar       |

Abbildung 180: Anlagenschema mit Wärmeerzeugung und Wärmeverteilung

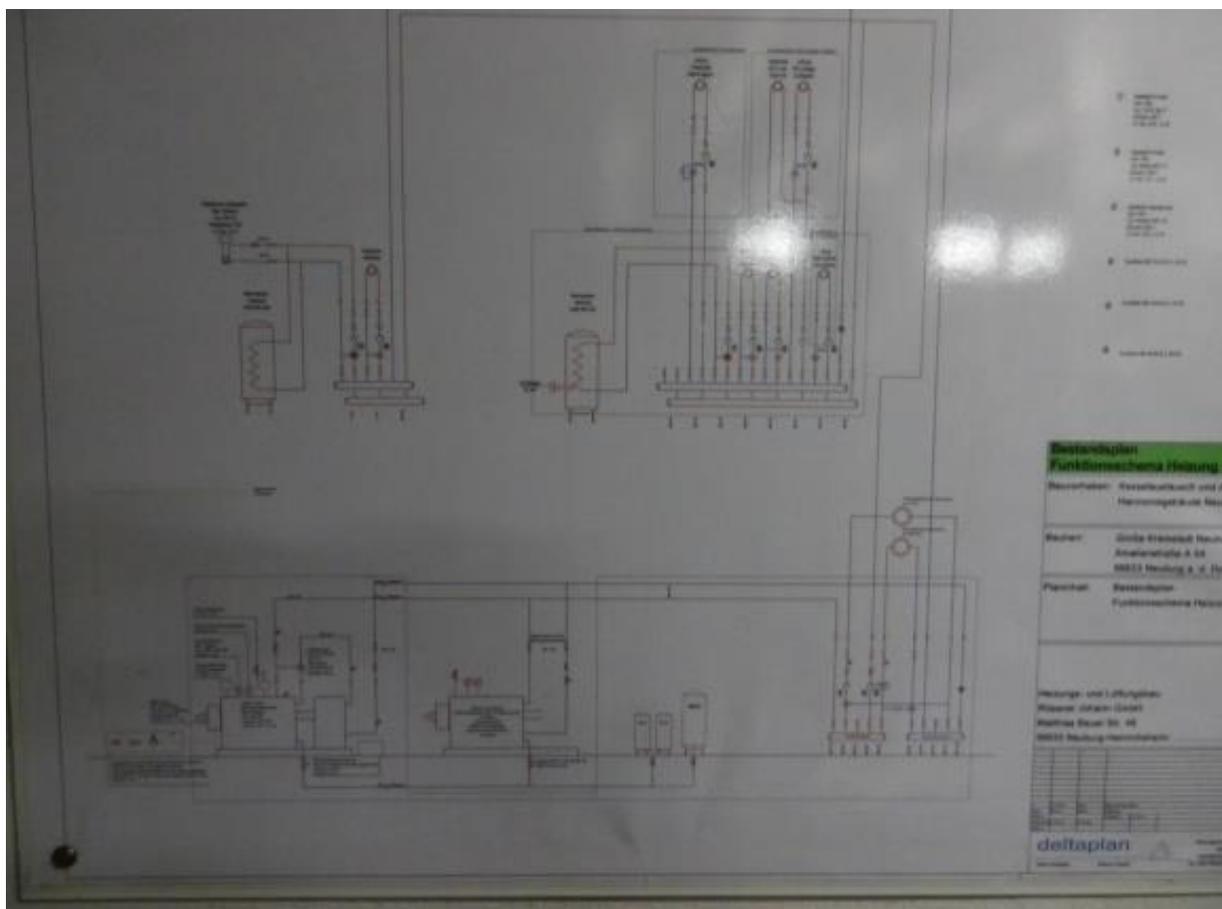


Abbildung 181: Regelung



Die Regelung der Heizungsanlage der Firma Riedel aus Berlin.

Alle eingestellten Parameter wie Steilheit, Parallelverschiebung, Tag- und Nachttemperaturen, Sommer-Winterumschaltung und die Heizzeiten sollten geprüft und dokumentiert werden.

➔ Hier ist dringend eine Wartung und eine Unterweisung des Personales notwendig!

➔ Die Installierte Regelung sollte jährlich über Fernwartung und zweijährlich vor Ort gewartet werden. Der Abschluss eines Wartungsvertrages wird empfohlen!

Abbildung 182: Aufstellung der eingebauten Regler und deren Regelkreise

|    | A         | B                           | C           | D                                    | E                                      | F   | G   | H   | I     | J     | K     | L     | M     | N   | O    | P  | Q  | R         | S | T | U     |
|----|-----------|-----------------------------|-------------|--------------------------------------|--|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-----|------|----|----|-----------|---|---|-------|
|    | ISP       | Standort                    | Adr. Anlage | Bezeichnung                          | R36E                                   | R33 | R37 | R38 | R39rr | R39rg | R39gg | TF100 | TF300 | AnF | KanF | RF | AF | Bemerkung |   |   |       |
| 1  |           |                             |             |                                      |  |     |     |     |       |       |       |       |       |     |      |    |    |           |   |   |       |
| 2  | 11-ISP-01 | Harmoniegeb. Heizzentrale   | 250 R101    | Gebäudemanager                       |  |     |     |     |       |       |       |       |       |     |      |    |    |           |   |   |       |
| 3  |           |                             |             |                                      |  |     |     |     |       |       |       |       |       |     |      |    |    |           |   |   |       |
| 4  |           |                             |             |                                      |  |     |     |     |       |       |       |       |       |     |      |    |    |           |   |   |       |
| 5  |           |                             | 1           | Kessel                               | Buderus GE515 515kW                    | 1   |     |     |       |       |       |       |       |     |      |    |    |           |   |   | Modem |
| 6  |           |                             |             | Heizkr. 1                            | Fußbodenheizung Harmonie               |     |     |     |       |       |       |       |       |     |      |    |    |           |   |   |       |
| 7  |           |                             |             | Heizkr. 2                            | Zubringer Nebengebäude                 |     |     |     |       |       |       |       |       |     |      |    |    |           |   |   |       |
| 8  |           |                             |             | Heizkr. 3                            | Raumheizung Harmonie                   |     |     |     |       |       |       |       |       |     |      |    |    |           |   |   |       |
| 9  |           |                             | 2           | Abluft 1                             |  | 1   |     |     |       |       |       |       |       |     |      |    |    |           |   |   |       |
| 10 |           |                             |             | Abluft 2                             |  |     |     |     |       |       |       |       |       |     |      |    |    |           |   |   |       |
| 11 |           |                             |             | Abluft 3                             |  |     |     |     |       |       |       |       |       |     |      |    |    |           |   |   |       |
| 12 |           |                             |             |                                      |  |     |     |     |       |       |       |       |       |     |      |    |    |           |   |   |       |
| 13 | 12-ISP-01 | Härthaus Unterverteilung    | 3           | Heizkr. 1                            | Heizkörper                             | 1   |     |     |       |       |       |       |       |     |      |    |    |           |   |   |       |
| 14 |           |                             |             | WWB                                  | Speicher 500l, LP, Ventil, ZP, E-Hz    |     |     |     |       |       |       |       |       |     |      |    |    |           |   |   |       |
| 15 |           |                             |             |                                      |  |     |     |     |       |       |       |       |       |     |      |    |    |           |   |   |       |
| 16 |           |                             |             |                                      |  |     |     |     |       |       |       |       |       |     |      |    |    |           |   |   |       |
| 17 | 13-ISP-01 | Löbischhaus Schaltschrank 1 | 4           | Heizkr. 1 (RF)                       | Fußbodenheizung Foyer                  | 1   |     | 1   |       |       |       | 1     |       | 1   |      | 1  | 1  |           |   |   |       |
| 18 |           |                             |             | Heizkr. 2 (RF)                       | stat. Heizung Theater                  |     |     |     |       |       |       | 1     |       | 1   |      | 1  |    |           |   |   |       |
| 19 |           |                             |             | Heizkr. 3                            | Anford. Lüftung                        |     |     |     |       |       |       |       |       |     |      |    |    |           |   |   |       |
| 20 |           |                             |             | Heizung                              | Speicher 500l, LP, Ventil, ZP, E-Hz    |     |     |     |       |       |       | 1     | 1     | 1   |      |    |    |           |   |   |       |
| 21 |           |                             |             |                                      |  |     |     |     |       |       |       |       |       |     |      |    |    |           |   |   |       |
| 22 | 13-ISP-02 | Löbischhaus Schaltschrank 2 | 5           | Zuluft/Abluft R45B                   | Lüftung WC-Anlagen Foyer               | 1   |     |     |       |       |       |       |       |     | 1    | 1  |    |           |   |   |       |
| 23 |           |                             |             |                                      | Fernventilator Stufe 0-1-2             |     |     |     |       |       |       |       |       |     |      |    |    |           |   |   |       |
| 24 |           |                             |             |                                      |  |     |     |     |       |       |       |       |       |     |      |    |    |           |   |   |       |
| 25 | 13-ISP-03 | Löbischhaus Schaltschrank 3 | 6           | Zuluft/Abluft Umluftklappen LGR R45B | Lüftung Theatersaal                    | 1   |     |     |       | 1     |       |       |       |     | 1    | 2  | 1  |           |   |   |       |
| 26 |           |                             |             |                                      | Luftqualitätsregelung Außenluftanteil  |     |     |     |       |       |       |       |       |     |      |    |    |           |   |   |       |
| 27 |           |                             |             |                                      | Fernventilator Stufe 0-1-2 + Solltemp. |     |     |     |       |       |       |       |       |     |      |    |    |           |   |   |       |
| 28 |           |                             |             |                                      |  |     |     |     |       |       |       |       |       |     |      |    |    |           |   |   |       |
| 29 | 13-ISP-04 | Löbischhaus Schaltschrank 4 | 7           | Zuluft/Abluft Umluftklappen R45B     | Lüftung Nebenräume Löbischhaus         | 1   |     |     |       |       |       |       |       |     | 1    | 2  |    |           |   |   |       |
| 30 |           |                             |             |                                      | Fernventilator Stufe 0-1-2 + Solltemp. |     |     |     |       |       |       |       |       |     |      |    |    |           |   |   |       |
| 31 |           |                             |             |                                      |  |     |     |     |       |       |       |       |       |     |      |    |    |           |   |   |       |
| 32 |           |                             |             |                                      |  |     |     |     |       |       |       |       |       |     |      |    |    |           |   |   |       |
| 33 |           |                             |             |                                      |  |     |     |     |       |       |       |       |       |     |      |    |    |           |   |   |       |
| 34 |           |                             |             |                                      |  |     |     |     |       |       |       |       |       |     |      |    |    |           |   |   |       |
| 35 |           |                             |             |                                      |  |     |     |     |       |       |       |       |       |     |      |    |    |           |   |   |       |
| 36 |           |                             |             |                                      |  |     |     |     |       |       |       |       |       |     |      |    |    |           |   |   |       |
| 37 |           |                             |             | Summe                                |  | 7   | 0   | 1   | 0     | 0     | 1     | 0     | 3     | 1   | 6    | 5  | 3  | 1         |   |   |       |
| 38 |           |                             |             |                                      |  |     |     |     |       |       |       |       |       |     |      |    |    |           |   |   |       |
| 39 |           |                             |             |                                      |  |     |     |     |       |       |       |       |       |     |      |    |    |           |   |   |       |
| 40 |           |                             |             |                                      |  |     |     |     |       |       |       |       |       |     |      |    |    |           |   |   |       |
| 41 |           |                             |             |                                      |  |     |     |     |       |       |       |       |       |     |      |    |    |           |   |   |       |
| 42 |           |                             |             |                                      |  |     |     |     |       |       |       |       |       |     |      |    |    |           |   |   |       |

Quelle: Übersicht DDC-Steuerung-Neuburg)

**Abbildung 183: Heizkreisverteiler Kesselhaus**

Der Heizkreisverteiler im Kesselhaus versorgt auch die Unterverteilung im Theater.

Zum Teil sind hocheffiziente Umwälzpumpen eingebaut.

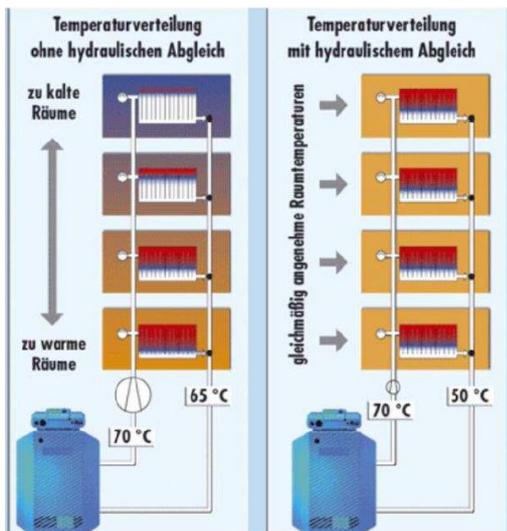
**Abbildung 184: Auslesung Umwälzpumpen**

Die Umwälzpumpen wurden zum Teil bei der Begehung ausgelesen.

Bei einigen Umwälzpumpen wurde festgestellt, dass diese nicht über den Leitungsbereich von 20% hinaus geregelt haben.

- ➔ Hier sollte das gesamte Heizsystem aufgenommen - eine Heizlastberechnung erstellt werden- und ein hydraulischer Abgleich durchgeführt werden, um dann die Pumpenleistung auf den dann noch erforderlichen Volumenstrom/Förderhöhe einzustellen.

Abbildung 185: Hydraulischer Abgleich



Wasser geht immer den Weg des geringsten Widerstandes. Ohne hydraulischen Abgleich werden die ersten Heizkörper wärmer als die letzten Heizkörper. Dies führt zu:

- erhöhen der Vorlauftemperatur
- erhöhen der Pumpendrehzahl
- hoher Energieaufwand
- kein Brennwertnutzen
- Geräusche im Leitungssystem

Abbildung 186: Heizkörperventil, nicht voreinstellbar



Bei der Überprüfung der Heizkörperventile wurde festgestellt, dass keine voreinstellbaren Ventile verbaut sind.

Somit ist auch kein hydraulischer Abgleich möglich und auch noch nicht durchgeführt worden.

→ Durch den Einbau von neuen, druckunabhängigen Thermostatventilen mit Voreinstellung lassen sich ca. 8-10% Heizkosten einsparen.

Abbildung 187: Heizkörperregelung ohne Thermostatventil



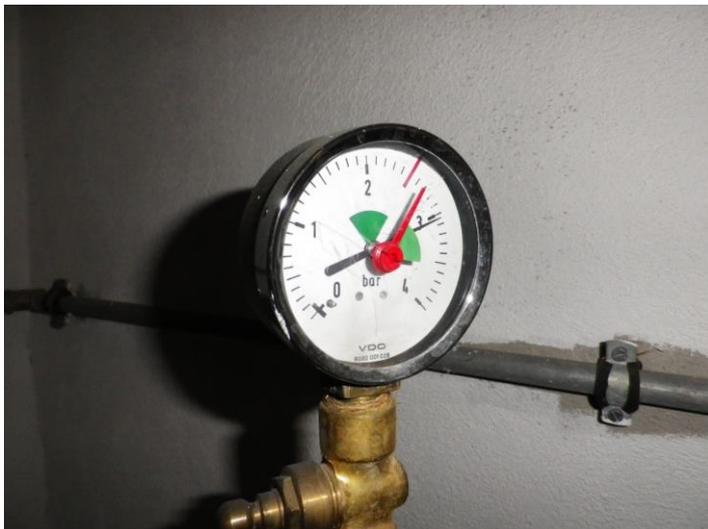
Zum Teil sind noch keine Thermostatventile an den Heizkörpern verbaut.

→ Dies ist laut ENEV nicht mehr zulässig!

**Abbildung 188: Ungeregelte Heizungspumpe ohne Frequenzumrichter**

In der Unterverteilung Theater sind noch zum Teil Pumpen ohne Frequenzumrichter verbaut.

→ Diese sollten durch hocheffiziente Umwälzpumpen ersetzt werden. Bitte Angebote einholen. (Amortisation ca. 3-4 Jahre)

**Abbildung 189: Manometer Unterverteilung Theater**

Auffällig war der sehr hohe Anlagendruck in der Unterverteilung Theater.

→ Anlagendruck prüfen und anpassen.

**Abbildung 190: Kellergeschweißter Öltank**

Alter nicht mehr benötigter kellergeschweißter Öltank.

→ Diesen bitte mittelfristig über fachgerecht Entsorgen.

### 7.2.2.3 Trinkwasserversorgung

Abbildung 191: Hauptanschluss Trinkwasser mit Filter



Bei der Trinkwasserversorgung sind die geltenden Vorschriften einzuhalten.

Der Wasserfilter muss gemäß der Trinkwasserverordnung gereinigt werden. Die vorgeschriebenen Temperaturen sind zu beachten.

➔ **Unbedingt Stagnation vermeiden – ggf. Spühlplan erstellen!**

Abbildung 192: Wasseraufbereitung Exados Grün



➔ Bitte prüfen warum Exados Grün dosiert wird und ob dies noch notwendig ist!

Abbildung 193: Prüfhahn Trinkwasserversorgung



Die zentrale Trinkwasserversorgung unterliegt der Prüfpflicht. Hierzu wurden geeignete Prüfhähne eingebaut.

Bitte immer auf die vorgeschriebenen Temperaturen achten und Stagnation vermeiden.

Abbildung 194: Eckdaten Trinkwasserverordnung 2011/2012

# ZUSAMMENFASSUNG

## ECKDATEN TRINKWV 2011/2012



### Technische Punkte

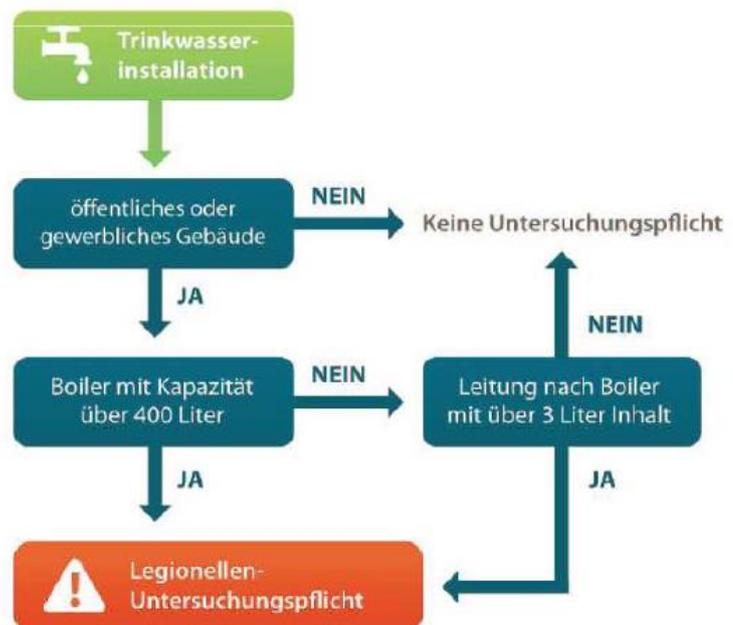
- 1xJährliche für Großanlagen >400L und/oder 3 L Leitungsvolumen
- Befundung Speicher VL /Zirkulation / und Peripherie
- Temperaturen:
  - Speicher VL:  $\geq 60^{\circ}\text{C}$
  - Zirkulation RL:  $\geq 55^{\circ}\text{C}$
- Zirkulation max. 8h aus innerhalb 24h, falls System mikrob. unbedenklich ist (Empfehlung keine Unterbrechung!)
- Vorsorgeprinzip
- Geeignete Probeentnahmehähne / §15 TrinkwV 2011
- Stockwerks oder Einzelzuleitungen unter 3L können ohne Zirkulation errichtet werden
- Zirkulationsleitungen sind unmittelbar vor Durchgangsmischarmaturen zu führen
- Schwerkraftzirkulation sind aus hygien. Sicht ungeeignet – es sind Zirkulationssysteme einzubauen
- Einzelsicherungen und Verbrühschutz (Duschen!)
- Dokumentation bei Sanierung - fehlende Pläne, zuvor Bestandsaufnahme und Installationspläne erstellen – erst dann kann eine Gesamtbeurteilung der notwendigen

Quelle: CIMEX GmbH

Abbildung 195: Untersuchungspflicht Trinkwasser

# UNTERSUCHUNGSPFLICHT

## JA / NEIN?



Quelle: CIMEX GmbH

**Abbildung 196: Ausgussbecken Heizraum**

Auch das Ausgussbecken im Heizraum muss gemäß den geltenden Vorschriften gespült werden.

**Abbildung 197: Sprinkleranlage**

→ Auch hier bitte die Einhaltung der Trinkwasserverordnung prüfen.

### 7.2.2.4 Elektrische Verbraucher

Abbildung 198: Beleuchtung Tiefgarage



Die Beleuchtung in der Tiefgarage besteht aus Langfeldleuchten mit konventionellen Vorschaltgeräten und eine Leitungsaufnahme von ca. 73 Watt (58W+15W).

Die Leuchtdauer ist von 7 Uhr bis 18 Uhr.

→ Hier kann eine Einsparung über Präsenzmelder erzielt werden, jedoch immer die Mindestanforderungen beachten.

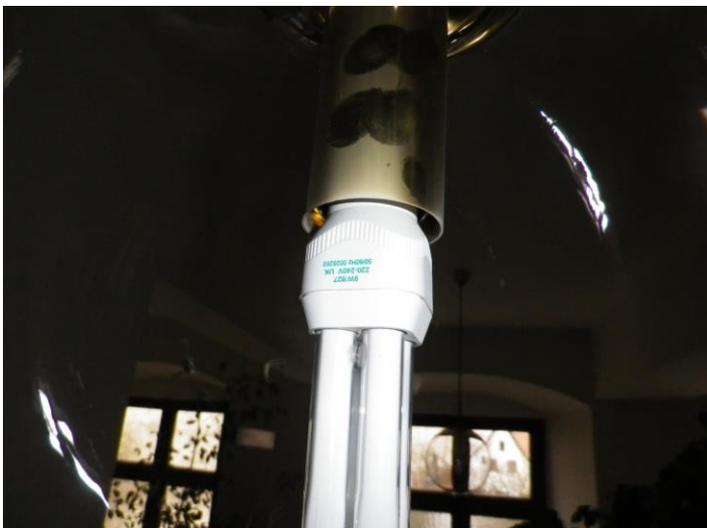
Abbildung 199: Durchgangsleuchten Harmoniegebäude



In den Durchgangsleuchten sind Leuchtmittel (Halogenstrahler) mit einer Leistung von 46 Watt verbaut.

Evtl. könnten diese durch LED Leuchtmittel E 27 ersetzt werden. Hier spielt aber die Optik eine vorrangige Rolle und sollte berücksichtigt werden.

Abbildung 200: Energiesparleuchte 9 Watt



Zum Teil sind auch Energiesparleutmittel mit einer Leistung von 9W verbaut.

→ Diese sollten kurzfristig durch LED Leuchtmittel ersetzt werden.

Abbildung 201: Vergleich Lumen - Watt

## Lumen - Watt

Lumenzahl (Lichtmenge) einer vergleichbaren LED- ,Energiesparlampe oder Halogenlampe.

Diesen Helligkeitseindruck kennen Sie von der klassischen Glühlampe.

|        |      |
|--------|------|
| 125lm  | 15W  |
| 229lm  | 25W  |
| 432lm  | 40W  |
| 741lm  | 60W  |
| 970lm  | 75W  |
| 1398lm | 100W |
| 2253lm | 150W |

Quelle: [www.xavax.eu/wissenswertes/energiesparlampen](http://www.xavax.eu/wissenswertes/energiesparlampen)

Abbildung 202: Lichtstrom, Lichtstärke, Beleuchtungsstärke



Quelle: Thomas Heidl unter [www.gluehbirne.ist.org/leuchtstaerke.php](http://www.gluehbirne.ist.org/leuchtstaerke.php)

Abbildung 203: Kelvin: Der Wert für die Lichtfarbe



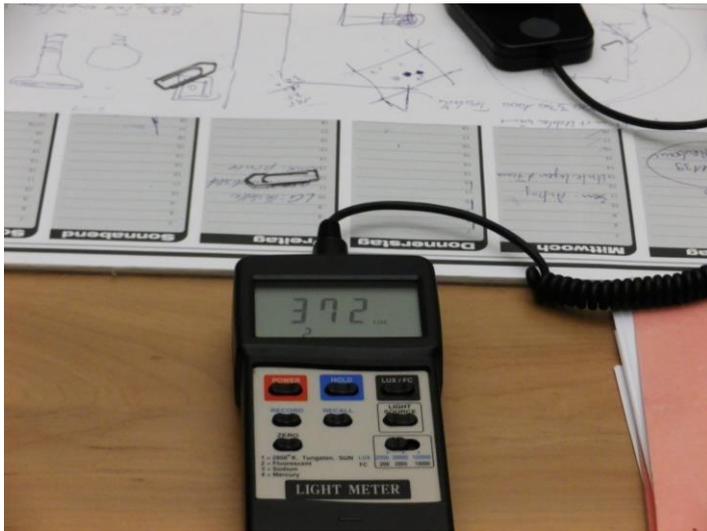
Quelle: [www.xavax.eu/wissenswertes/energiesparlampen](http://www.xavax.eu/wissenswertes/energiesparlampen)

Abbildung 204: Bürobeleuchtung mit Langfeldleuchten



In den Büros sind Lampen mit Langfeldleuchten und elektronischen Vorschaltgerät verbaut.

Durch den indirekten Anteil ist die Beleuchtung sehr angenehm.

**Abbildung 205: Lichtmessung Büroarbeitsplatz**

Eine Lichtmessung ergab einen Wert im verdunkelten Raum von 372 Lux am Arbeitsplatz.

Die empfohlene Beleuchtungsstärke nach DIN EN 12464-1 beträgt für Büroarbeitsplätze 500 Lux.

**Abbildung 206: Verbrauchsmessung Standby Arbeitsplatz**

Eine Verbrauchsmessung im Standby in einem Büro mit Computer Telefon und Drucker wurde durchgeführt.

**Abbildung 207: Kosten Standby je Arbeitsplatz**

Die Messung ergab einen Wert von 8 Watt.

Geht man von 220 Arbeitstagen mit je 10 Stunden aus, so ergibt sich folgende Rechnung:

220 Tage a 14 Stunden + 145 Tage a 24 Stunden = **6560 Stunden Standby**

6560 Stunden \* 0,008KW= 52,46 KWh

52,46 KWh \* 0,21€/KWh =

→ **11,02 €/a Kosten Standby je Arbeitsplatz**

**Abbildung 208: Steckdosenleiste Arbeitsplatz**

Durch das Nutzerverhalten können pro Arbeitsplatz (wie zuvor beschrieben) durch das Abschalten der Steckdosenleiste rund 11€ eingespart werden. Wichtig hier ist das bei der Steckdosenleiste einige Steckdosen unter Dauerspannung bleiben –Telefon, Fax usw. Auch müssen die Steckdosenleisten vom Arbeitsplatz leicht zu bedienen sein. Hier gibt es Modelle mit einen separaten Fußschalter.

**Abbildung 209: Abluftventilatoren WC´s**

Die Abluftventilatoren der WC's im Dachgeschoss sind in halbstündigen Takten von 7-17 Uhr aktiviert.

Die Leistungsaufnahme mit 0,1 KW ist aber relativ gering.

➔ Hier werden ca. 182 KWh pro Jahr verbraucht.

### Fazit elektrisch Verbraucher:

Die Anschlussleitung aller elektrischen Verbraucher (PC's, Drucker, Bildschirme und Beleuchtung) beträgt ca. 31 KW (siehe EDV-Inventar und Beleuchtungsliste im Anhang 8.6).

- ➔ Die wirtschaftlichsten Investitionen sind die Leuchtmittel in den Durchgängen bzw. Fluren, die Steckdosenleisten in den Büro's sowie die Einsparung über das Nutzerverhalten.
- ➔ Hier wäre die Durchführung einer Nutzerschulung zu empfehlen.

### 7.2.3 Begehungsbericht Burgwehr

Bei dieser Begehung wurde die historische Burgwehr, ehemals Eckbastion, am Ottheinrichplatz A119 in Neuburg an der Donau begutachtet. Das Gebäude wurde im 15. Jahrhundert als Teil der Neuburger Stadtbefestigung errichtet. 1928 wurde dem Gebäude ein Anbau hinzugefügt und 1990/92 eine Gesamtrenovierung durchgeführt. Das in die Stadtmauer integrierte Gebäude steht unter Denkmalschutz. Die Möglichkeiten zur energetischen Verbesserung des Gebäudes müssen Denkmalschutzaufgaben erfüllen. Mögliche Maßnahmen sind im kommenden Abschnitt dargelegt.

#### Abbildung 210: Außenansicht Burgwehr



Quelle: Homepage der Stadt Neuburg

### 7.2.3.1 Gebäudehülle

Die Gebäudehülle dieses historischen Gebäudes in kommunalem Eigentum ist in ihrem Zustand seit der letzten Renovierung bereits wieder an mehreren Stellen renovierungsbedürftig. Dies betrifft die Gebäudehülle, die unter dem Witterungseinfluss leidet und so umso stärker bei längeren Regenergebnissen durchfeuchtet. Der Außenputz weist an einigen Stellen bereits wieder Risse auf. Außerdem traten im Bereich der Sockelbleche der Terrasse des 1. Obergeschosses einige Abplatzungen auf.

**Abbildung 211: Abplatzungen im Terrassenbereich der Burgwehr**



**Abbildung 212: Risse im Putz**



- ➔ **Der Zustand des Putzes sollte regelmäßig überprüft werden, um seine Funktion als Witterungsschutz des Mauerwerks auf Dauer zu gewährleisten. Entsprechende Schäden sind daher umgehend auszubessern und sorgfältig abzudichten.**

Eine Dämmung der Außenhülle ist aus Denkmalschutzgründen an der Burgwehr nicht möglich. Die Dämmung der obersten Geschossdecke konnte nicht überprüft werden, da kein Schlüssel für den Zugang vorhanden war.

- ➔ **Eine Dämmung der obersten Geschossdecke auf EnEV-Neubau-Niveau könnte jedoch den Energieverbrauch durch dieses Bauteil bei vertretbarem Aufwand um bis zu 40 % senken.**

Die Regenrinnen sind trotz Gittereinlage zum Zeitpunkt der Begehung stark mit Laub zugesetzt. Dies kann dazu führen, dass das auf der Dachfläche anfallende Regenwasser nicht ausreichend abgeführt wird und in den Putz beziehungsweise das Mauerwerk eindringt und diese nachhaltig schädigt mit entsprechenden negativen Auswirkungen auf die Dämmeigenschaften des betreffenden Wandabschnittes.

**Abbildung 213: Verschmutzte Regenrinne**



- ➔ **Verfärbungen des Putzes unterhalb der Regenrinne lassen darauf schließen, dass dies bereits geschieht**
- ➔ **Die Regenrinne sollte dringend zeitnah gereinigt werden!**

## Fenster

- Der Zustand der Fensterrahmen ist akzeptabel.
- Einige Fenster schließen jedoch nicht mehr dicht
- ➔ **Die Fenster müssten neu eingestellt werden um einen höheren Anpressdruck und damit ein dichteres Abschießen zu ermöglichen**
- ➔ **Eine Dichtlippe ist falsch angebracht, so dass ein Kondensatausfall am Fenster auftritt**
- ➔ **Ein Angebot zur Überarbeitung der Fenster liegt dem Forschungszentrum f10 als Mieter bereits vor.**

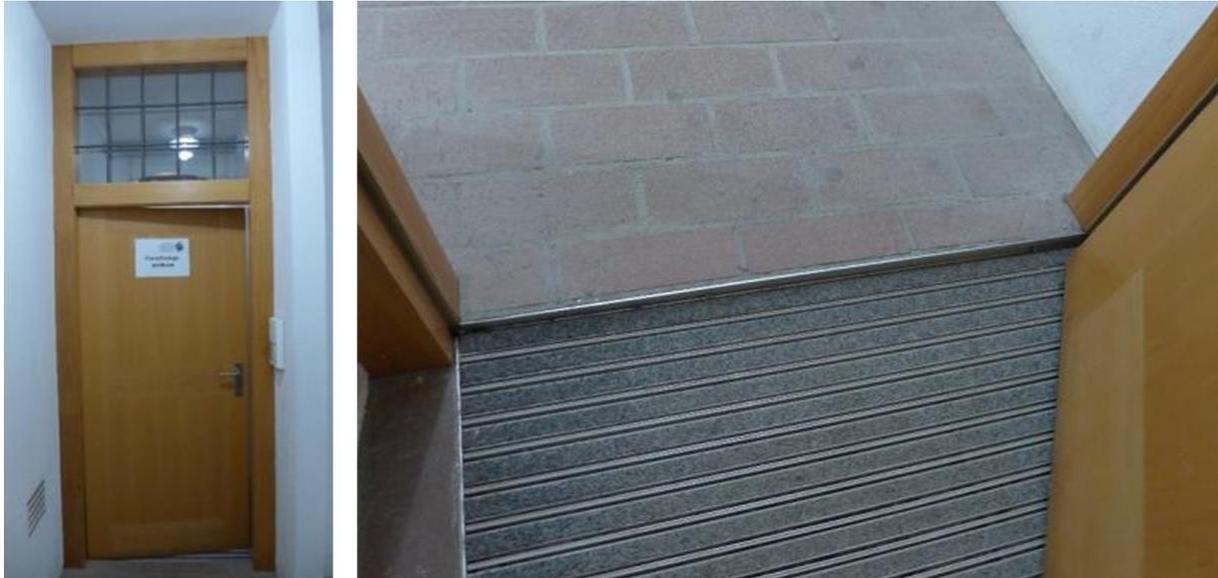
Für eine KfW-Förderung bei der Erneuerung der Fenster ist folgendes zu beachten:

Ist aus Gründen des Denkmalschutzes oder des Schutzes sonstiger besonders erhaltenswerter Bausubstanz die Einhaltung der vorgegebenen Bemessungswerte bei der Erneuerung von Fenstern nicht möglich, können Fenster durch Ertüchtigung (Neuverglasung, Überarbeitung der Rahmen, Herstellung von Gang- und Schließbarkeit sowie Verbesserung der Fugendurchlässigkeit und der Schlagregendichtheit) mit einem U-Wert von maximal  $1,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  (z. B. bei echten glasteilenden Sprossen) und ansonsten durch Austausch mit  $1,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  gefördert werden. Voraussetzung ist die Bestätigung des Sachverständigen, dass aus denkmalschutzrechtlichen,

städtebaulichen oder architektonischen Gründen die Erneuerung von Fenstern nur durch die Erhöhung oder den Austausch nach diesen U-Werten möglich ist.

## Türen

**Abbildung 214: Eingang Burgwehr**



- Der Zustand der unteren Eingangstür ist gut
- Die Tür schließt jedoch nahezu ohne Dichtung ab. An der Unterkante ist keine Dichtung vorhanden, am Türstock links, rechts und oben ist die Dichtung zu dünn, so dass kaum Anpressdruck auftritt.
- Über der Tür ist eine Ein-Scheiben-Verglasung angebracht, durch die hohe Wärmeverluste auftreten

➔ **Neue Dichtungen sollten angebracht werden**

Die historische Seiteneingangstüre im Erdgeschoss ist allerdings in schlechtem Zustand. Diese Tür weist große Spalte auf, durch die ein ungehinderter Luftaustausch stattfindet und damit hohe Wärmeverluste hervorgerufen werden.

**Abbildung 215: Historische Seiteneingangstür EG mit starker Spaltundichtigkeit im oberen Türbogen**



➔ Diese Tür sollte dringend überarbeitet werden. Auf mögliche Denkmalschutzbestimmungen muss geachtet werden.

### 7.2.3.2 Heizungstechnik

Abbildung 216: Gas-Heizkessel Burgwehr



Es ist ein Gas-Heizkessel der Firma Viessmann vom Typ Vitola-biferral-FB mit einer max. Leistung von 34 kW installiert.

#### Verteilung

Die verbauten Umwälzpumpen sind keine Hocheffizienzpumpen.

Abbildung 217: Umwälzpumpe



- ➔ Es muss geprüft werden, ob die Pumpen auf der erforderlichen Leistungsstufe eingestellt sind
- ➔ Eventuell Ersatz der Pumpen durch hocheffiziente Pumpen
- ➔ Ein hydraulischer Abgleich der Anlage sollte durchgeführt werden

**Abbildung 218: Ungedämmte Wärmeverteilungsleitung**

- ➔ Die Leitungen im Heizungsraum können mit geringem finanziellem Aufwand vollständig gedämmt werden.

Ungedämmte Wärmeverteilungsleitungen sind laut Energieeinsparverordnung §10 Abs. 2 nicht mehr zulässig. „Eigentümer von Gebäuden müssen dafür sorgen, dass bei heizungstechnischen Anlagen bisher ungedämmte, zugängliche Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen sowie Armaturen, die sich nicht in beheizten Räumen befinden, nach Anlage 5 [der Energieeinsparverordnung] zur Begrenzung der Wärmeabgabe gedämmt sind.“

Im Erdgeschoss ist in allen Räumen eine Fußbodenheizung verlegt. Die Einzelraumregelung ist derzeit nicht in Betrieb. Die Stellmotoren sind nicht am Verteiler montiert.

- ➔ Es muss geklärt werden, wie die Fußbodenheizung derzeit geregelt ist
- ➔ Die Einzelraumregler sollten wieder in Betrieb genommen werden

**Abbildung 219: Verteilstation der Fußbodenheizung**

Im 1. Obergeschoss sind Plattenheizkörper mit Thermostatventilen installiert.

#### Abbildung 220: Eng verbauter Heizkörper



➔ Einige Heizkörper sind sehr eingengt verbaut. Die Konvektionsleistung wird dadurch stark beeinträchtigt.

#### 7.2.3.3 Trinkwarmwasserversorgung

Im Gebäude „Burgwehr“ findet die Warmwasserbereitung dezentral an den Zapfstellen statt. Es sind vier Kleinspeicher-Wassererwärmer verbaut.

- 3 mal Küche
- 1 mal Damen-WC

➔ Die Geräte sind alle in Betrieb. Die Notwendigkeit ist in Frage zu stellen

➔ Da es sich um Speicher-Wassererwärmer handelt ist ein ständiger Betriebsstromverbrauch zum Ausgleich der Speicher-Wärmeverluste vorhanden

2\* Stiebel Eltron SN 5 SL: Betriebsstromverbrauch bei 65°C 0,20 kWh/24h

Stiebel Eltron SN 10: Betriebsstromverbrauch bei 65°C 0,32 kWh/24h

AEG Kleinspeicher DKu 10: Betriebsstromverbrauch 0,36 kWh/24h

➔ Wenn alle vier Speicher-Wassererwärmer in Betrieb sind tritt ein **Betriebsstromverbrauch von 394,2 kWh pro Jahr** auf.

➔ **394,2 kWh \* 21ct/kWh = 82,78 € Kosten bei Dauerbetrieb**

### 7.2.3.4 Elektrische Verbraucher

#### Außenbeleuchtung:

Die Außenbeleuchtung ist vollständig mit Energiesparlampen ausgerüstet. Teilweise sind Bewegungsmelder vorhanden.

- ➔ Bei notwendigem Ersatz kann auf LED umgerüstet werden, diese sind Energieeffizienter
- ➔ Es sollten überall Bewegungsmelder installiert werden um eine ungewollte Dauerbeleuchtung zu verhindern

#### Innenbeleuchtung:

Im Treppenhaus sind die Leuchten mit Energiesparlampen ausgerüstet.

- ➔ Bei notwendigem Ersatz sollte auf LED umgerüstet werden

Die zwei Räume des 1. Obergeschosses sind mit Halogenstrahlern ausgestattet.

Raum Ost: 48 Strahler á 20 W = 960 W

- ➔ Annahme: 1375 Betriebsstunden/ Jahr\*
- ➔ Stromverbrauch:  $1375 \text{ h} * 960 \text{ W} = 1320 \text{ kWh/a}$

Raum West: 54 Strahler á 50 W = 2700 W

- ➔ Annahme: 1375 Betriebsstunden/ Jahr\*
- ➔ Stromverbrauch:  $1375 \text{ h} * 2700 \text{ W} = 3713 \text{ kWh/a}$

\*Belegungszeit der Büroräume nach DIN V 18599-10 Tabelle A.2 „Nutzung Gruppenbüros“ ist von einer jährlichen Nutzungsdauer von ca. 2750 Stunden auszugehen.

- Annahme: Hälfte der Nutzungsdauer mit Beleuchtung = 1375 h/a  
1375 h/a entsprechen 3,8 Stunden pro Tag, dies wirkt sich auf die Lebensdauer der Leuchtmittel wie folgt aus:

**Tabelle 48: Lebensdauer**

|                         | LED-Lampe      | Halogenstrahler |
|-------------------------|----------------|-----------------|
| Mittlere Lebensdauer    | 15.000 Stunden | 4000 Stunden    |
| Lebensdauer bei 3,8 h/d | 11 Jahre       | 2,9 Jahre       |

Quelle: Eigene Berechnung

**Tabelle 49: Anschaffungskosten**

|   | LED-Lampe | Halogenstrahler |
|---|-----------|-----------------|
| Anschaffungskosten/Strahler                 | Ca. 8 €   | Ca. 4 €         |
| Anschaffungskosten 15.000 h/Strahler        | 8 €       | 15 €            |
| Anschaffungskosten 54 Strahler á 50 W       | 432 €     | 216 €           |
| Anschaffungskosten 54 Strahler bei 15.000 h | 432 €     | 810 €           |
| Anschaffungskosten 48 Strahler á 20 W       | 384 €     | 192 €           |
| Anschaffungskosten 48 Strahler bei 15.000 h | 384 €     | 720 €           |

Quelle: Eigene Berechnung

**Tabelle 50: Stromverbrauch**

|   | LED-Lampe | Halogenstrahler |
|---|-----------|-----------------|
| Verbrauch                               | Ca. 7 W   | 50 W            |
| Verbrauch / Jahr bei 54 Strahlern á 50W | 520 kWh/a | 3713 kWh/a      |
| Verbrauch                               | Ca. 5 W   | 20 W            |
| Verbrauch / Jahr bei 48 Strahlern á 20W | 330 kWh/a | 1320 kWh/a      |

Quelle: Eigene Berechnung

Durch den Einsatz von LED-Lampen können im westorientierten Büroraum jährlich fast 3.200 kWh Strom eingespart werden. Legt man einen Strompreis von 21 ct/kWh zugrunde ergibt sich eine Kostenersparnis von etwa 670 € pro Jahr.

Im ostorientierten Büroraum können fast 1000 kWh/a eingespart werden. Bei einem Strompreis von 21 ct/kWh ergibt dies eine Kostenersparnis von etwa 210 € pro Jahr.

### Sonstige elektrische Verbraucher

- Alle Verbraucher der Büroräume im 1. OG sind an Steckdosenleisten mit Kippschalter angeschlossen. Der Stand-By-Stromverbrauch kann dadurch vermieden werden.
- Nutzer sollten regelmäßig auf das Betätigen der Schalter nach der Nutzung hingewiesen werden

## 7.2.4 Begehungsbericht Parkschule (Mittelschule)

Bei dieser Begehung wurde der Pavillon im Hof der Mittelschule im Englischen Garten begutachtet. Der Pavillon aus den 1960er Jahren beherbergt 4 Klassenräume. Es handelt sich dabei um einen eingeschossigen Flachbau in Betonständer-Bauweise. Der Schulkomplex, dem der Pavillon angegliedert ist, befindet sich an der Grünauer Straße 7. Im Folgenden werden Maßnahmen zur energetischen Verbesserung des Gebäudes dargelegt.

**Abbildung 221: Pavillon der Mittelschule am Parkbad**



### 7.2.4.1 Gebäudehülle

#### Wärmebrücken

**Abbildung 222: Konstruktive Wärmebrücke - Betonständer**



Die Betonständer bilden eine konstruktive Wärmebrücke, die nur im Zuge einer gesamt Sanierung mit Wärmedämmung behoben werden kann.

**Abbildung 223: Materialbedingte Wärmebrücke - Glasbausteine**

Die Oberlichter aus Glasbausteinen bilden eine materialbedingte Wärmebrücke. Diese kann durch das Entfernen der Glassteine und das Verschließen der entstehenden Lücke durch Mauerwerk mit Wärmedämmung beseitigt werden.

Nachfolgende Berechnung stellt eine grobe Abschätzung der so zu erzielenden Energieeinsparung dar:

Fläche Glasbausteine: ca. 7 m<sup>2</sup>

U-Wert (Glasbausteine): ca. 3,0 W/(m<sup>2</sup>K)

Energieverlust Glasbausteine:  $A * \Delta T * U * h = 7 \text{ m}^2 * 14 \text{ K} * 3,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) * 8760 \text{ h} = 2575 \text{ kWh} / \text{Jahr}$

U-Wert (nach Entfernung Glasbausteine): 0,2 W/(m<sup>2</sup>K)

Energieverlust Gedämmtes Mauerwerk:  $7 \text{ m}^2 * 14 \text{ K} * 0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) * 8760 \text{ h} = 171 \text{ kWh} / \text{Jahr}$

**Energieeinsparung: 2575 kWh/Jahr – 171 kWh/Jahr = 2404 kWh/Jahr**

**Abbildung 224: Dach mit Verwitterungserscheinungen**

**Abbildung 225: Verwitterungserscheinungen**

- Das Dach wurde seit der Errichtung des Pavillons nicht erneuert und weist starke Verwitterungserscheinungen auf. Wie lange die Dichtigkeit noch gewährleistet ist, lässt sich nicht abschätzen.
- Regenrinnen und Dach wurden regelmäßig von Verschmutzungen (Laub o. ä.) befreit. Dies trägt zur Langlebigkeit bei, da sich kein Wasser ansammeln kann.
- Laut Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) hat der hier verwendete Dachbelag eine mittlere Lebensdauer von 30 Jahren. Die Lebensdauer ist bereits deutlich überschritten, so dass mit einer notwendigen Sanierung in den nächsten Jahren gerechnet werden sollte. (Siehe hierzu: Nutzungsdauer von Bauteilen für Lebenszyklusanalysen nach Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen)

**→ Im Zuge einer Dachsanierung sollte eine Wärmedämmung der obersten Geschossdecke vorgenommen werden.**

**Bei Dämmung der obersten Geschossdecke auf EnEV-Neubau-Standard kann eine Reduktion der Wärmeverluste durch dieses Bauteil von bis zu 40 % erzielt werden.**

## Fenster und Türen

Die Fenster und Türen wurden 1995 erneuert und befinden sich in einem guten Zustand.

## Lichtkuppeln

**Abbildung 226: Lichtkuppel (Außenansicht)**



- Sechs **Lichtkuppeln** auf dem Dach wurden noch nicht erneuert und entsprechen nicht mehr den energetischen Anforderungen.
- **Lichtkuppeln** haben laut BBSR eine mittlere Lebensdauer von 25 Jahren. Auch diese Lebensdauer ist bereits deutlich überschritten, so dass eine Sanierung mit Ersatz der alten Kuppeln durch neue Kuppeln mit besseren Wärmeschutzeigenschaften sinnvoll wäre.

**Abbildung 227: Lichtkuppel (Innenansicht) mit Schäden durch Kondensatausfall**



Der hohe Energieverlust an den Lichtkuppeln führt zu kalten Oberflächentemperaturen in diesem Bereich. An den kalten Oberflächen kommt es zur Kondensation der Luftfeuchtigkeit und dadurch zur Beschädigung der Bausubstanz. Dies ist auf dem oben eingefügten Bild deutlich zu erkennen. Das Problem kann durch neue Lichtkuppeln reduziert werden.

### 7.2.4.2 Heizungstechnik

- Die Beheizung des Pavillons wird zentral durch das BHKW des anliegenden Parkbades übernommen.
- Die Optimierung ist in diesem Fall nur durch die Reduktion des Heizwärmeverbrauchs möglich.

### 7.2.4.3 Trinkwarmwasserversorgung

Abbildung 228: Warmwasserbereiter Stiebel Eltron SHD 30 S



- Im Pavillon der Parkschule findet die Warmwasserbereitung dezentral statt
- Bei der Gebäudebegehung war der Speicherwassererhitzer auf der maximalen Leistungsstufe 82°C eingestellt.
  - Eine am Erhitzer angebrachte Handlungsanweisung sollte darauf hinweisen die Erwärmung auf maximal 55°C – 65°C zu regeln.
- Der Verbaute Speicher vom Typ Stiebel Eltron SHD 30 S hat einen Bereitschaftsstromverbrauch von 0,45 kWh/Tag.
  - Es ergeben sich daraus **164 kWh Bereitschaftsverluste pro Jahr**
  - **164 kWh \* 21 ct/kWh = 34 € pro Jahr**

#### 7.2.4.4 Elektrische Verbraucher

##### Beleuchtung

- Im gesamten Pavillon sind Leuchtstoffröhren installiert
- Die Leuchtstoffröhren können ohne großen technischen Aufwand durch LED-Leuchtröhren ersetzt werden. LED-Leuchtröhren verbrauchen verglichen mit einer Leuchtstoffröhre nur etwa 30 % der Energie.

##### Sonstige elektrische Verbraucher

In den Klassenräumen sind folgende elektrische Verbraucher installiert:

- 1 Computer (Standby ca. 3 W)
- 1 White-Board (Standby ca. 1 W)
- 1 Beamer (Standby ca. 7 W)

Standby insgesamt ca. 11 W

Pro Jahr ergibt sich daraus ein Standby-Verbrauch von  $11 \text{ W} * 8760 \text{ h} = 96360 \text{ Wh/a} = \mathbf{96,36 \text{ kWh/a}}$ . Auf die 4 Klassenräume des Gebäudes bezogen sind dies **385,44 kWh/a**.

**$385,44 \text{ kWh} * 21 \text{ ct/kWh} = 80,90 \text{ € pro Jahr}$**

**Durch das Vermeiden von Standby-Stromverbräuchen können ca. 385 kWh und - bei einem Strompreis von 21 ct/kWh - etwa 80 € eingespart.**

- ➔ **Die elektrischen Verbraucher sollten an Steckdosenleisten mit Kippschalter angeschlossen werden, um den Standby-Stromverbrauch zu unterbinden.**
- ➔ **Dies gilt für alle Räume der städtischen Schulen mit ähnlichen elektrischen Verbrauchern.**

### 7.3 Analyse des kommunalen Wohnungsbaunternehmens

Im Rahmen des Energienutzungsplanes erfolgt für das kommunale Wohnungsbaunternehmen GeWo Neuburg GmbH eine Bewertung des Gebäudebestandes. Darauf aufbauend wurden in Absprache mit der GeWo Neuburg GmbH folgende zwei Wohngebäude für eine Gebäudebegehung ausgewählt:

- **Fischergasse C 238**
- **Danziger Str. 1**

Im Zuge der Begehung werden sowohl die Gebäudehülle, als auch die vorhandene Heizungstechnik aufgenommen und in einem Kurzbericht dokumentiert. Hier werden Defizite aufgezeigt und Energieeffizienzpotenziale mit Handlungsempfehlungen gegeben.

Die GeWo Neuburg GmbH besitzt 33 Wohngebäude mit 327 Wohneinheiten bei einer gesamten Wohnfläche von 21.680 m<sup>2</sup>.

Für folgende 5 Gebäude konnten keine Energieverbräuche für den Benchmark zur Verfügung gestellt werden:

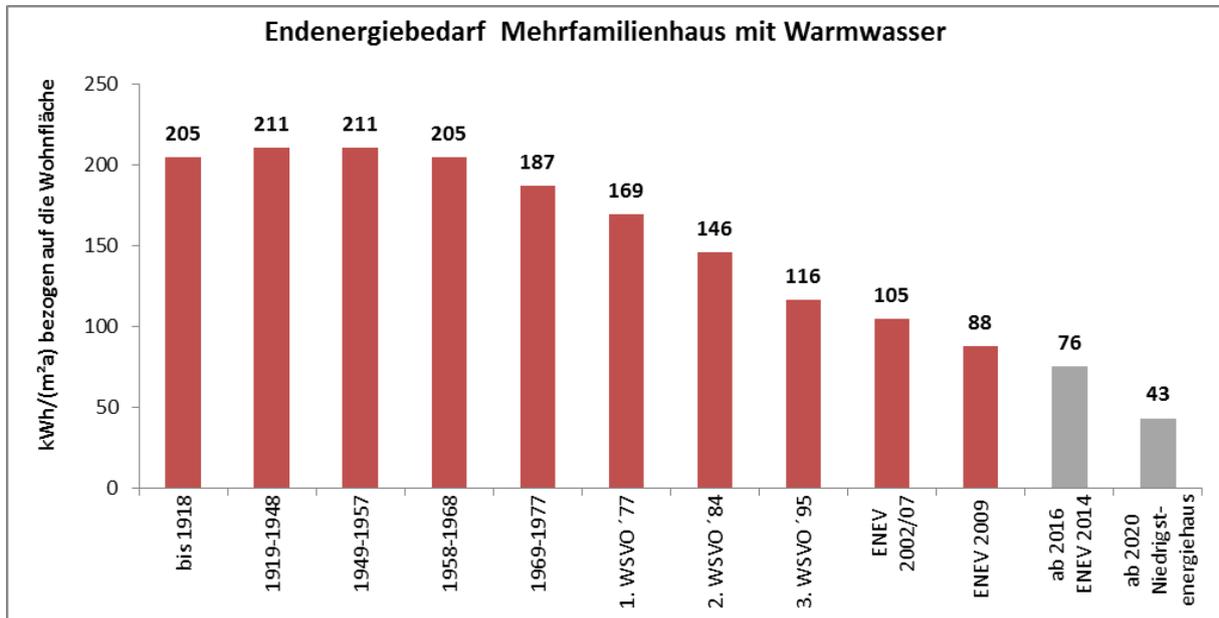
- Fischergasse 224, Bj. 1983, 3 WE, 163 m<sup>2</sup> Wohnfläche, Nachtspeicheröfen
- Richard-Wagner-Str. 1/3/5, Bj. 1969/70, 24 WE, 1.938 m<sup>2</sup> Wohnfläche, Nachtspeicheröfen, Sanierung und Aufstockung 2013/14, Dämmung Gebäudehülle, Effizienzhaus 85, Anschluss an Nahwärme
- Richard-Wagner-Str. 7/9/11, Bj. 1968, 24 WE, 1.898 m<sup>2</sup> Wohnfläche, Nachtspeicheröfen, Sanierung und Aufstockung 2014/15, Dämmung Gebäudehülle, Effizienzhaus 85, Anschluss an Nahwärme
- Eybstr. 259 1/2 – 1/9, Bj. 1938, 32 WE, 1.715 m<sup>2</sup> Wohnfläche, Öl und Holz Einzelöfen
- Arcor Str. 18, Bj. 1805, Nichtwohngebäude., 100 m<sup>2</sup> Nutzfläche, Ölzentralheizung 2006

#### 7.3.1 Benchmark Wohngebäude

Für den Benchmark der Gebäude wurden durch die GeWo Neuburg GmbH die Energieverbräuche (Erdgas und Fernwärme) der Jahre 2011/2012/2013 für 29 Gebäude mit 244 Wohneinheiten zur Verfügung gestellt. Die 244 Wohneinheiten haben eine Wohnfläche von 16.000 m<sup>2</sup>. Bei einem gesamten witterungsbereinigtem Wärmeverbrauch von ca. 2.030.000 MWh ergibt sich für den gesamten Gebäudebestand ein spezifischer Durchschnittsverbrauch von 127 kWh/m<sup>2</sup> Wohnfläche.

Um die ermittelten Verbrauchswerte der einzelnen Wohngebäude einordnen zu können, erfolgt ein Benchmark mit durchschnittlichen Verbrauchswerten nach Baualterklassen für Mehrfamilienhäuser.

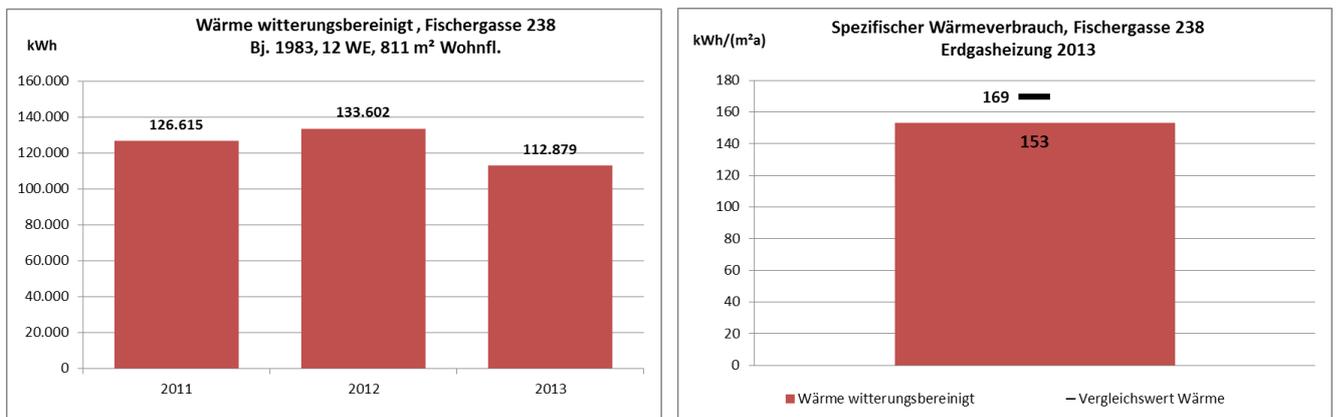
**Abbildung 229: Vergleichswerte Mehrfamilienhaus**



Quelle: Eigene Berechnung auf Grundlage: Energetische Bewertung von Bestandsgebäuden, Deutsche Energieagentur dena, 2004

Der Benchmark wurde für 29 Wohngebäude durchgeführt, wobei die Wärmeversorgung teilweise im Wärmeverbund erfolgt.

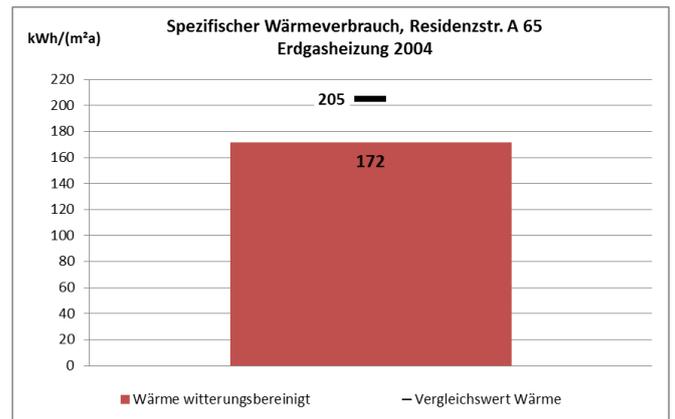
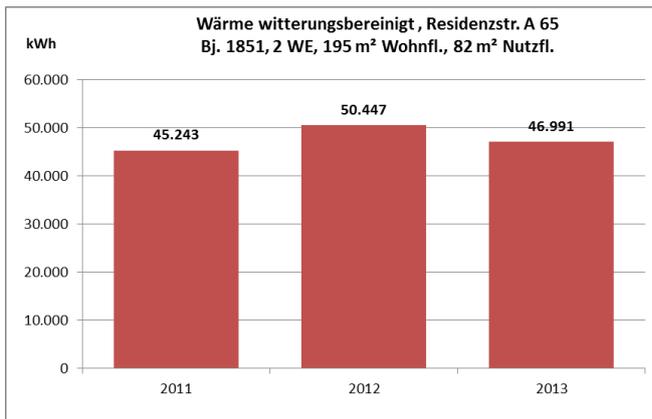
**Abbildung 230: Benchmark Fischergasse C 238**



Der Einbau eines neuen Heizkessels hatte in 2013 zu einem Rückgang des Wärmeverbrauchs geführt.

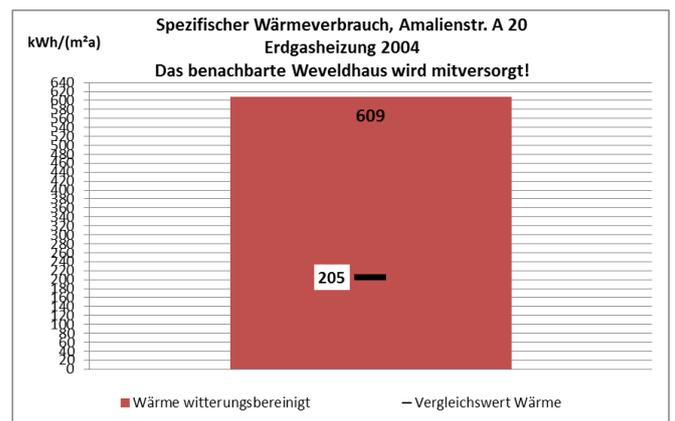
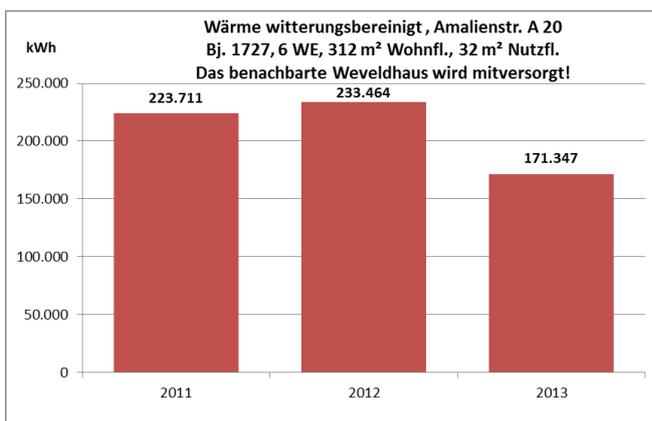
**Weitere Ergebnisse siehe Untersuchung Fischergasse C 238**

**Abbildung 231: Benchmark Residenzstr. A 65**



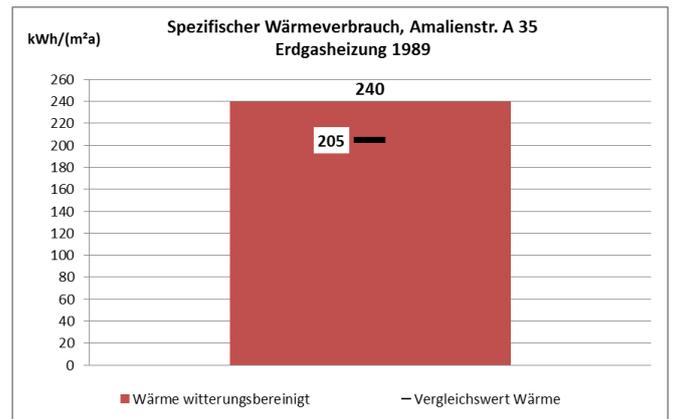
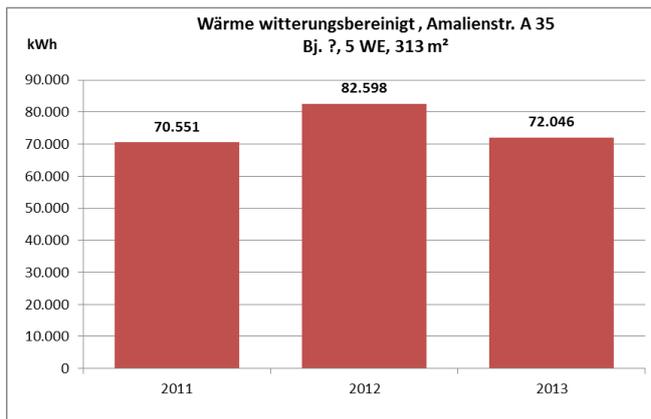
Der spezifische Verbrauchswert von 173 kWh/m<sup>2</sup> entspricht in etwa der Baualterklasse aus der 1. Wärmeschutzverordnung.

**Abbildung 232: Benchmark Amalienstr. A 20**



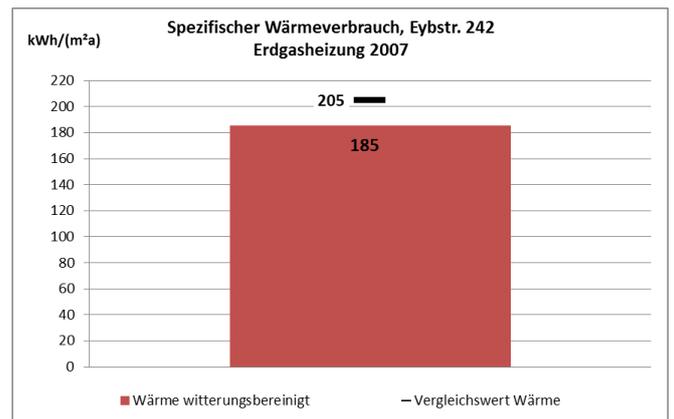
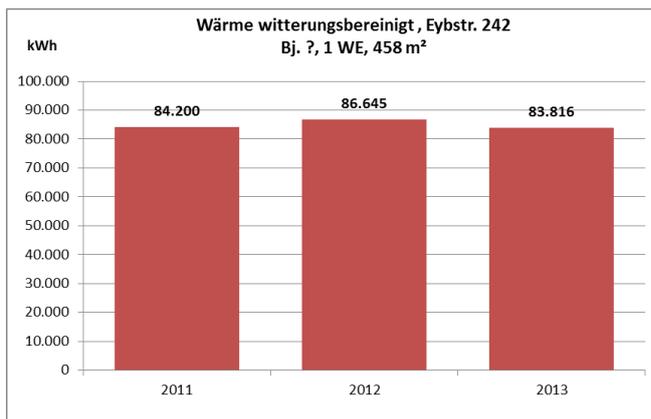
Deutliche Rückgang des Wärmeverbrauch in 2013, der Grund dafür konnte nicht geklärt werden. Das Benachbarte Weveldhaus wird über die Heizzentrale mitversorgt, darum ist der Benchmark nicht aussagekräftig.

**Abbildung 233: Benchmark Amalienstr. A 35**



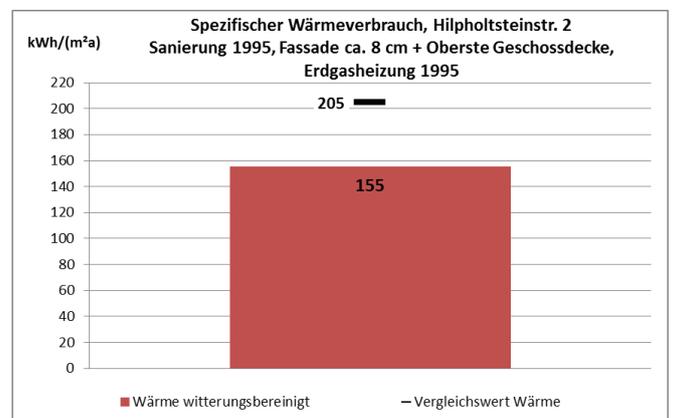
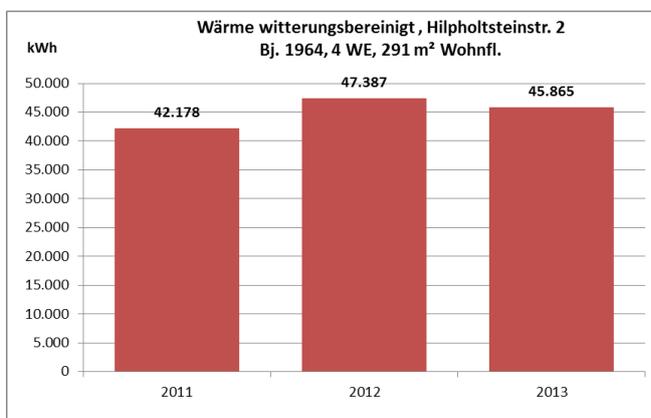
Sehr hoher spezifischer Wärmeverbrauch (240 kWh/m<sup>2</sup>). In der Amalienstraße A 35 sind noch alte Fenster vorhanden.

**Abbildung 234: Benchmark Eybstr. 242**



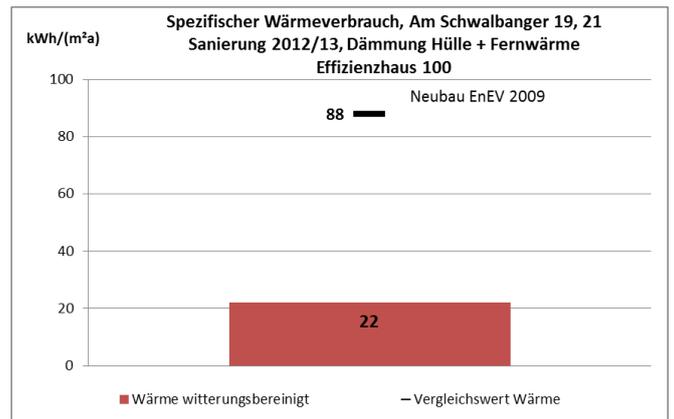
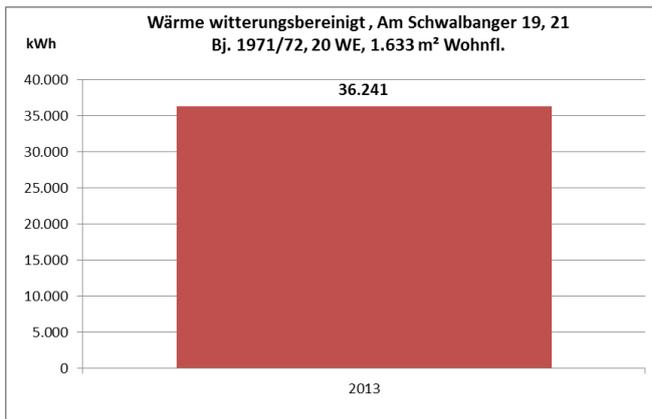
Eine große Wohneinheit mit einem relativ hohen Wärmeverbrauch von 185 kWh/m<sup>2</sup>.

**Abbildung 235: Benchmark Hilpholtsteinstr. 2**



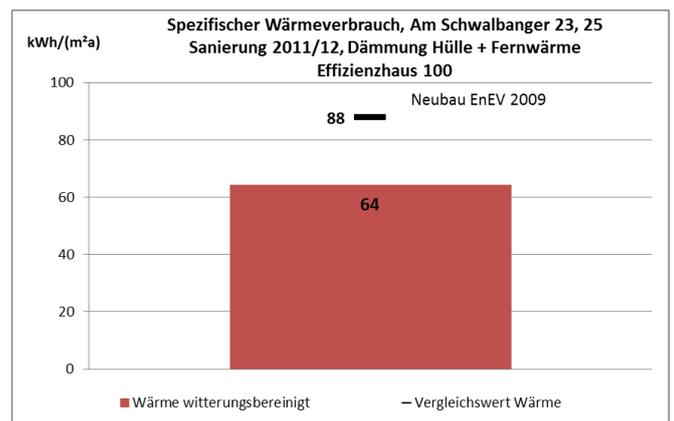
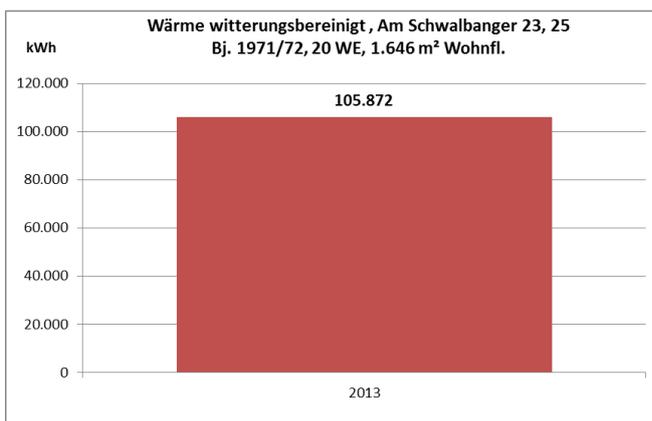
Durch Sanierungsmaßnahmen liegt der spezifische Verbrauch deutlich unter dem Vergleichswert.

**Abbildung 236: Benchmark Am Schwalbanger 19, 21**



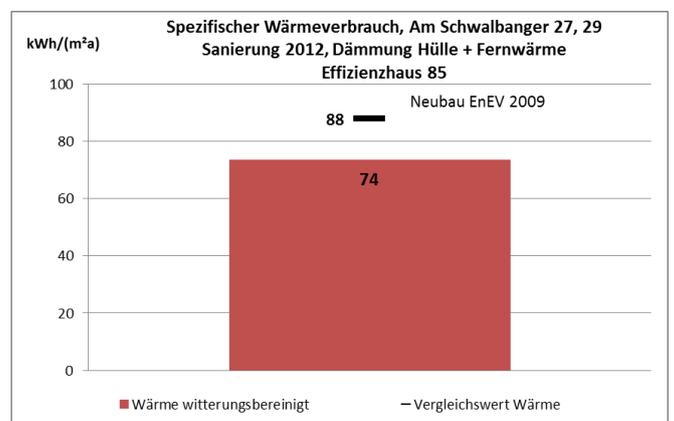
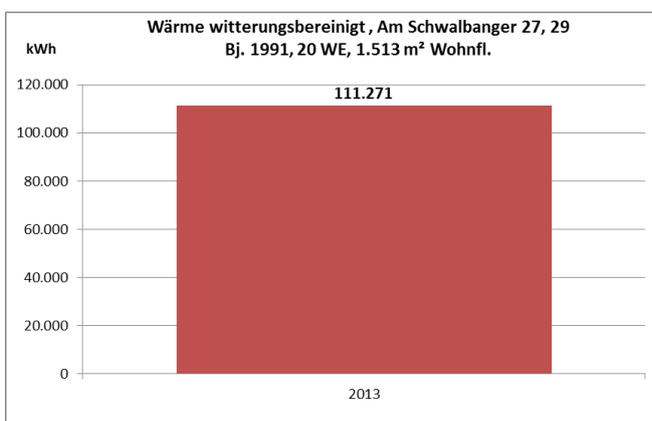
Sanierung der Gebäude auf KfW-Effizienzhaus 100 und Umstellung auf Fernwärmeversorgung. Der angegebene Wärmeverbrauch für 2013 entspricht noch keiner gesamten Heizperiode.

**Abbildung 237: Benchmark Am Schwalbanger 23, 25**



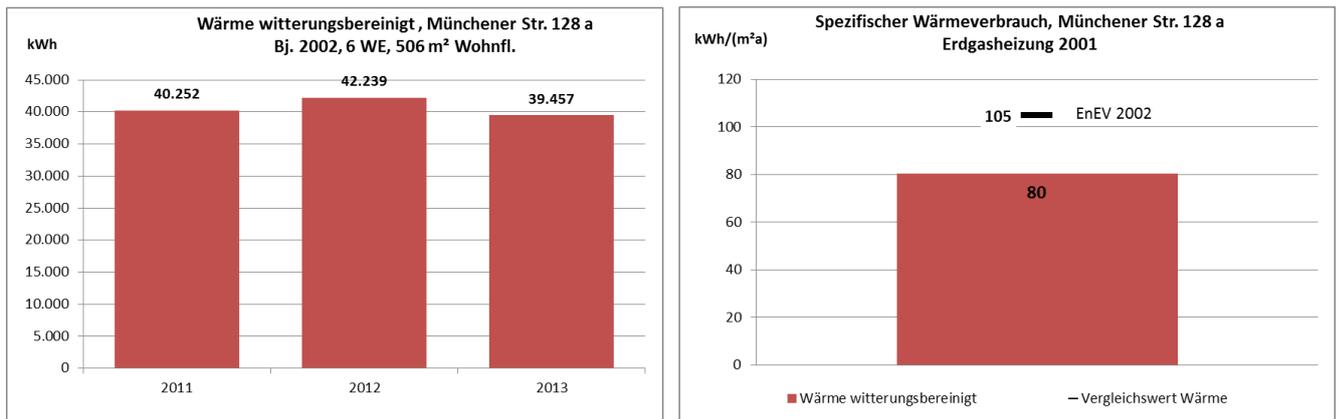
Sanierung der Gebäude auf KfW-Effizienzhaus 100 und Umstellung auf Fernwärmeversorgung.

**Abbildung 238: Benchmark Am Schwalbanger 27, 29**



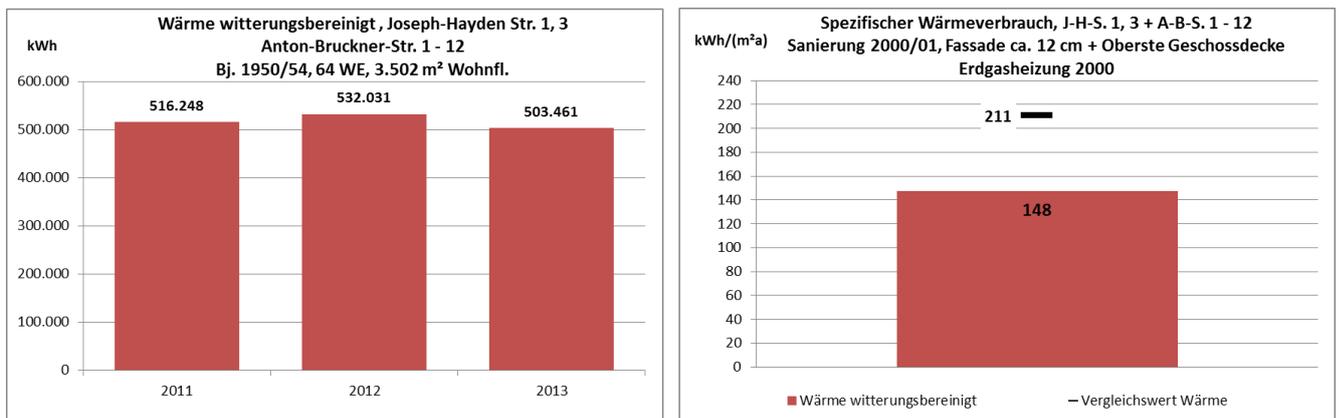
Trotz Sanierung auf KfW-Effizienzhaus 85, höherer spezifischer Verbrauch als Schwalbanger 23, 25.

**Abbildung 239: Benchmark Münchener Str. 128 a**



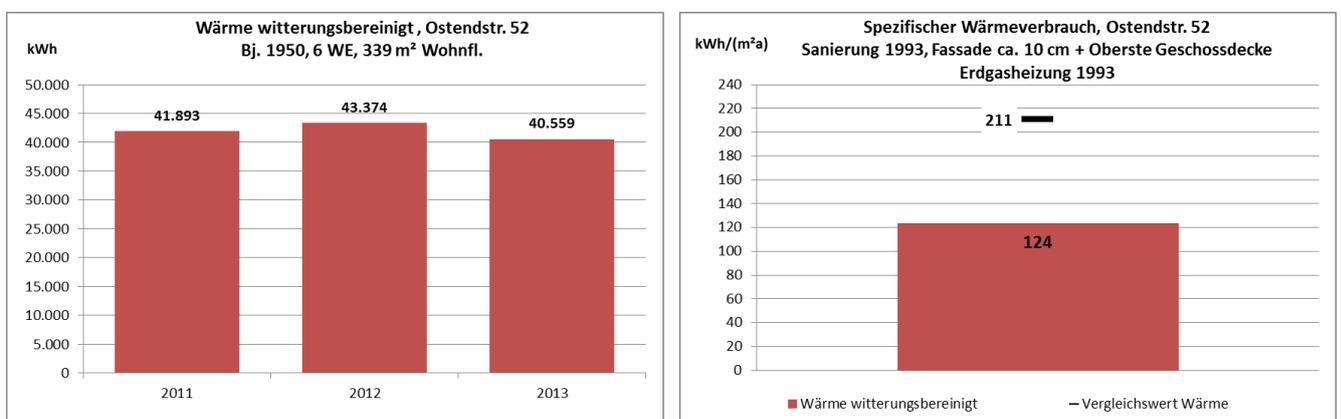
Die Münchener Str. 128 a unterschreitet den Vergleichswert der EnEV 2002 deutlich.

**Abbildung 240: Benchmark Joseph-Hayden Str. / Anton-Bruckner Str.**



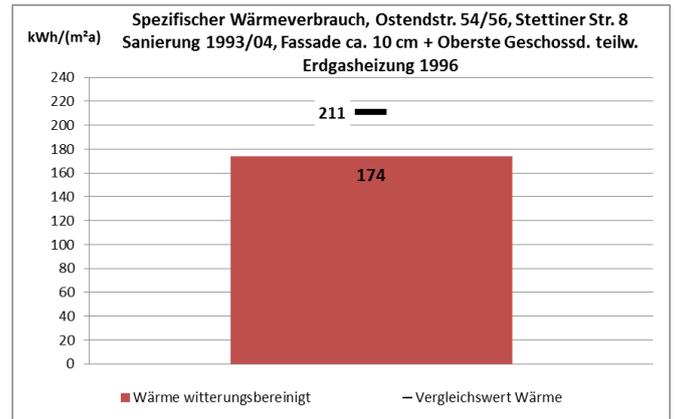
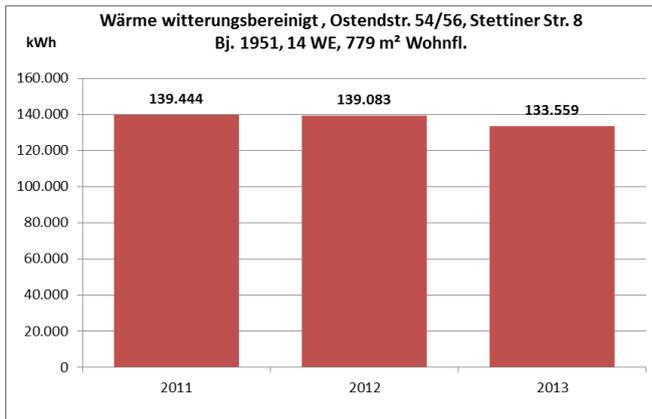
Wärmeverbund mit 64 Wohneinheiten. Durch die energetische Sanierung konnte ein spezifischer Verbrauch der 2. WSV von 1984 erreicht werden.

**Abbildung 241: Benchmark Ostendstr. 52**



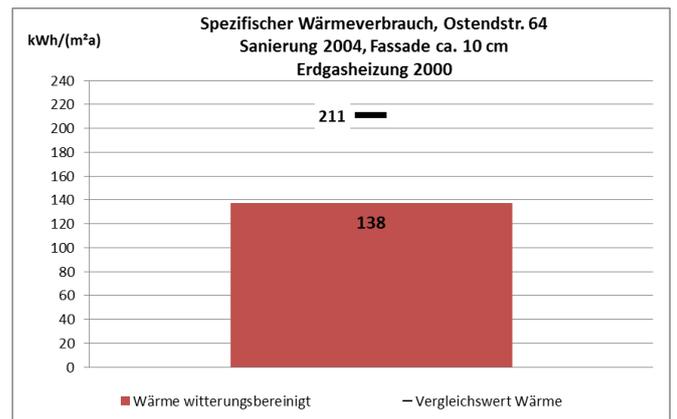
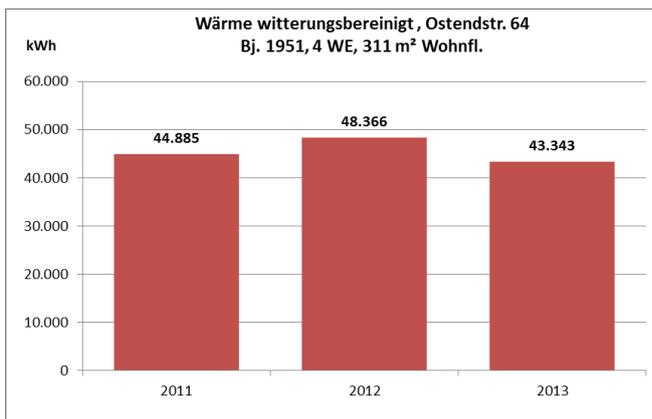
Die Ostendstr. 52 erreicht fast den Vergleichswert der 3. WSV von 1995.

**Abbildung 242: Benchmark Ostendstr. 54/56, Stettiner Str. 8**



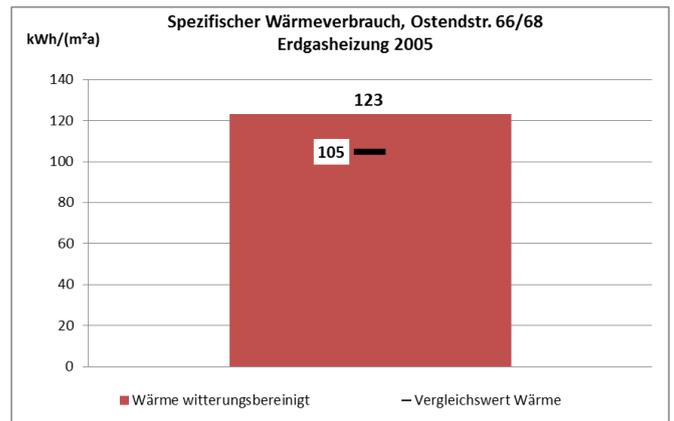
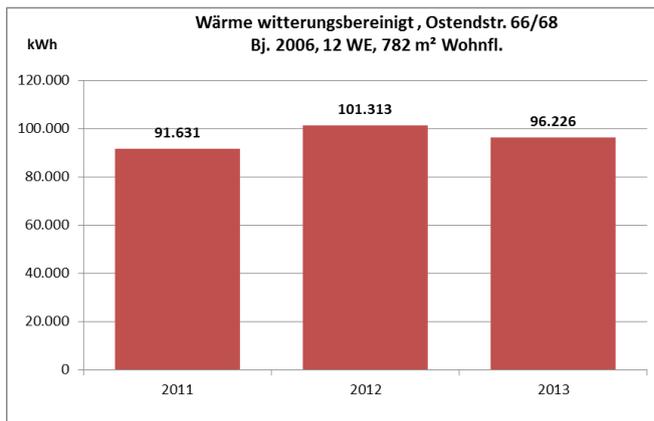
Deutlich höherer spezifischer Wärmeverbrauch als die Ostendstr. 52 mit 124 kWh/m² bei nahezu identischer energetischer Sanierung.

**Abbildung 243: Benchmark Ostendstr. 64**



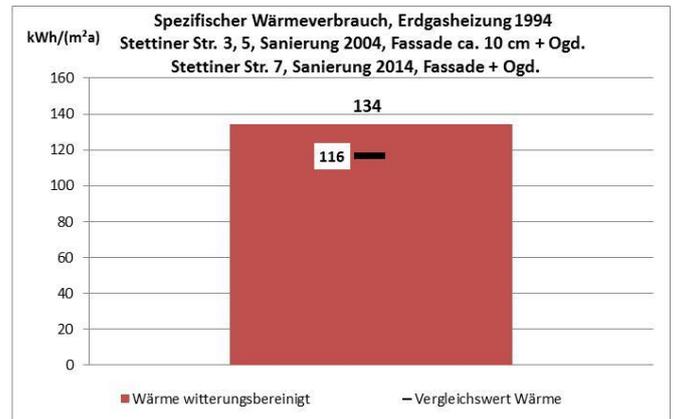
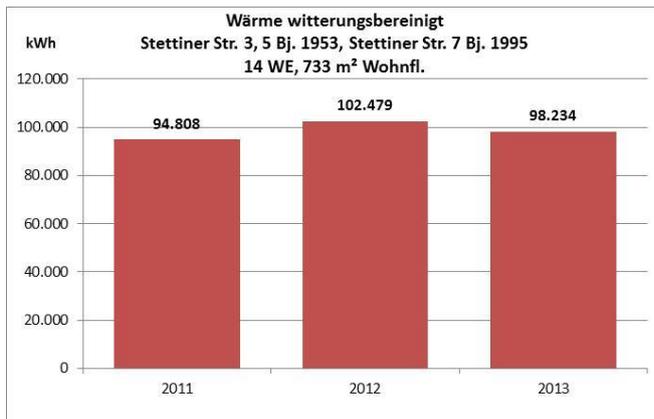
Durch Sanierung in 2004 liegt die Ostendstr. 64 deutlich unter dem Vergleichswert für Gebäude aus den 50er Jahren.

**Abbildung 244: Benchmark Ostendstr. 66/68**



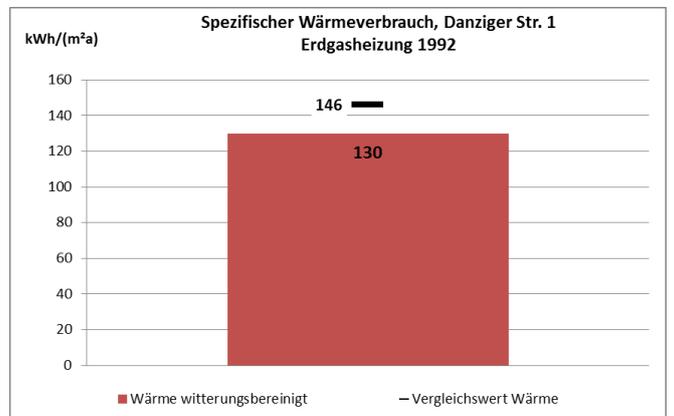
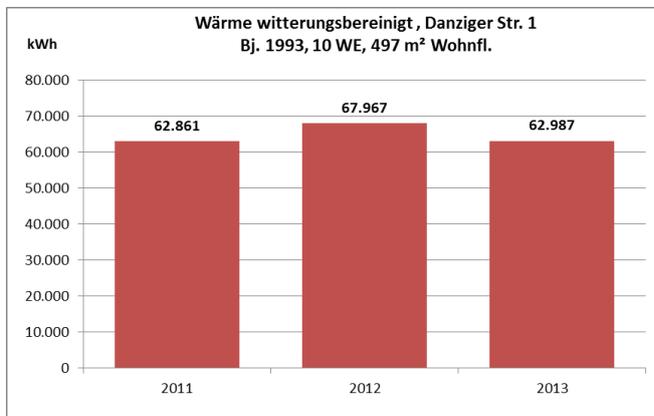
Etwas höherer spezifischer Wärmeverbrauch als der Vergleichswert der EnEV 2002 (105 kWh/m<sup>2</sup>).

**Abbildung 245: Benchmark Stettiner Str. 3, 5, 7**



Durch die Sanierung der Stettiner Str. 7 in 2014 wird der Wärmeverbrauch in Zukunft zurückgehen.

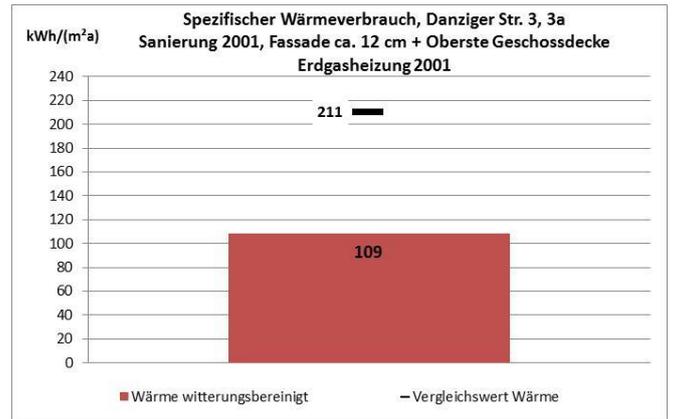
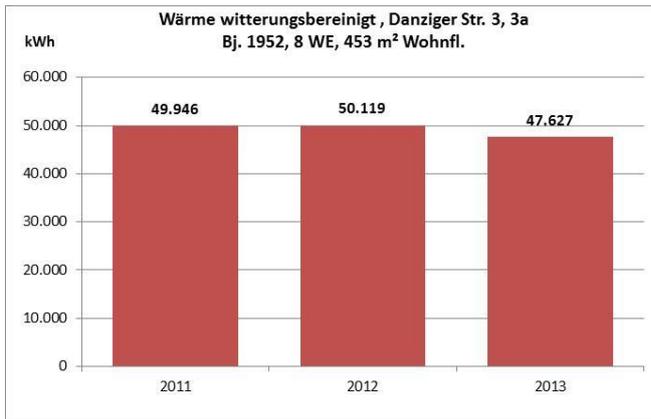
**Abbildung 246: Benchmark Danziger Str. 1**



Niedrigerer spezifischer Wärmeverbrauch als der Vergleichswert der 2. WSV0 von 1995.

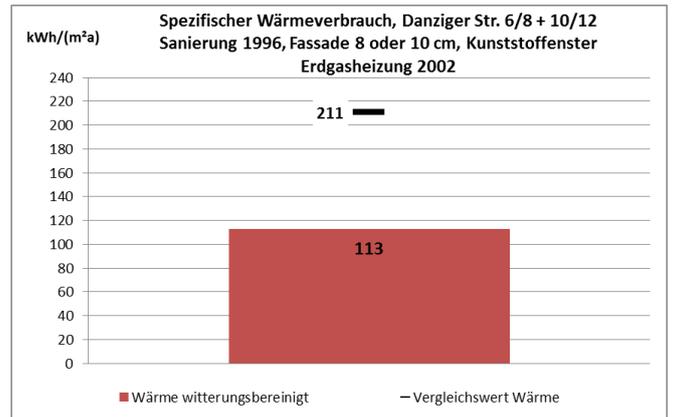
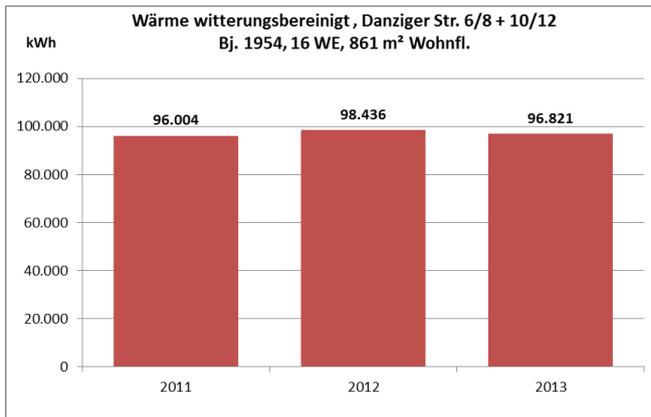
Weitere Ergebnisse siehe Untersuchung Danziger Str. 1.

**Abbildung 247: Benchmark Danziger Str. 3, 3a**



Durch Sanierung in 2001 wird der Vergleichswert der EnEV 2002 (105 kWh/m<sup>2</sup>) fast erreicht.

**Abbildung 248: Benchmark Danziger Str. 6, 9 + 10, 12**



Niedrigerer spezifischer Wärmeverbrauch durch energetische Sanierung in 1996.

## 7.3.2 Untersuchung Fischergasse C 238

### 7.3.2.1 Gebäudedaten

**Tabelle 51: Gebäudedaten Fischergasse C238**

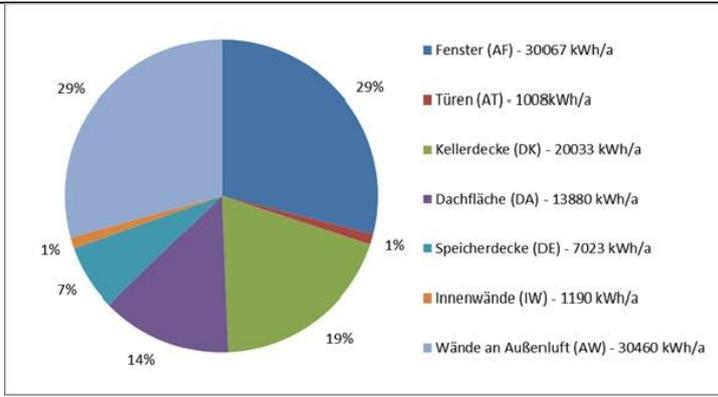
|                        |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| Adresse                | Fischergasse C238; C238 1/2 |
| Gebäudetyp             | Wohngebäude                 |
| Baujahr Gebäude        | 1983                        |
| Baujahr Anlagentechnik | 1999                        |
| Anzahl Wohnungen       | 15                          |
| Gebäudenutzfläche (AN) | 974                         |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von Planungsunterlagen Gewo

Das Gebäude Fischergasse C238 wurde bei einer Gebäudebegehung begutachtet, um den Gebäudezustand in eine Energiebedarfsanalyse einbeziehen zu können.

An Hand von Bauplänen und Baubeschreibung wurde mit Hilfe des Software-Tools „ennovatis EnEV“ der Energiebedarf und einige weitere Kennwerte mit Aussagekraft über den energetischen Zustand des Gebäudes ermittelt.

**Tabelle 52: Energetischer IST-Zustand Fischergasse C238**

| Energiebedarf (Endenergie): | 150 kWh/(m <sup>2</sup> a)   |                |              |                |              |       |     |            |      |    |                  |       |     |                 |       |     |                    |      |    |                 |      |    |                         |       |     |
|-----------------------------|--|----------------|--------------|----------------|--------------|-------|-----|------------|------|----|------------------|-------|-----|-----------------|-------|-----|--------------------|------|----|-----------------|------|----|-------------------------|-------|-----|
| Transmissionswärmeverluste: |  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Component</th> <th>Loss (kWh/a)</th> <th>Percentage (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fenster (AF)</td> <td>30067</td> <td>29%</td> </tr> <tr> <td>Türen (AT)</td> <td>1008</td> <td>1%</td> </tr> <tr> <td>Kellerdecke (DK)</td> <td>20033</td> <td>19%</td> </tr> <tr> <td>Dachfläche (DA)</td> <td>13880</td> <td>14%</td> </tr> <tr> <td>Speicherdecke (DE)</td> <td>7023</td> <td>1%</td> </tr> <tr> <td>Innerwände (IW)</td> <td>1190</td> <td>7%</td> </tr> <tr> <td>Wände an Außenluft (AW)</td> <td>30460</td> <td>29%</td> </tr> </tbody> </table> | Component      | Loss (kWh/a) | Percentage (%) | Fenster (AF) | 30067 | 29% | Türen (AT) | 1008 | 1% | Kellerdecke (DK) | 20033 | 19% | Dachfläche (DA) | 13880 | 14% | Speicherdecke (DE) | 7023 | 1% | Innerwände (IW) | 1190 | 7% | Wände an Außenluft (AW) | 30460 | 29% |
| Component                   | Loss (kWh/a)   | Percentage (%) |              |                |              |       |     |            |      |    |                  |       |     |                 |       |     |                    |      |    |                 |      |    |                         |       |     |
| Fenster (AF)                | 30067  | 29%            |              |                |              |       |     |            |      |    |                  |       |     |                 |       |     |                    |      |    |                 |      |    |                         |       |     |
| Türen (AT)                  | 1008   | 1%             |              |                |              |       |     |            |      |    |                  |       |     |                 |       |     |                    |      |    |                 |      |    |                         |       |     |
| Kellerdecke (DK)            | 20033  | 19%            |              |                |              |       |     |            |      |    |                  |       |     |                 |       |     |                    |      |    |                 |      |    |                         |       |     |
| Dachfläche (DA)             | 13880  | 14%            |              |                |              |       |     |            |      |    |                  |       |     |                 |       |     |                    |      |    |                 |      |    |                         |       |     |
| Speicherdecke (DE)          | 7023   | 1%             |              |                |              |       |     |            |      |    |                  |       |     |                 |       |     |                    |      |    |                 |      |    |                         |       |     |
| Innerwände (IW)             | 1190   | 7%             |              |                |              |       |     |            |      |    |                  |       |     |                 |       |     |                    |      |    |                 |      |    |                         |       |     |
| Wände an Außenluft (AW)     | 30460  | 29%            |              |                |              |       |     |            |      |    |                  |       |     |                 |       |     |                    |      |    |                 |      |    |                         |       |     |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von enno EnEV

Der ermittelte Energiebedarf stimmt mit dem unter 7.6.1 Benchmark aufgeführten spezifischem Wärmeverbrauch von 153 kWh/(m<sup>2</sup>a) gut überein. Diese Übereinstimmung von Verbrauch und Bedarf ist wichtig, da so gewährleistet ist, dass das theoretische Potenzial der vorgeschlagenen Sanierungsvarianten in der Realität erreicht werden kann. Die ermittelten Transmissionswärmeverluste geben gute Hinweise darauf wo die meiste Wärme das Gebäude verlässt. An diesen Stellen ist eine Sanierung am energetisch Sinnvollsten, dies wurde bei der Entwicklung der Sanierungsmaßnahmen berücksichtigt. Ebenso wurden die bei der Gebäudebegehung gewonnenen Eindrücke den Gebäudezustand betreffend berücksichtigt, um sowieso anfallende Sanierungsmaßnahmen aufzuzeigen.

### 7.3.2.2 Sanierungsvarianten

Die Maßnahmen der nachfolgenden Sanierungsszenarien sind anhand des „Leitfaden Energienutzungsplan“ des Freistaats Bayern und der Energieeinsparverordnung 2009 entwickelt worden.

#### **Sanierungsszenario Fenster/Türen:**

Mit über 30 % der gesamten Transmissionswärmeverluste bilden die Fenster und Türen den größten Faktor der Verluste. Wie bei der Gebäudebegehung festgestellt wurde, befinden sich die Fenster und Türen in einem schlechten Zustand, so dass der Austausch dieser Bauteile als Sowieso-Maßnahme gesehen werden kann.

Dieses Szenario geht davon aus, dass die Fenster durch 3-fach-Wärmeschutzverglasung ersetzt werden und die Türen dem EnEV-Neubaustandard entsprechen (Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 1,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ).

Durch diese Maßnahmen könnten folgende Einsparungen erzielt werden:

**Tabelle 53: Einsparpotenziale Fenster/Türen**

|                             |                              |              |
|-----------------------------|------------------------------|--------------|
| Primärenergieeinsparung     | 16,53 kWh/(m <sup>2</sup> a) | 16.100 kWh/a |
| CO <sub>2</sub> -Einsparung | 3,82 kg/(m <sup>2</sup> a)   | 3.720 kg/a   |
| Energiekosteneinsparung     | 1,29 €/m <sup>2</sup> a)     | 1.257 €/a    |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von enno EnEV

**Wirtschaftlichkeit:** Die Maßnahmenkosten belaufen sich auf etwa 571€ pro Quadratmeter Bauteilfläche.

Fenster und Türen nehmen 122,42 m<sup>2</sup> Fläche ein, dies ergibt Gesamtkosten von 70.000 €.

Die Amortisationszeit bei statischer Betrachtung beläuft sich demnach auf 55 Jahre.

#### **Sanierungsszenario Außenwände:**

Ebenfalls fast 30 % der gesamten Transmissionswärmeverluste gehen durch die Außenwände verloren. In dieser Variante ist die Dämmung mit einem 16 cm-Wärmedämmverbundsystem vorgesehen, mit welchem sich folgende Einsparpotenziale erzielen lassen:

**Tabelle 54: Einsparpotenziale Außenwanddämmung**

|                             |                              |              |
|-----------------------------|------------------------------|--------------|
| Primärenergieeinsparung     | 17,03 kWh/(m <sup>2</sup> a) | 16.587 kWh/a |
| CO <sub>2</sub> -Einsparung | 3,93 kg/(m <sup>2</sup> a)   | 3.828 kg/a   |
| Energiekosteneinsparung     | 1,33 €/m <sup>2</sup> a)     | 1.295 €/a    |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von enno EnEV

**Wirtschaftlichkeit:** Maßnahmenkosten bei einem WDVS belaufen sich auf ca. 114 € pro Quadratmeter Bauteilfläche.

Das Gebäude Fischergasse C238 hat eine Hüllfläche von 458 m<sup>2</sup>. Aus einer solchen Maßnahme würden Gesamtkosten für die Wärmedämmung von etwa 50.000 € entstehen.

Die Amortisationszeit bei statischer Betrachtung beläuft sich demnach auf 39 Jahre.

### **Sanierungsszenario KfW-100:**

Die KfW Förderbank fördert Immobilieneigentümer, die ihr Gebäude nach gewissen festgelegten Standards energetisch sanieren. In diesem Szenario ist dargelegt, welche Maßnahmen ergriffen werden müssten, um den KfW-100-Standard zu erreichen.

Der Effizienzhaus-Standard KfW-100 wird erreicht, wenn die in Tabelle 43 angegebenen Werte für den Jahres-Primärenergiebedarf (QP) und die Transmissionswärmeverluste (H'T) bezogen auf ein Referenzgebäude eingehalten werden.

**Tabelle 55: KfW-100-Standard**

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| KfW-Effizienzhaus            | 100   |
| QP in % QP Referenzgebäude   | 100 % |
| H'T in % H'T Referenzgebäude | 115 % |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von KfW

Im Fall der Fischergasse C238 bedeutet dies:

$$QP \leq 61,11 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$$

$$H'T \leq 0,52 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Der Jahres-Primärenergiebedarf kann auf Grund der hohen Energieverluste nur bei Verwendung eines mit nachwachsenden Rohstoffen betriebenen Heizsystems erreicht werden.

Um die Transmissionswärmeverluste des Referenzgebäudes nicht um mehr als 15 % zu überschreiten sind folgende Sanierungsmaßnahmen erforderlich:

- Außenwanddämmung: 16 cm-Wärmedämmverbundsystem
- Fenster/Türen: 3-Fach-Wärmeschutzverglasung (Fenster); EnEV-Neubaustandard (Türen)
- Kellerdecke: 8 cm Wärmedämmplatte (Wärmeleitfähigkeit  $\lambda \approx 0,04 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$ )
- Oberste Geschossdecke: 12 cm Wärmedämmung (Wärmeleitfähigkeit  $\lambda \approx 0,05 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$ )

Durch die genannten Sanierungsmaßnahmen können die folgenden Einsparungen erzielt werden:

**Tabelle 56: Einsparpotenzial KfW-100-Sanierung**

|                             |                              |             |
|-----------------------------|------------------------------|-------------|
| Primärenergieeinsparung     | 39,74 kWh/(m <sup>2</sup> a) | 38706 kWh/a |
| CO <sub>2</sub> -Einsparung | 9,18 kg/(m <sup>2</sup> a)   | 8941 kg/a   |
| Energiekosteneinsparung     | 3,10 €/m <sup>2</sup> a)     | 3020 €/a    |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von enno EnEV

KfW-100 Standard wird NICHT erreicht. Die Investitionen würden sich auf circa 130.000 € belaufen. Die Amortisation findet in diesem Fall erst nach über 43 Jahren statt.

### 7.3.3 Untersuchung Danziger Str. 1

#### 7.3.3.1 Gebäudedaten

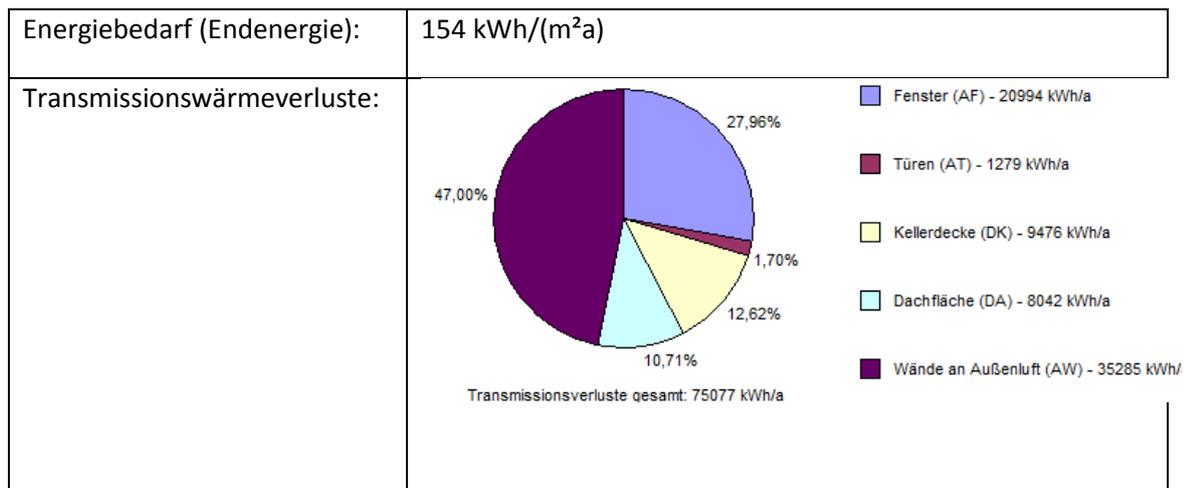
**Tabelle 57: Gebäudedaten Danziger Straße 1**

|                        |                   |
|------------------------|-------------------|
| Adresse                | Danziger Straße 1 |
| Gebäudetyp             | Wohngebäude       |
| Baujahr Gebäude        | 1993              |
| Baujahr Anlagentechnik | 1993              |
| Anzahl Wohnungen       | 9                 |
| Gebäudenutzfläche (AN) | 597               |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von Planungsunterlagen GeWo

Das Gebäude Danziger Straße 1 wurde bei einer Gebäudebegehung begutachtet um den Gebäudezustand in eine Energiebedarfsanalyse einbeziehen zu können.

An Hand von Bauplänen und Baubeschreibung wurde mit Hilfe des Software-Tools „ennovatis EnEV“ der Energiebedarf und einige weitere Kennwerte mit Aussagekraft über den energetischen Zustand des Gebäudes ermittelt.

**Tabelle 58: Energetischer IST-Zustand Danziger Str. 1**

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von enno EnEV

Der ermittelte Energiebedarf weicht von dem unter 7.6.1 Benchmark aufgeführten spezifischem Wärmeverbrauch von 130 kWh/(m<sup>2</sup>a) um circa 10 % ab. Eine Abweichung des Verbrauchs von dem theoretisch ermittelten Bedarf von unter 15 % kann noch als akzeptables Ergebnis gewertet werden. So ist auch hier gewährleistet, dass das theoretische Potenzial der vorgeschlagenen Sanierungsvarianten in der Realität erreicht werden kann. Die ermittelten Transmissionswärmeverluste geben auch hier gute Hinweise darauf, wo die meiste Wärme das Gebäude verlässt.

### 7.3.3.2 Sanierungsvarianten

Die Maßnahmen der nachfolgenden Sanierungsszenarien sind anhand des „Leitfaden Energienutzungsplan“ des Freistaats Bayern und der Energieeinsparverordnung entwickelt worden.

#### Sanierungsszenario Außenwände:

Mit 47 % der gesamten Transmissionswärmeverluste bilden die Außenwände den größten Anteil an den Gesamtverlusten. Eine Dämmung der Außenhülle mit 16 cm Wärmedämmverbundsystem (WDVS) könnte den Energiebedarf um 25 % senken.

**Tabelle 59: Einsparpotenzial Außenwanddämmung**

|                             |                              |              |
|-----------------------------|------------------------------|--------------|
| Primärenergieeinsparung     | 38,23 kWh/(m <sup>2</sup> a) | 22.823 kWh/a |
| CO <sub>2</sub> -Einsparung | 8,83 kg/(m <sup>2</sup> a)   | 5.272 kg/a   |
| Energiekosteneinsparung     | 2,98 €/m <sup>2</sup> a      | 1.779 €/a    |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von enno EnEV

**Wirtschaftlichkeit:** Maßnahmenkosten bei einem WDVS belaufen sich auf ca. 114 € pro Quadratmeter Bauteilfläche.

Das Gebäude Danziger Straße 1 hat eine Hüllfläche von 429 m<sup>2</sup>. Aus einer solchen Maßnahme würden Gesamtkosten für die Wärmedämmung von etwa 49.000 € entstehen. Die Amortisationszeit beträgt demnach bei statischer Betrachtung ca. 27 Jahre.

**Sanierungsszenario Fenster/Türen:**

Mit über 30 % der gesamt Transmissionswärmeverluste bilden die Fenster und Türen den zweit größten Verlustfaktor. Dieses Szenario geht davon aus, dass die Fenster durch 3-fach-Wärmeschutzverglasung ersetzt werden und die Türen dem EnEV-Neubaustandard entsprechen (Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 1,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ).

Durch diese Maßnahmen könnten folgende Einsparungen erzielt werden:

**Tabelle 60: Einsparpotenzial Fenster/Türen**

|                             |                              |              |
|-----------------------------|------------------------------|--------------|
| Primärenergieeinsparung     | 19,23 kWh/(m <sup>2</sup> a) | 11.480 kWh/a |
| CO <sub>2</sub> -Einsparung | 4,44 kg/(m <sup>2</sup> a)   | 2650 kg/a    |
| Energiekosteneinsparung     | 1,50 €/m <sup>2</sup> a)     | 895 €/a      |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von enno EnEV

Wirtschaftlichkeit: Die Maßnahmenkosten belaufen sich auf etwa 571€ pro Quadratmeter Bauteilfläche. Fenster und Türen nehmen 55,28 m<sup>2</sup> Fläche ein, dies ergibt Gesamtkosten von 31.600€. Die Amortisationszeit beträgt demnach bei statischer Betrachtung 35 Jahre.

**Sanierungsszenario KfW-100:**

Die KfW Förderbank fördert Immobilieneigentümer die ihr Gebäude nach gewissen festgelegten Standards energetisch sanieren. In diesem Szenario ist dargelegt, welche Maßnahmen ergriffen werden müssten, um den KfW-100-Standard zu erreichen. Der Effizienzhaus-Standard KfW-100 wird erreicht, wenn Werte für den Jahres-Primärenergiebedarf (QP) und die Transmissionswärmeverluste (H'T) bezogen auf ein Referenzgebäude eingehalten werden.

**Tabelle 61: KfW-100-Standard**

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| KfW-Effizienzhaus            | 100   |
| QP in % QP Referenzgebäude   | 100 % |
| H'T in % H'T Referenzgebäude | 115 % |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von KfW

Im Fall der Danziger Straße 1 bedeutet dies:

$$QP \leq 67,05 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$$

$$H'T \leq 0,58 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Der für die Förderung notwendige Jahres-Primärenergiebedarf kann durch die Installation eines Gas-Brennwertkessels erreicht werden, wenn die folgenden Sanierungsmaßnahmen zur Senkung der Transmissionswärmeverluste durchgeführt werden.

Um die Transmissionswärmeverluste des Referenzgebäudes nicht um mehr als 15% zu überschreiten, sind folgende Sanierungsmaßnahmen erforderlich:

- Außenwanddämmung: 8 cm-Wärmedämmverbundsystem
- Fenster/Türen: 3-Fach-Wärmeschutzverglasung (Fenster); EnEV-Neubaustandard (Türen)
- Kellerdecke: 8 cm Wärmedämmplatte (Wärmeleitfähigkeit  $\lambda \approx 0,04 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$ )
- Oberste Geschossdecke: 12 cm Wärmedämmung (Wärmeleitfähigkeit  $\lambda \approx 0,05 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$ )

Durch die Einhaltung des KfW-100-Standards können die in Tabelle 50 aufgeführten Einsparungen erzielt werden.

**Tabelle 62: Einsparpotenziale KfW-100-Sanierung**

|                             |                               |             |
|-----------------------------|-------------------------------|-------------|
| Primärenergieeinsparung     | 116,60 kWh/(m <sup>2</sup> a) | 69610 kWh/a |
| CO <sub>2</sub> -Einsparung | 13,49 kg/(m <sup>2</sup> a)   | 8054 kg/a   |
| Energiekosteneinsparung     | 4,56 €/m <sup>2</sup> a       | 2722 €/a    |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von enno EnEV

**Die Investitionen für die Dämmmaßnahmen belaufen sich auf ca. 90.000 €. Bei einer Energiekosteneinsparung von ca. 2700 € pro Jahr beträgt die Amortisationszeit etwa 33 Jahre.**

## 7.4 Sanierungspfad Wohngebäude

Energieeinsparung bildet die entscheidende Voraussetzung für den Aufbau einer nachhaltigen Energieversorgung und für die Einhaltung der damit verbundenen Klimaschutz-Ziele.

Die grundsätzlichen Möglichkeiten zur Reduzierung des Heizwärmebedarfs eines Gebäudes durch bauliche Maßnahmen sind folgende:

- Minimierung der Transmissionswärmeverluste
- Minimierung der Lüftungswärmeverluste
- Optimierte passive Solarenergienutzung
- Optimierte Nutzung interner Wärmequellen

Obwohl prinzipiell für alle Gebäude geltend, unterscheiden sich Potenzial und Umsetzbarkeit entsprechender baulicher Maßnahmen zwischen Neubau und Bestand. Dementsprechend sind die wichtigsten Sachverhalte zur Energieeinsparung durch bauliche Maßnahmen getrennt nach Neubau und Bestand zu betrachten.

Für den Bauherrn oder Immobilieneigentümer ist das Kosten-Nutzen-Verhältnis und die Amortisationszeit von Maßnahmen zur Energieeinsparung letztlich ein entscheidendes Kriterium für oder gegen deren Umsetzung. Bei der energetischen Sanierung liefern überschlägige Werte zu den Kosten pro eingesparter kWh Heizwärmebedarf je nach Maßnahme eine hilfreiche Entscheidungsgrundlage.

Die Gemeinde hat mehrere Handlungsmöglichkeiten einen Sanierungspfad vorzugeben:

### 1. Sensibilisierung, Information und Beratung

Um Eigenheimbesitzer zu einer energetischen Sanierung zu bewegen, ist es wichtig, eine schlüssige und für den Bürger verständliche Informationspolitik zu betreiben.

Die Immobilienbesitzer sollten dabei für den nachhaltigen Umgang mit Energieressourcen und für den Beitrag, den sie durch eine energetische Sanierung leisten können, sensibilisiert werden.

Wenn Immobilienbesitzer sich dazu entschließen, eine Sanierung ihres Gebäudes durchzuführen, müssen sie eine Anlaufstelle haben, bei der sie sich Beratung zum Thema „energetische Gebäudesanierung“ einholen können. Die Stadt Neuburg an der Donau bietet ihren Bürgern eine kostenlose Erstberatung durch die Mitarbeiter des Sachgebiets „Umwelt und Agenda 21“ an. Für die Bürger im Landkreis Neuburg-Schrobenhausen bietet die Aktion „e-e-e“ ebenso eine kostenlose Erstberatung in Form von Energieeinsparsprechstunden an; eine weiterführende Detailberatung ist kostenpflichtig ebenfalls möglich (e-e-e 2014). Für Bürger, die sich im Internet vorab informieren wollen, sei hier der Sanierungsleitfaden Baden-Württemberg (MUKE – BW 2013) beispielhaft erwähnt, der unter der im Anhang angegebenen Webadresse herunter geladen werden .

## 2. Kommunale Programme zur Förderung von energetischen Sanierungen

Durch kommunale Förderprogramme und Beratungen kann die Stadt Neuburg Einfluss auf die Umsetzung der Inhalte dieses Energienutzungsplans nehmen. Selbst bei begrenzten finanziellen Spielräumen kann ein intelligenter Einsatz lokaler Förderprogramme und persönlicher Beratungen dennoch große Wirkungen erzielen, beziehungsweise weitergehende Entwicklungen anstoßen.

Kommunale Förderinstrumente eignen sich generell für folgende Handlungsbereiche:

- Nutzung erneuerbarer Energien
- Energetische Sanierung
- Energieberatung

Die Auslegung solcher Förderprogramme sollte jedoch in jedem Fall auf Basis einer Kosten-Nutzen-Optimierung erfolgen. Nach Möglichkeiten wird die Förderhöhe anhand der erzielbaren Einsparungen an CO<sub>2</sub> – Emissionen bzw. kWh thermischer bzw. elektrischer Energie pro Euro Fördersumme definiert.

Werden mehrere Förderprogramme in Anspruch genommen, ist zu beachten, dass eine evtl. hierbei mögliche Doppelförderung unzulässig ist, d. h. ein Kumulierungsverbot besteht. Dies trifft z. B. auf Beratungsförderungen der BAFA zu, falls die Beratung bereits ganz oder teilweise aus anderen öffentlichen Mitteln finanziert wird.

### Gemeinde als Vorbild:

Bei der Umsetzung des kommunalen Energiekonzeptes kann die Gemeinde selbst eine Vorbildfunktion übernehmen und dadurch für ihre Ziele glaubwürdig werben z. B. durch:

- Vorbildliche Sanierung der kommunalen Liegenschaften,
- Umstellung der Versorgung kommunaler Liegenschaften auf regenerative Energien,
- Bau von Wärmenetzen zur Versorgung der kommunalen Liegenschaften, mit Anschlussmöglichkeit für die Bürger.

### 7.6.1 Finanzierung von Sanierungsmaßnahmen:

Zur Finanzierung von Sanierungsmaßnahmen, welche auf eine energetische Verbesserung des Gebäudes abzielen, gibt es Förderprogramme der KfW-Bank und des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA). Im Folgenden werden die Förderprogramme kurz beschrieben, um einen kurzen Überblick über aktuelle Fördermaßnahmen zu erhalten. Die Konditionen können sich von Zeit zu Zeit verändern und sind bei jedem Projekt aktuell abzufragen.

Nachfolgend werden die Förderprogramme zur energetischen Sanierung von Wohngebäuden der **Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)** vorgestellt:

- **Energieeffizient Sanieren (Kredit; Programmnummer 151/152)**

Ziel dieses Förderprogramms ist es, Immobilieneigentümer bei den Sanierungsmaßnahmen, welche zum KfW-Effizienzhaus-Standard führen, mit einem günstigen Kredit zu unterstützen. Auch der Ankauf von saniertem Wohnraum und Einzelmaßnahmen werden gefördert.

- Die Vergabe von Krediten erfolgt im Rahmen des Förderprogramms „151/152 Energieeffizient Sanieren – Kredit“. Die Kreditvergabe erfolgt derzeit (Stand 20.08.2014) zu folgenden Konditionen:
- 1 % effektiver Jahreszins
- Bis zu 75.000 € für jede sanierte Wohneinheit bei Sanierung auf KfW-Effizienzhaus-Standard
- Bis zu 50.000 € bei Einzelmaßnahmen, die nicht zum Effizienzhaus-Standard führen
- Tilgungszuschuss von bis zu 13.125 €

Die vollständigen Informationen zum KfW-Förderprogramm sind im „Merkblatt Energieeffizient Sanieren – Kredit“ (KfW 2014/1) zu finden.

- **Energieeffizient Sanieren (Investitionszuschuss; Programmnummer 430)**

Neben der Vergabe von günstigen Krediten werden an Privatpersonen, die Eigentümer eines Ein- oder Zweifamilienhauses mit maximal 2 Wohneinheiten sind, Zuschüsse aus dem Förderprogramm „430 Energieeffizient Sanieren – Investitionszuschuss“ vergeben.

- Zuschusshöhe bis 18.750 € pro Wohneinheit

Förderfähig sind alle energetischen Maßnahmen, die zum KfW-Effizienzhaus-Standard führen. Der Zuschuss wird auch für Einzelmaßnahmen vergeben, wie:

- Wärmedämmung von Wänden, Dachflächen, Keller- und Geschosdecken
- Erneuerung der Fenster und Außentüren
- Erneuerung oder Optimierung der Heizungsanlagen
- Erneuerung oder Einbau einer Lüftungsanlage

Damit diese Einzelmaßnahmen gefördert werden, müssen sie bestimmte technische Mindestanforderungen erfüllen, welche im Detail auf der Homepage der KfW-Förderbank einzusehen sind. Die vollständigen Informationen findet man im „Merkblatt Energieeffizient Sanieren – Investitionszuschuss“ (KfW 2014/2).

**- Energieeffizient Sanieren (Baubegleitung; Programmnummer 431)**

Beauftragt ein Immobilieneigentümer einen qualifizierten Sachverständigen zur Planung und professionellen Baubegleitung einer energetischen Sanierung, wird dies durch die KfW im Förderprogramm „431 Energieeffizient Sanieren – Baubegleitung“ gefördert.

- Übernahme von 50 % der Kosten
- Bis 4000€ pro Vorhaben

Der Zuschuss nach 431 wird nur dann vergeben, wenn gleichzeitig das Förderprogramm 151/152 oder 430 in Anspruch genommen wird (KfW 2014/3).

**- Energieeffizient Sanieren (Ergänzungskredit; Programmnummer 167)**

Für die Umstellung von Heizungsanlagen auf erneuerbare Energien wird durch die KfW ein günstiger Ergänzungskredit angeboten. Die Kreditkonditionen sind aktuell wie folgt:

- 1,76 % effektiver Jahreszins
- Bis zu 50.000€ je Wohneinheit
- Bis zu 10 Jahre Kreditlaufzeit bei festem Zinssatz

Förderfähige Maßnahmen sind:

- thermische Solarkollektoranlagen bis 40 m<sup>2</sup> Bruttokollektorfläche (inklusive Anlage zur ausschließlichen Trinkwarmwasserbereitung)
- Biomasseanlagen mit einer Nennwärmeleistung von 5 kW bis 100 kW (zum Beispiel Holzvergaser, Pelletheizungen, Holzhackschnitzelheizungen)
- Wärmepumpen mit einer Nennwärmeleistung bis 100 kW
- kombinierte Heizungsanlagen auf Basis erneuerbarer Energien und fossiler Energieträger

Detailinformationen zu diesem Programm sind über die Homepage der KfW im „Merkblatt Energieeffizient Sanieren – Ergänzungskredit“ zu erhalten (KfW 2014/4).

Neben der KfW-Bank fördert auch das **Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)** die Installation einer Heizungsanlage auf der Grundlage Erneuerbarer Energien.

- **BAFA-Förderung**

Der BAFA-Zuschuss kann beantragt werden, wenn die alte Heizung bereits vor dem 1. Januar 2009 im Gebäude vorhanden war. Die nachfolgende Tabelle 62 gibt einen Überblick über die von der BAFA geförderten Anlagen.

**Tabelle 63: Förderfähige Maßnahmen zur Nutzung Regenerativer Energien im Programm des BAFA**

| Ausgewählte Maßnahmen, die über das BAFA gefördert werden   |   |
|---|---|
| <b>I. Solarkollektoranlagen (thermisch)</b>   | <b>Förderbetrag</b>                     |
| bis 40 m <sup>2</sup> Bruttokollektorfläche   | 1.500 Euro bis 3.600 Euro               |
| zwischen 20 bis 100 m <sup>2</sup> Bruttokollektorfläche in Mehrfamilienhäusern und großen Nichtwohngebäuden (auch im Neubau) | 3.600 Euro bis 18.000 Euro              |
| bis 1.000 m <sup>2</sup> zur Erzeugung von Prozesswärme   | bis zu 50 % der Nettoinvestitionskosten |
| <b>II. Biomasseanlagen</b>  | <b>Förderbetrag</b>                     |
| Pelletöfen mit Wassertasche   | 1.400 Euro bis 3.600 Euro               |
| Pelletkessel  | 2.400 Euro bis 3.600 Euro               |
| Pelletkessel mit Pufferspeicher (mind. 30 l / kW)   | 2.900 Euro bis 3.600 Euro               |
| Hackschnitzelkessel mit Pufferspeicher  | 1.400 Euro                              |
| Scheitholzvergaserkessel mit Pufferspeicher   | 1.400 Euro                              |
| <b>III. Wärmepumpen</b>   | <b>Förderbetrag</b>                     |
| Sole/Wasser- und Wasser/Wasser-Wärmepumpen  | 2.800 Euro bis 11.800 Euro              |
| Sole/Wasser- und Wasser/Wasser-Wärmepumpen mit Pufferspeicher   | 3.300 Euro bis 12.300 Euro              |
| Luft/Wasser-Wärmepumpen   | 1.300 Euro bzw. 1.600 Euro              |
| Luft/Wasser-Wärmepumpen mit Pufferspeicher  | 1.800 Euro bzw. 2.100 Euro              |

Quelle: Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA 2014)

Eine gleichzeitige Förderung durch BAFA und KfW ist zulässig, sofern eine umfassende Sanierung zum KfW-Effizienzhaus durchgeführt wird und eines der folgenden KfW-Programme in Anspruch genommen wird:

- „Energieeffizient Sanieren – Effizienzhaus“ (Kredit, Programmnummer 151)

- „Energieeffizient Sanieren – Effizienzhaus“ (Investitionszuschuss, Programmnummer 430)

Für alle anderen Heizungserneuerungen als Einzelmaßnahmen müssen Sie sich vorab zwischen KfW oder BAFA entscheiden. Die BAFA-Förderung und die Förderung im Rahmen eines der folgenden KfW-Förderprogramme können Sie nicht gleichzeitig in Anspruch nehmen (Kumulierungsverbot):

- „Energieeffizient Sanieren – Einzelmaßnahmen“ (Kredit, Programmnummer 152)
- „Energieeffizient Sanieren – Einzelmaßnahmen“ (Investitionszuschuss, Programmnummer 430)

Nähere Informationen und mögliche Änderungen in den Förderbedingungen des BAFA und der KfW sind im Vorfeld einer Sanierung immer abzuklären.

## 7.6.2 Sanierungsmaßnahmen für typische im Stadtgebiet vorkommende Gebäudearten

### 7.6.2.1 Einfamilienhäuser

In vielen Stadtteilen kommen Einfamilienhäuser in großer Zahl vor, so zum Beispiel im Gebiet das von der Heugasse im Süden, Augsburgur Straße im Westen, Am Schwalbanger im Norden und der Höchstädtstraße im Osten begrenzt wird. Das Gebiet ist in folgender Abbildung orange umrandet eingezeichnet.

**Abbildung 249: Wohngebiet mit typischen Einfamilienhäusern**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage [www.energieatlas.bayern.de](http://www.energieatlas.bayern.de)

Die meisten dieser Einfamilienhäuser sind in den 1960er Jahren gebaut worden, was vor Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung 1977 stattfand. Typischerweise haben Gebäude dieser Baualtersklasse aufgrund von fehlender Wärmedämmung einen hohen Heizenergieverbrauch.

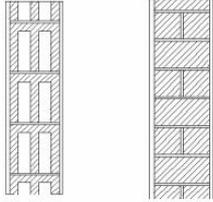
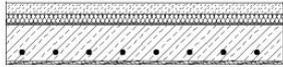
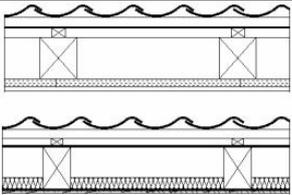
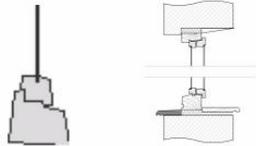
Sanierungsmaßnahmen an diesen Gebäuden versprechen daher wegen der nicht vorhandenen Wärmedämmung hohe Energieeinsparpotenziale.

Gute Wärmedämmung ist Grundvoraussetzung für ein energieeffizientes Gebäude. Für die Bewohner eines solchen Gebäudes ergeben sich hieraus eine erhöhte thermische Behaglichkeit und niedrigere Heizkosten. Weiterhin lässt sich der Wert einer Immobilie durch eine energetische Sanierung deutlich steigern. Diese Vorteile einer energetischen Sanierung müssen seitens der Beratung Immobilienbesitzern vermittelt werden.

In Abbildung 242 ist der typische Aufbau eines solchen Gebäudes und die darin üblicherweise verbaute Heizungstechnik aufgezeigt. Die Abbildungen wurden einer Studie des Instituts für Wohnen

und Umwelt (IWU) entnommen, in der Studie wurden typische Gebäude aus dem Wohngebäudebestand Bayerns abgebildet.

**Abbildung 250: Typische Konstruktion/Heiztechnik Einfamilienhaus vor 1977**

| EFH 49 Vorhandene Konstruktion/Heiztechnik  |   |   |
|---|---|---|
| <p>Haustyp Einfamilienhaus</p> <p>Baualtersklasse 1949 bis 1968</p> <p>Wohnfläche 118 m<sup>2</sup></p> <p>Endenergiebedarf<br/>Heizung &amp; Warmwasser 287 kWh/(m<sup>2</sup>a)</p> <p>Bedeutung in Bayern</p> <p>Anteil Wohngebäude im Bestand 16,2%</p> |   |  <p>Foto: IWU</p> |
| Bauteilskizze   | Beschreibung  | U-Wert  |
|   |   | [W/(m <sup>2</sup> K)]  |
| <b>Außenwand</b><br>  | 24 cm oder 30 cm Hohlblockmauerwerk aus Bimsbeton, Hüttenbimsbeton oder Schlackenbeton, beidseitig verputzt | 1,1 bis 1,3   |
|   | 24 / 30 cm Vollziegel, beidseitig verputzt  | 1,4 bis 1,8   |
| <b>Kellerdecke</b><br>   | 15 cm Stahlbetondecke mit schwimm. Estrich auf 1 bis 3 cm Dämmung   | 1,0 bis 1,5   |
| <b>Dachschräge</b><br>   | Ziegel auf Sparschalung, 2,5 bis 5 cm mineralisierte Holzwohle-Leichtbauplatten, unterseitig verputzt       | 1,3 bis 1,8   |
|   | 4 bis 6 cm Mineralwolle zwischen den Sparren, Gipskartonplatten   | 0,9 bis 1,1   |
| <b>Fenster</b><br>   | Einfachverglasung in Holzrahmen   | 5,2   |
|   | Holzverbund mit Doppelverglasung  | 2,8   |
| <b>Heizungstechnik</b>  |   |   |
| <b>Heizsystem</b>   | Standard Ölkessel   |   |
| <b>Warmwasserbereitung</b>  | Warmwasserbereitung über den Heizkessel mit beigestelltem Speicher  |   |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von IWU – Gebäudetypologie Bayern

Folgende Tabelle zeigt Sanierungsmaßnahmen, wie sie dem augenblicklichen Stand der Technik entsprechen:

**Tabelle 64: Beispielhafte Sanierungsmaßnahmen**

| Bauteil   | Sanierungsmaßnahme            | U-Wert |
|---|-------------------------------|--------|
| Außenwände  | 14 cm WDVS                    | 0,18   |
| Kellerdecke   | 9 cm Wärmedämmung mit WLG 035 | 0,28   |
| Oberste Geschossdecke   | 20 cm Wärmedämmung            | 0,15   |
| Dach  | 20 cm Vollsparrendämmung      | 0,25   |
| Außenfenster  | 3-fach Wärmeschutzverglasung  | 0,9    |
| <b>Modernisierung der Heizungstechnik und der Warmwasserbereitung</b> |                               |        |
| Heizsystem  | Gas-Brennwertkessel           |        |
| Warmwasserbereitung   | Solarthermische Anlage        |        |

Quelle: Eigene Darstellung

Mit den hier vorgeschlagenen Maßnahmen können insgesamt bis zu 180 kWh pro Quadratmeter und Jahr eingespart werden. Für ein Wohnhaus mit 120 m<sup>2</sup> bedeutet dies eine Einsparung von 21.600 kWh pro Jahr.

#### **Wirtschaftlichkeit und Wärmegestehungskosten:**

Die oben aufgelisteten Sanierungsmaßnahmen verursachen Gesamtkosten von ca. 76 000 €. Durch die Sanierung können jährlich rund 22.000 kWh eingespart werden.

Die Höhe der laufenden Kosten für je ein saniertes und ein unsaniertes Objekt sind in der nachfolgenden Tabelle aufgelistet. Es wird von einer Steigerung der Energiekosten von 3 % pro Jahr ausgegangen.

**Tabelle 65: Vergleich der Energiekosten im unsanierten und sanierten Zustand**

| Jahr                | Energiekosten €/a (Unsaniert) | Energiekosten €/a (Saniert) |
|---------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 1                   | 3200,00                       | 840,00                      |
| 2                   | 3296,00                       | 865,20                      |
| 3                   | 3394,88                       | 891,16                      |
| 4                   | 3496,73                       | 917,89                      |
| 5                   | 3601,63                       | 945,43                      |
| 6                   | 3709,68                       | 973,79                      |
| 7                   | 3820,97                       | 1003,00                     |
| 8                   | 3935,60                       | 1033,09                     |
| 9                   | 4053,66                       | 1064,09                     |
| 10                  | 4175,27                       | 1096,01                     |
| 11                  | 4300,53                       | 1128,89                     |
| 12                  | 4429,55                       | 1162,76                     |
| 13                  | 4562,43                       | 1197,64                     |
| 14                  | 4699,31                       | 1233,57                     |
| 15                  | 4840,29                       | 1270,58                     |
| 16                  | 4985,50                       | 1308,69                     |
| 17                  | 5135,06                       | 1347,95                     |
| 18                  | 5289,11                       | 1388,39                     |
| 19                  | 5447,79                       | 1430,04                     |
| 20                  | 5611,22                       | 1472,95                     |
| <b>Gesamtkosten</b> | <b>85.985,20</b>              | <b>22.571,11</b>            |
| <b>Ersparnis</b>    |                               | <b>63.414,09</b>            |

Quelle: Eigene Berechnung

Durch die Sanierung eines typischen Einfamilienhauses können in 20 Jahren über 60.000 € Energiekosten eingespart werden.

Eine Kreditfinanzierung vorausgesetzt, kommen noch einmal Mehrkosten durch die Zinslast hinzu. Folgende Tabelle zeigt diese Kosten für eine 100 %ige Kreditfinanzierung bei 10 Jahren Laufzeit und einem Jahreszins von 4 %:

**Tabelle 66: Zinslast bei vollständiger Kreditfinanzierung**

| Jahr                      | Kredit € | Zinslast €    |
|---------------------------|----------|---------------|
| 1                         | 76.000   | 3040          |
| 2                         | 68.400   | 2736          |
| 3                         | 60.800   | 2432          |
| 4                         | 53.200   | 2128          |
| 5                         | 45.600   | 1824          |
| 6                         | 38.000   | 1520          |
| 7                         | 30.400   | 1216          |
| 8                         | 22.800   | 912           |
| 9                         | 15.200   | 608           |
| 10                        | 7600     | 304           |
| 11                        | 0        | 0             |
| <b>Zinslast (gesamt):</b> |          | <b>16.720</b> |

Quelle: Eigene Berechnung

Die durchgeführte Wirtschaftlichkeitsberechnung stellt lediglich eine beispielhafte Maßnahme dar und muss für jedes Projekt objektspezifisch durchgeführt werden. Eine Sanierung kann wie hier gezeigt wirtschaftlich sein, jedoch können Ergebnisse stark von der hier durchgeführten Berechnung abweichen. Bei Gesamtkosten von über 90.000 € macht sich die Energieeinsparung finanziell erst nach 27 Jahren bemerkbar.

Welche Auswirkungen die oben beschriebenen Fördermaßnahmen von KfW und BAFA auf die Rentabilität einer energetischen Gebäudesanierung haben, soll der folgende Vergleich zeigen.

Förderungen:

- Energieeffizientes Sanieren (Kredit; Programmnummer 151): 75.000 €
- BAFA-Zuschuss für Solarkollektoranlage: 1500 €
- Tilgungszuschuss 9.375 €

**Tabelle 67: Zinslast bei KfW-Förderung**

| Jahr                      | Kredit €  | Zinslast €      |
|---------------------------|-----------|-----------------|
| 1                         | 65.625,00 | 656,00          |
| 2                         | 59.062,50 | 590,00          |
| 3                         | 52.500,00 | 525,00          |
| 4                         | 45.937,50 | 459,00          |
| 5                         | 39.375,00 | 394,00          |
| 6                         | 32.812,50 | 328,00          |
| 7                         | 26.250,00 | 262,00          |
| 8                         | 19.687,50 | 197,00          |
| 9                         | 13.125,00 | 131,00          |
| 10                        | 6562,50   | 66,00           |
| 11                        | 0,00      | 0,00            |
| <b>Zinslast (gesamt):</b> |           | <b>3.609,00</b> |

Quelle: Eigene Berechnung

Durch eine optimale Unterstützung, mit dem günstigen KfW-Kredit und einem Tilgungszuschuss von 9375 €, kann die anfallende Zinslast von 16.720 € auf 3609 € deutlich reduziert werden (Tabelle 66). Dadurch kann ein wirtschaftlicher Betrieb nach 23 Jahren erreicht werden, ohne Zuschüsse jedoch erst nach 27 Jahren.

**Wärmegestehungskosten:**

Die Wärmegestehungskosten setzen sich aus den betriebsgebundenen Kosten und den Brennstoffkosten zusammen. Sie geben Aufschluss darüber, wie hoch die Kosten für die Erzeugung einer Kilowattstunde Wärme im Sinne einer Vollkostenberechnung sind. Für die in diesem Beispiel verwendete Öl-Niedertemperatur-Heizung setzen sich die betriebsgebundenen Kosten wie in Tabelle 8150 aufgelistet zusammen. Die Kosten wurden auf Basis der Studie „Dokumentation Heizkostenvergleiche“ des Instituts für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung errechnet.

**Tabelle 68: Zusammensetzung betriebsgebundener Kosten**

|                  |  |
|------------------|--|
| Wartungskosten   | 1% der Investitionssumme = 95 € pro Jahr |
| Schornsteinfeger | 80 € pro Jahr                            |
| Hilfsenergie     | 99 € pro Jahr                            |

Quelle: Eigene Darstellung

Bei den Kosten für Wartung und Schornsteinfeger wird eine Kostensteigerung von 2 % pro Jahr angenommen. Die Kosten der Hilfsenergie hängen vom Strompreis ab und unterliegen einer Steigerung von 5 % pro Jahr.

Es ergeben sich aus dieser Berechnung Wärmegestehungskosten von **0,097 €** pro kWh<sub>th</sub>. Im Betrachtungszeitraum von 20 Jahren steigen diese Kosten auf **0,171 €** pro kWh<sub>th</sub> an.

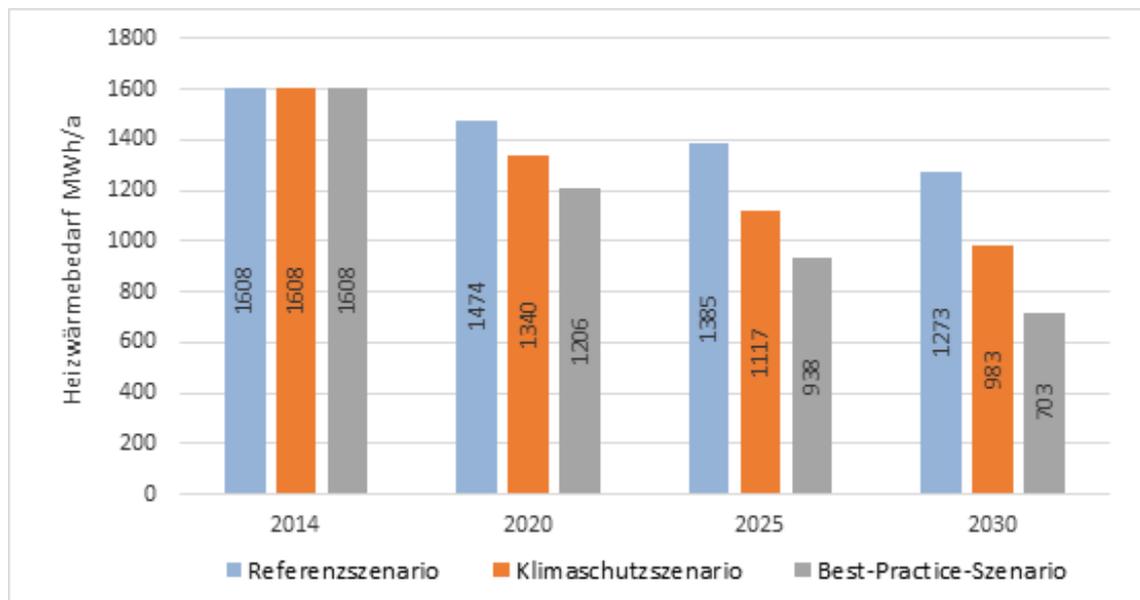
### Gesamtes Einsparpotenzial im Wohngebiet Am Schwalbanger:

Im Wohngebiet Am Schwalbanger befinden sich 75 Einfamilien-Bestandsbauten, die vor 1977 errichtet wurden. Diese haben eine Wohnfläche von durchschnittlich 123 m<sup>2</sup>.

Bei der Sanierung der 75 einbezogenen Gebäude in diesem Stadtgebiet, mit den oben aufgeführten Maßnahmen, ergibt sich eine Einsparung von über 1.660 MWh an thermischer Energie pro Jahr.

Die Abbildung 243 zeigt die Entwicklung des Heizwärmebedarfs, der bis 2030 durch die verschiedenen Sanierungsszenarien erzielt werden könnte.

### Abbildung 251: Entwicklung des Heizwärmebedarfs im Wohngebiet südlich Am Schwalbanger bei verschiedenen Sanierungsszenarien



Quelle: Eigene Darstellung

Das Referenzszenario mit einer Sanierungsrate von 1,2 % pro Jahr (blaue Balken) führt zu einer Senkung des Heizwärmebedarfs bis 2030 von 335 MWh<sub>th</sub>. Das Klimaschutzszenario (orange Balken) mit 2,5 % Sanierungsrate erzielt bereits eine Einsparung von 625 MWh<sub>th</sub>. Das entspricht 40 % des aktuellen Verbrauchs. Durch das Best-Practice-Szenario mit einer Sanierungsrate von 4 % (graue Balken) können bis zu 56 % der Heizwärme, das entspricht 905 MWh<sub>th</sub>, eingespart werden.

### 7.6.2.2 Mehrfamilienhäuser

Mehrfamilienhäuser mit 6 – 12 Wohneinheiten sind ebenfalls eine typische Gebäudeart im Gebiet der Stadt Neuburg. Eine Häufung dieser Gebäudegattung findet man z.B. im Gebiet nördlich der Sudetenstraße zwischen Ostendstraße und Berliner Straße. Die Gebäude sind zum Teil Bestandsgebäude die vor 1977 errichtet wurden und zum Teil nach Wärmeschutzverordnung 1982 errichtet.

**Abbildung 252: Gebiet mit typischen Mehrfamilienhäusern**

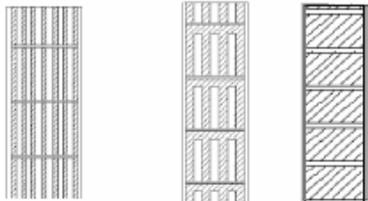
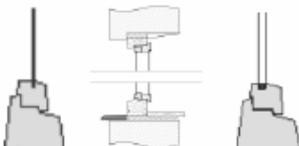


Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage [www.energieatlas.bayern.de](http://www.energieatlas.bayern.de)

Im Kapitel 7.4 Analyse des kommunalen Wohnungsunternehmens wurden bereits für ein Gebäude dieses Typs mit dem Baujahr 1992, das sich im genannten Gebiet befindet (Danzigerstraße), detaillierte Sanierungsmaßnahmen und deren Potenziale aufgezeigt.

Die nachstehende Abbildung zeigt wieder die übliche Gebäudekonstruktion und die installierte Heizungstechnik im Bestand:

**Abbildung 253: Typische Konstruktion/Heizungstechnik - Mehrfamilienhaus vor 1977**

| Bauteilskizze   |   | Beschreibung  | U-Wert<br>[W/(m²K)]                       |
|---|---|---|---|
| <p>MFH 69 (A)      Vorhandene Konstruktion/Heiztechnik</p> <p style="text-align: right;">Foto: ezel Aljku</p> <p style="text-align: center;">Haustyp: Mehrfamilienhaus</p> <p>Baualtersklasse: 1969 bis 1978<br/>                     Wohnfläche: 456 m²<br/>                     Endenergiebedarf:<br/>                     Heizung &amp; Warmwasser: 268 kWh/(m²a)</p> <p>Bedeutung in Bayern<br/>                     Anteil Wohngebäude im Bestand: 2,0%</p>  |   |   |   |
| <b>Außenwand</b>  |   | 30 cm bis 36 cm Hochlochziegel, beidseitig verputzt<br><br>25 cm oder 30 cm oder 38 cm Hohlblockmauerwerk aus Blähton oder Schlackenbeton, beidseitig verputzt<br><br>30 cm Porotonziegel oder Gasbetonmauerwerk, beidseitig verputzt | 0,8 bis 1,1<br><br>0,9 bis 1,3<br><br>0,7 |
| <b>Kellerdecke</b>  |  | 18 cm Stahlbeton mit schwimm. Estrich auf 3 bis 4 cm Polystyrol oder Mineralwolle   | 0,8 bis 1,0                               |
| <b>oberste Geschossdecke</b>  |  | 15 cm Stahlbeton mit schwimm. Estrich auf 3 bis 4 cm Mineralwolle   | 0,8 bis 1,0                               |
| <b>Fenster</b>  |  | Einfachverglasung in Holzrahmen<br><br>Holzrahmen mit Doppelverglasung<br><br>Holzrahmen mit Isolierverglasung  | 5,2<br><br>2,8<br><br>2,8                 |
| <b>Heizungstechnik</b>  |   |   |   |
| <b>Heizsystem</b>   |   | Gas Niedertemperaturkessel  |   |
| <b>Warmwasserbereitung</b>  |   | Warmwasserbereitung über den Heizkessel mit beigestelltem Speicher  |   |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von IWU – Gebäudetypologie Bayern

Im Folgenden sind die Sanierungsmaßnahmen aufgelistet, wie sie dem Stand der Technik entsprechen:

**Tabelle 69: Beispielhafte Sanierungsmaßnahmen**

| Bauteil   | Sanierungsmaßnahme            | U-Wert |
|---|-------------------------------|--------|
| Außenwände  | 14 cm WDVS                    | 0,18   |
| Kellerdecke   | 9 cm Wärmedämmung mit WLK 035 | 0,28   |
| Oberste Geschossdecke   | 20 cm Wärmedämmung            | 0,15   |
| Dach  | 20 cm Vollsparrendämmung      | 0,25   |
| Außenfenster  | 3-fach Wärmeschutzverglasung  | 0,9    |
| <b>Modernisierung der Heizungstechnik und der Warmwasserbereitung</b> |                               |        |
| Heizsystem  | Gas-Brennwertkessel           |        |
| Warmwasserbereitung   | Solarthermische Anlage        |        |

Quelle: Eigene Darstellung

Mit den hier vorgeschlagenen Maßnahmen, die dem Stand der Technik entsprechen, können bis zu 170 kWh pro Quadratmeter und Jahr eingespart werden. Für ein Wohnhaus mit 450 m<sup>2</sup> bedeutet dies eine Einsparung von 76.500 kWh<sub>th</sub> pro Jahr.

#### **Wirtschaftlichkeit und Wärmegestehungskosten:**

Die in dargestellten Maßnahmen verursachen Gesamtkosten von ca. 150.000€. Durch die Sanierung können jährlich rund 80.000 kWh eingespart werden.

Die Höhe der laufenden Kosten für je ein saniertes und ein unsaniertes Objekt sind in der nachfolgenden Tabelle aufgelistet. Es wird von einer Steigerung der Energiekosten von 3 % pro Jahr ausgegangen.

**Tabelle 70: Vergleich der Energiekosten im unsanierten und sanierten Zustand**

| Jahr                | Energiekosten €/a (Unsaniert) | Energiekosten €/a (Saniert) |
|---------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 1                   | 9880,00                       | 2726,75                     |
| 2                   | 10.176,40                     | 2808,55                     |
| 3                   | 10.481,69                     | 2892,81                     |
| 4                   | 10.796,14                     | 2979,59                     |
| 5                   | 11.120,03                     | 3068,98                     |
| 6                   | 11.453,63                     | 3161,05                     |
| 7                   | 11.797,24                     | 3255,88                     |
| 8                   | 12.151,15                     | 3353,56                     |
| 9                   | 12.515,69                     | 3454,17                     |
| 10                  | 12.891,16                     | 3557,79                     |
| 11                  | 13.277,89                     | 3664,52                     |
| 12                  | 13.676,23                     | 3774,46                     |
| 13                  | 14.086,52                     | 3887,69                     |
| 14                  | 14.509,11                     | 4004,32                     |
| 15                  | 14.944,39                     | 4124,45                     |
| 16                  | 15.392,72                     | 4248,19                     |
| 17                  | 15.854,50                     | 4375,63                     |
| 18                  | 16.330,13                     | 4506,90                     |
| 19                  | 16.820,04                     | 4642,11                     |
| 20                  | 17.324,64                     | 4781,37                     |
| <b>Gesamtkosten</b> | 265.479,30                    | 73.268,79                   |
| <b>Ersparnis</b>    |                               | <b>192.210,51</b>           |

Quelle: Eigene Berechnung

Durch die Sanierung eines typischen Einfamilienhauses können in 20 Jahren über 190.000 € Energiekosten eingespart werden, so dass sich die Investitionskosten von 150.000 € amortisieren. Die Wirtschaftlichkeit über einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren ist gegeben.

Eine Kreditfinanzierung vorausgesetzt, kommen noch einmal Mehrkosten durch die Zinslast hinzu. Diese Kosten für eine 100 %ige Kreditfinanzierung bei 10 Jahren Laufzeit und einem Jahreszins von 4 % sind in **Tabelle 70** aufgelistet.

**Tabelle 71: Zinslast bei vollständiger Kreditfinanzierung**

| Jahr                      | Kredit €   | Zinslast €      |
|---------------------------|------------|-----------------|
| 1                         | 150.000,00 | 6000,00         |
| 2                         | 135.000,00 | 5400,00         |
| 3                         | 120.000,00 | 4800,00         |
| 4                         | 105.000,00 | 4200,00         |
| 5                         | 90.000,00  | 3600,00         |
| 6                         | 75.000,00  | 3000,00         |
| 7                         | 60.000,00  | 2400,00         |
| 8                         | 45.000,00  | 1800,00         |
| 9                         | 30.000,00  | 1200,00         |
| 10                        | 15.000,00  | 600,00          |
| 11                        | 0,00       | 0,00            |
| <b>Zinslast (gesamt):</b> |            | <b>33.000 €</b> |

Quelle: Eigene Berechnung

Bezieht man die durch Zinsen anfallenden Kosten mit in die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ein, fallen Gesamtkosten von circa 180.000 € an. Die Einsparung von 190.000 € lässt also auch hier einen wirtschaftlichen Betrieb des Gebäudes im Betrachtungszeitraum von 20 Jahren zu.

Die durchgeführte Wirtschaftlichkeitsberechnung stellt lediglich eine beispielhafte Maßnahme dar und muss für jedes Projekt objektspezifisch durchgeführt werden. Eine Sanierung kann wie hier gezeigt wirtschaftlich sein, jedoch können Ergebnisse stark von der durchgeführten Berechnung abweichen.

Welche Auswirkungen die oben beschriebenen Fördermaßnahmen von KfW und BAFA auf die Rentabilität einer energetischen Gebäudesanierung haben, soll der folgende Vergleich zeigen.

Förderungen:

- 151 Energieeffizientes Sanieren – Kredit: 150.000 €
- Tilgungszuschuss 9.375 €

**Tabelle 72: Zinslast bei KfW-Förderung**

| Jahr                      | Kredit €   | Zinslast €    |
|---------------------------|------------|---------------|
| 1                         | 140.625,00 | 1406          |
| 2                         | 126.562,50 | 1266          |
| 3                         | 112.500,00 | 1125          |
| 4                         | 98.437,50  | 984           |
| 5                         | 84.375,00  | 844           |
| 6                         | 70.312,50  | 703           |
| 7                         | 56.250,00  | 563           |
| 8                         | 42.187,50  | 422           |
| 9                         | 28.125,00  | 281           |
| 10                        | 14.062,50  | 141           |
| 11                        | 0,00       | 0,00          |
| <b>Zinslast (gesamt):</b> |            | <b>7734 €</b> |

Quelle: Eigene Berechnung

Durch eine optimale Unterstützung mit dem günstigen KfW-Kredit und einem Tilgungszuschuss von 9375 € kann die anfallende Zinslast von 33.000 € auf 7734 € deutlich reduziert werden. Dadurch kann ein wirtschaftlicher Betrieb bereits nach 17 Jahren erreicht werden.

**Wärmegestehungskosten:**

Die Wärmegestehungskosten setzen sich aus den betriebsgebundenen und den Brennstoffkosten zusammen. Sie geben Aufschluss darüber, wie viel Euro die Erzeugung einer Kilowattstunde Wärme kostet. Für die in diesem Beispiel verwendete Gas-Brennwerttherme setzen sich die betriebsgebundenen Kosten wie folgt zusammen. Die Kosten wurden auf Basis der Studie „Dokumentation Heizkostenvergleiche“ des Instituts für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung errechnet.

**Tabelle 73: Zusammensetzung betriebsgebundener Kosten**

|                  |   |
|------------------|---|
| Wartungskosten   | 1% der Investitionssumme = 135 € pro Jahr |
| Schornsteinfeger | 60 € pro Jahr                             |
| Hilfsenergie     | 319 € pro Jahr                            |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage der Daten des IER Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung

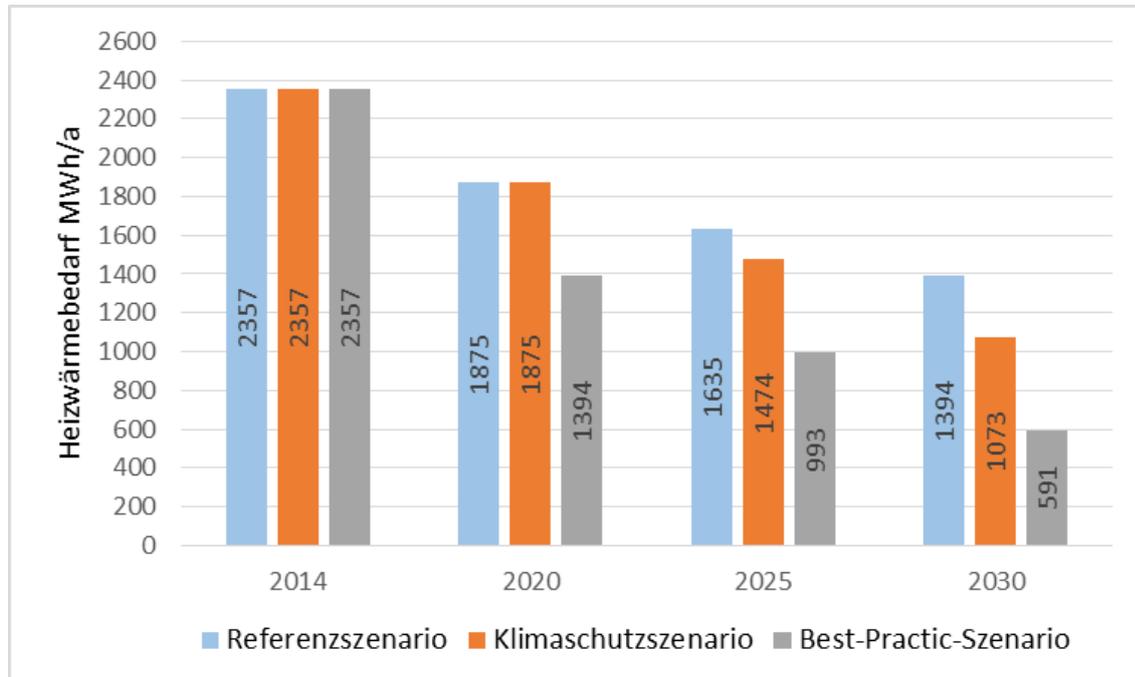
Bei den Kosten für Wartung und Schornsteinfeger wird eine Kostensteigerung von 2 % pro Jahr angenommen. Die Kosten der Hilfsenergie hängen vom Strompreis ab und unterliegen einer Steigerung von 5 % pro Jahr.

Es ergeben sich Wärmegestehungskosten von **0,077 €** pro kWh. Im Betrachtungszeitraum von 20 Jahren steigen diese Kosten auf **0,140 €** pro kWh an.

### Gesamtes Einsparpotenzial im Wohngebiet:

Im eingangs dargestellten Wohngebiet nördlich der Sudetenstr. befinden sich 45 Mehrfamilienhäuser, die der Gebäudetypologie Mehrfamilienhaus vor 1977 entsprechen. Die Abbildung 246 zeigt die Entwicklung des Heizwärmebedarfs, der bis 2030 durch die verschiedenen Sanierungsszenarien erzielt werden könnte.

**Abbildung 254: Entwicklung des Heizwärmebedarfs bei verschiedenen Sanierungsszenarien**



Quelle: Eigene Darstellung

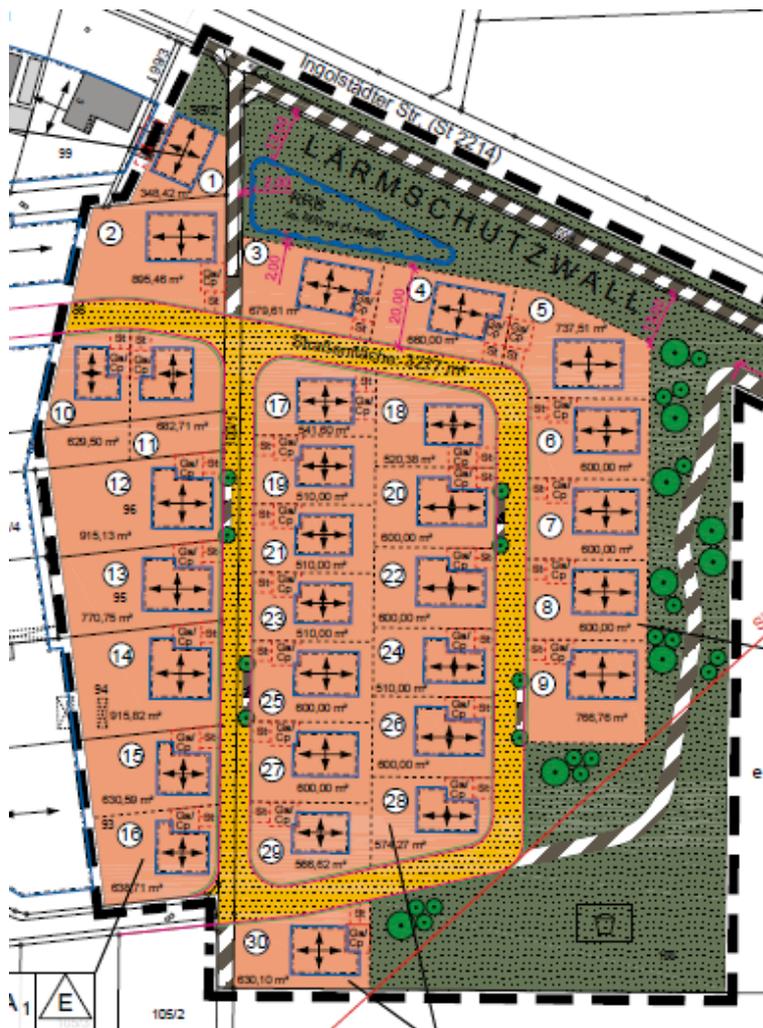
Das Referenzszenario mit einer Sanierungsrate von 1,2 % pro Jahr (blaue Balken) führt zu einer Senkung des Heizwärmebedarfs bis zum Jahr 2030 um 963 MWh<sub>th</sub>. Das Klimaschutzszenario (orange Balken) mit 2,5 % Sanierungsrate erzielt bereits eine Einsparung von 1284 MWh<sub>th</sub>. Das entspricht 55 % des aktuellem Verbrauchs. Durch das Best-Practice-Szenario mit einer Sanierungsrate von 4 % (graue Balken) können bis zu 75 % der Heizwärme, das entspricht 1765 MWh<sub>th</sub>, eingespart werden.

## 7.5 Ökologische Bauleitplanung

### 7.5.1 Ausgangssituation der Bauleitplanung

Das Baugebiet „Ried Straßäcker“ zeigt in dem von der Stadt Neuburg a.d. Donau zur Verfügung gestellten Entwurf 30 Baufelder auf, in denen jeweils Einfamilienhäuser geplant sind. Die Größe der Bebauung ist in den einzelnen Grundstücken mit einer Baulinie und Baugrenze markiert. Nach gemeinsamer Absprache mit dem Auftraggeber bestand der Wunsch, die Grundstücksgrenzen vom Prinzip weitestgehend zu übernehmen, da eine Aufteilung aufgrund der Eigentumsverhältnisse in dieser Art unkompliziert umgesetzt werden kann. Dabei hat ein Grundstück im Mittel eine Fläche von ca. 600m<sup>2</sup> und das zugehörige Baufeld hat im Mittel eine Länge von ca. 10m und eine Breite von ca. 16m. Durch die vorgegebene Geschossigkeit ergibt sich somit eine Wohnfläche im Mittel von ca. 150m<sup>2</sup>. Als Dachform und Dachneigung sollten im Allgemeinen Satteldächer mit einer Dachneigung von 20-45 Grad ausgebildet werden. Dies ist abhängig von der vorgegebenen Geschossigkeit und der zugehörigen Trauf- und Firsthöhe, welche ebenfalls im allgemeinen Wohngebiet der Planung vorgegeben wurde. Die Straßenführung sollte in den Grundzügen gemäß der übergebenen Planung beibehalten werden, um die Grundstücksteilung gemäß den Vorgaben nutzen zu können.

**Abbildung 255: Ausgangssituation Bebauungsplan Ried Straßäcker**



Quelle: Stadtplanungsamt Neuburg a. d. Donau (Plan M 1:1000 im Anhang)

### 7.5.2 Energetische Optimierung des vorgegebenen Bebauungsplanes

In Abstimmung mit dem Stadtplanungsamt Neuburg an der Donau wurden für die optimierte Variante des Bebauungsplans eine Ansammlung aus Einfamilienhäusern, Doppelhäusern, Reihenhäusern sowie Reihenhäuser als Mehrgenerationenhaus mit Pultdachform geplant. Als Energiestandards wurden die verschärfte EnEV 2014 (gilt ab 01.01.2016) und der Passivhausstandard festgelegt.

Infolge der Verdichtung durch Doppel- und Reihenhäuser ergeben sich energetische Vorteile. Durch die optimierte Kompaktheit der Gebäude sind hier die spezifischen Transmissionswärmeverluste der Gebäudehülle gegenüber Einfamilienhäusern um ca. 10% bis 15% geringer.

Das Pultdach bietet gegenüber der Satteldachform aus energetischer sowie ökonomischer Sicht Vorteile. Durch ein kompaktes Entwurfskonzept und das damit verbundene einfache Konstruktionsprinzip des Daches fallen die Baukosten etwas günstiger aus. Eine bessere Belichtung des Dachgeschosses durch große Fenster auf der Südseite optimiert beim Pultdach zudem die solaren Gewinne.

Je nach Ausbildung der Verschattung der Nachbarfassaden wird die Pultdachform entweder nach Norden oder nach Süden mit einer Dachneigung zwischen 4 und 7 Grad ausgerichtet. Die Nutzung von Photovoltaik auf den Dächern ist bei einer Nordorientierung des Pultdaches durch Aufständigung der Module ebenso möglich. Grundsätzlich wäre für das Baugebiet auch eine Flachdachausbildung denkbar.

**Abbildung 256: Optimierte Planung Ried Straßäcker**



Quelle: Dipl. Ing. (FH) Architekt Rupert Diels (Plan M 1:1000 im Anhang)

Die Straßenführung wurde gegenüber der Ausgangssituation im Bebauungsplan in Ihren Grundzügen beibehalten. Für die Anbindung der einzelnen Haustypen und für eine sinnvolle Zugehörigkeit von Carports und Stellplätze wurden in der optimierten Planung zwei Einbahnstraßen in Ost-West-Richtung geplant.

Im Vergleich zum bestehenden Bebauungsplan können wegen der optimierten Abstandsverhältnisse sowie durch die Verdichtung mittels Reihen und Doppelhäuser 8 zusätzliche Wohneinheiten geschaffen werden. Die optimierte Planung hat außerdem einen Wohnflächengewinn von 63% (2.690 m<sup>2</sup>), der gesamte Endenergiebedarf der EnEV-Varianten ist aber lediglich um 15% höher. Beim Passivhausstandard ergibt sich für den Endenergiebedarf eine Einsparung von 22% gegenüber der Bestandsplanung.

**Abbildung 257: Gegenüberstellung Anzahl Wohneinheiten / Wohnfläche / Endenergiebedarf**

| <b>Ausgangsplanung EnEV 2014 (ab 01.01.2016)</b>    |                |             |                |                    |                |
|---|----------------|-------------|----------------|--------------------|----------------|
| Typologie   | Bestand WF     | Anzahl      | Summe WF       | Endenergiebedarf   |                |
|   | m <sup>2</sup> |             | m <sup>2</sup> | kWh/m <sup>2</sup> | kWh            |
| WA1 (EFH)   | 140            | 7           | 980            | 77                 | 75.460         |
| WA2 (EFH)   | 160            | 14          | 2.240          | 77                 | 172.480        |
| WA3 (EFH)   | 120            | 9           | 1.080          | 77                 | 83.160         |
|   | <b>gesamt</b>  | <b>30</b>   | <b>4.300</b>   | <b>77</b>          | <b>331.100</b> |
| <b>Optimierte Planung EnEV 2014 (ab 01.01.2016)</b> |                |             |                |                    |                |
| Typologie   | Optimierung WF | Anzahl      | Summe WF       | Endenergiebedarf   |                |
|   | m <sup>2</sup> |             | m <sup>2</sup> | kWh/m <sup>2</sup> | kWh            |
| WA 1 (Mehrgenerationenhaus)                         | 210            | 5           | 1.050          | 50                 | 52.500         |
| WA 2 (Reihenendhaus)                                | 160            | 6           | 960            | 51                 | 48.960         |
| WA 2 (Reihenmittelhaus)                             | 150            | 7           | 1.050          | 47                 | 49.350         |
| WA 3 (Einfamilienhaus)                              | 150            | 7           | 1.050          | 64                 | 67.200         |
| WA 3 (Doppelhaushälfte)                             | 120            | 24          | 2.880          | 56                 | 161.280        |
|   | <b>gesamt</b>  | <b>38</b>   | <b>6.990</b>   | <b>54</b>          | <b>379.290</b> |
| <b>Verhältnis zur Ausgangsplanung</b>               |                | <b>127%</b> | <b>163%</b>    | <b>70%</b>         | <b>115%</b>    |
| <b>Optimierte Planung Passivhaus</b>                |                |             |                |                    |                |
| Typologie   | Optimierung WF | Anzahl      | Summe WF       | Endenergiebedarf   |                |
|   | m <sup>2</sup> |             | m <sup>2</sup> | kWh/m <sup>2</sup> | kWh            |
| WA 1 (Mehrgenerationenhaus)                         | 210            | 5           | 1.050          | 37                 | 38.850         |
| WA 2 (Reihenendhaus)                                | 160            | 6           | 960            | 37                 | 35.520         |
| WA 2 (Reihenmittelhaus)                             | 150            | 7           | 1.050          | 37                 | 38.850         |
| WA 3 (Einfamilienhaus)                              | 150            | 7           | 1.050          | 37                 | 38.850         |
| WA 3 (Doppelhaushälfte)                             | 120            | 24          | 2.880          | 37                 | 106.560        |
|   | <b>gesamt</b>  | <b>38</b>   | <b>6.990</b>   | <b>37</b>          | <b>258.630</b> |
| <b>Verhältnis zur Ausgangsplanung</b>               |                | <b>127%</b> | <b>163%</b>    | <b>48%</b>         | <b>78%</b>     |

Quelle: Dipl. Ing. (FH) Architekt Rupert Diels

### 7.5.3 Verschattungssimulation

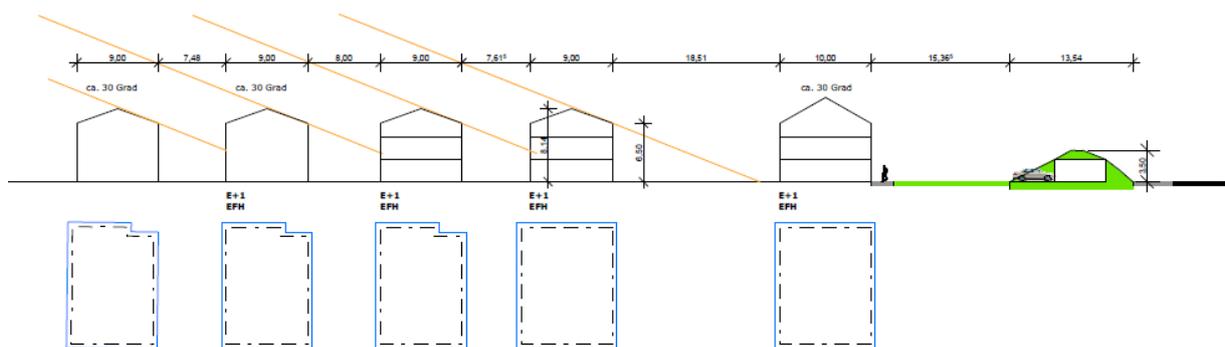
Die Verschattungssimulation zeigt die ersten 5 Gebäude der Bestandsplanung und die ersten 4 Gebäude der optimierten Planung mit Ihren Abstandsverhältnissen. Die Verschattungslinie mit 20 Grad Neigung bezieht sich auf den Sonnenstand für den mittleren Wintertag am 21. Februar.

In der Ausgangssituation mit Satteldach zeichnet sich aufgrund der vorgegebenen Baufelder und deren Abstandsverhältnissen eine hohe Verschattung des jeweiligen Nachbargebäudes ab. In der optimierten Planung ist durch eine geringere Firsthöhe des Pultdaches im Vergleich zum Satteldach eine bessere Nutzung des obersten Geschoßes sowie eine geringere Verschattung des dahinter stehenden Nachbarhauses gegeben. Somit können höhere solare Gewinne bei zugleich optimierten Abstandsverhältnissen erzielt werden.

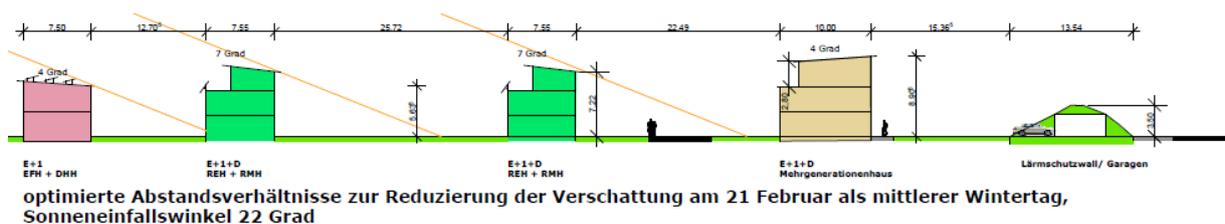
In der optimierten Planung ist für den nördlichen Bereich der Bebauung das Mehrgenerationenhaus (E+1+D, Farbe beige) geplant, gefolgt von zwei Reihenmittelhäusern (E+1+D, Farbe grün) und einem Doppelhaus (E+1, Farbe rosa).

**Abbildung 258: Verschattungssimulation**

#### Schnitt durch Gebäude von Nord nach Süd (gemäß Schnittlinie siehe Bebauungsplan)



**Abstandsverhältnisse und Verschattungssituation der Ausgangssituation aufgrund der vorgegebenen Baufelder und zugehöriger Satzung am 21 Februar als mittlerer Wintertag, Sonneneinfallswinkel 22 Grad**



Quelle: Dipl. Ing. (FH) Architekt Rupert Diels

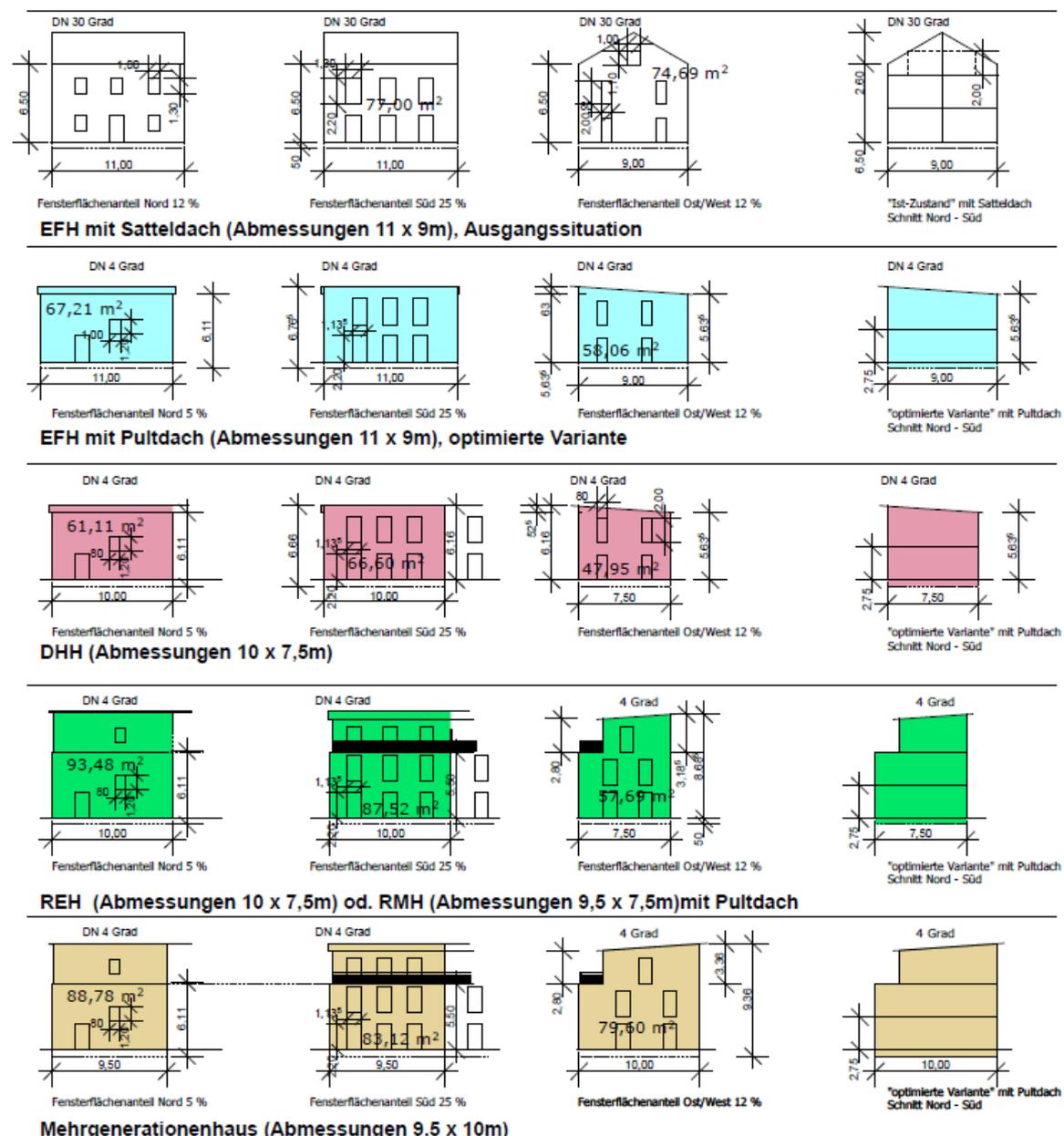
Im Zusammenhang mit der nördlich verlaufenden Hauptstraße soll ein Lärmschutzwall ausgebildet werden. Hier könnten platzsparend ein Teil der Garagen und Stellplätze untergebracht werden. Eine solare Nutzung für den Lärmschutzwall wird aus versicherungstechnischen Gründen nicht vorgeschlagen. Hier müsste aus Sicherheitsgründen ein Zaun mit mindestens 2m Höhe rund um eine Freiflächen PV-Anlage errichtet werden.

## 7.5.4 Gebäudetypologie und Modulfestlegungen

Im Sinne der energetischen Optimierung sind alle Häuser nach Süden ausgerichtet, um die solaren Gewinne weitestgehend zu nutzen. Im Bereich der Südfassade wird deswegen ein Fensterflächenanteil von 25% angesetzt. Für die Ost- und Westfassaden ist ein Fensterflächenanteil von 12% sinnvoll. An der Nordseite wird ein Fensterflächenanteil von 5% festgelegt, da hier keine solaren Gewinne generiert werden können und die Wärmeverluste über Fenster deutlich höher sind als über die Außenwand.

Aufgrund einer Kosten-Nutzen-Bilanz werden die Gebäude ohne Keller bilanziert, dies hat zudem energetische Vorteile gegenüber einem Haus mit Keller. Als Abstellfläche kann ein Nebengebäude in Holzbauweise errichtet werden. Folgende Abbildung zeigt die Gebäudetypen mit ihren Festsetzungen:

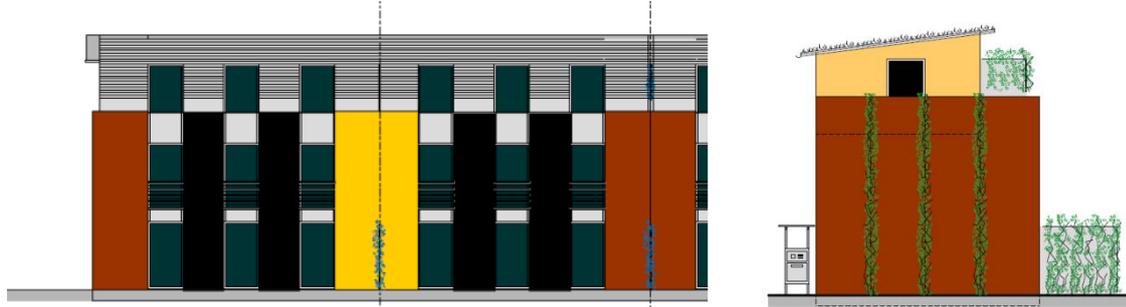
**Abbildung 259: Gebäudetypologie**



Quelle: Dipl. Ing. (FH) Architekt Rupert Diels

Die folgenden Abbildungen zeigen Modellhaft einen möglichen Entwurf für die geplanten Gebäudetypen:

**Abbildung 260: Gebäudemodell Mehrgenerationenhaus/ Reihenhaus**



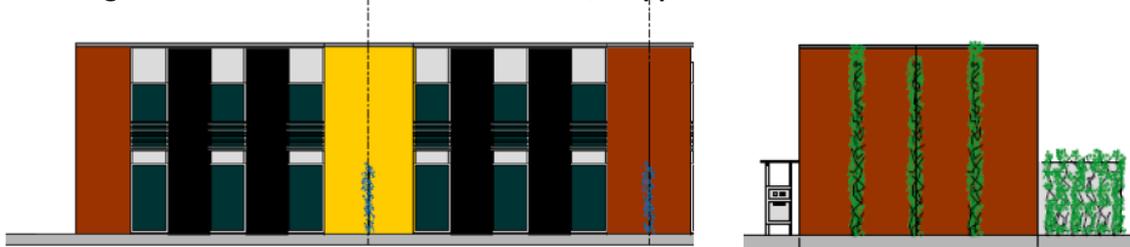
Ansicht Süd



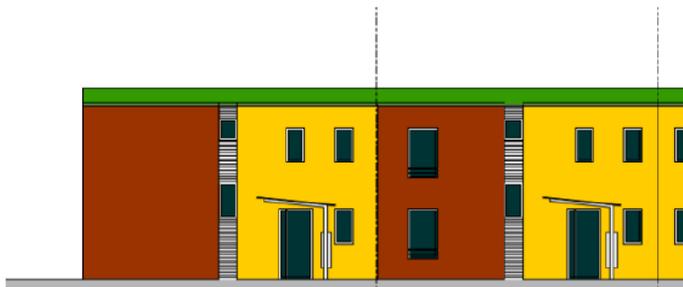
Ansicht Nord

Quelle: Dipl. Ing. (FH) Architekt Rupert Diels

**Abbildung 261: Gebäudemodell Einfamilienhaus / Doppelhaus**



Ansicht Süd



Ansicht Nord

Quelle: Dipl. Ing. (FH) Architekt Rupert Diels

Es sollen nachhaltig sinnvolle Materialien auf Basis eines Kalksandstein-Rohbaus verwendet werden. In die Baubeschreibung könnten alternativ weitere Produkte wie mineralische Dämmung für das WDVS, Zellulosedämmung im Schrägdachbereich und emissionsarme Materialien vor allem bei Oberflächen und Bodenbelägen aufgenommen werden.

### 7.5.5 Energetische Kennwerte, Bauteilanforderungen, Förderung

Im Rahmen der ökologischen Bauleitplanung werden zwei Gebäudeenergiestandards gegenübergestellt. Ziel dabei ist, die geplante Umsetzung des Bebauungsplans bereits mit den zukünftigen Anforderungen der Energieeinsparverordnung (EnEV) abzubilden. Die verschärften Anforderungen der EnEV 2014 treten am 01.01.2016 in Kraft. Als Best-Practice-Variante wird der Passivhausstandard dargestellt.

Zur Wärmeerzeugung wird für alle Gebäude eine Gas-Brennwerttechnik in Verbindung mit Solarthermie angesetzt. Alternativ kann aber auch eine Wärmepumpe oder ein Pelletkessel eingesetzt werden. Die Warmwasserverteilung sollte so kompakt wie möglich ausgeführt werden, sodass sie weitestgehend ohne Zirkulationsleitung auskommt. Hierdurch können Investitionen und Energie eingespart werden.

Für die Häuser im Passivhausstandard wird zusätzlich ein Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung verwendet, welches einen deutlich höheren Komfort zur Belüftung ermöglicht und 80 bis 85 Prozent der Lüftungswärmeverluste zurück gewinnt. Der Auslegungsluftwechsel beträgt pro Person 30 m<sup>3</sup>/h, was in etwa einem Wert von 0,4 h<sup>-1</sup> bezogen auf das Luftvolumen der Gebäude entspricht. Insgesamt betragen die Gesamtmehrkosten für den Passivhausstandard je nach Gebäudetyp zwischen 5.000 € und 7.500 € je Haus. Voraussetzung für die Wirtschaftlichkeit des Passivhauses ist die bauliche Umsetzung mit erfahrenen Planern sowie motivierte Handwerker und Komponentenlieferanten.

Der Passivhausstandard wird über die KfW-Bank durch das Programm "Energieeffizient Bauen" neben einem zinsgünstigen Darlehn (75.000 € je Wohneinheit) mit einem Tilgungszuschuss in Höhe von max. 5.000 € je Wohneinheit gefördert. Die Stadt Neuburg an der Donau bietet zusätzlich über eine **Positivliste (bei Veräußerung städtischer Grundstücke zur Wohnbebauung)** für den Passivhausstandard einen Kaufpreinsnachlass von 12 € je m<sup>2</sup> Grundstücksfläche an. Durch die Fördermöglichkeiten sind die Mehrkosten des Passivhauses beinahe gedeckelt.

Die folgenden Tabellen zeigen die Dämmwerte der Bauteile mit zugehörigen U-Werten und die daraus resultierenden Energieverbräuche für die jeweiligen Haustypen. Hier findet sich auch die resultierende Mehrinvestition für den Passivhausstandard mit der möglichen Förderung wieder.

**Abbildung 262: Anforderung Einfamilienhaus mit Satteldach (Ausgangssituation)**

| <b>Einfamilienhaus Ausgangssituation mit Satteldach</b> |  |  |
|---|--|--|
|   | <b>EnEV 2014 (ab 01.01.2016)</b>   | <b>Passivhaus</b>  |
| <b>Außenwand</b>  | 16cm WLG 035, U= 0,20 W/m <sup>2</sup> K                                       | 32cm WLG 032, U= 0,095 W/m <sup>2</sup> K                          |
| <b>Dach</b>   | 28cm WLG 035, U= 0,14 W/m <sup>2</sup> K                                       | 42cm WLG 032, U= 0,08 W/m <sup>2</sup> K                           |
| <b>Grund</b>  | 15cm WLG 035, U= 0,20 W/m <sup>2</sup> K                                       | 30cm WLG 035, U= 0,11 W/m <sup>2</sup> K                           |
| <b>Fenster</b>  | U <sub>w</sub> =0,9 W/m <sup>2</sup> K   | U <sub>w</sub> =0,8 W/m <sup>2</sup> K                             |
| <b>Haustür</b>  | U <sub>w</sub> =1,3 W/m <sup>2</sup> K   | U <sub>w</sub> =0,8 W/m <sup>2</sup> K                             |
| <b>Wärmebrücken</b>                                     | DeltaU <sub>WB</sub> =0,05   | DeltaU <sub>WB</sub> =0,01   |
| <b>Luftdichtheit</b>                                    | n50 mind. 1,0 h <sup>-1</sup>  | n50 mind. 0,6h <sup>-1</sup>                                       |
| <b>Heizung</b>  | Gas-BW   | Gas-BW   |
| <b>Warmwasser</b>                                       | Gas-BW, Solar  | Wärmepumpentech.(Gas-BW, Solar)                                    |
| <b>Regenerative</b>                                     | sol. WW+ Hzg   | sol. WW+ Hzg   |
| <b>Lüftung</b>  | Vent. Abluft   | Zu-/Abluft WRG 85%   |
| <b>Heizwärmebedarf in kWh</b>                           | 8.714  | 2.886  |
| <b>Warmwasser</b>                                       | 2.887  | 3.300  |
| <b>Endenergiebedarf in kWh</b>                          | 11.601   | 6.186  |
| <b>Wohnfläche in m<sup>2</sup></b>                      | 150  | 150  |
| <b>Endenergiebedarf in kWh/m<sup>2</sup>a</b>           | 77   | 40   |
| <b>Mehrinvest</b>                                       | Referenz   | ca. 110 €/m <sup>2</sup> WF  |
| <b>Förderung</b>  | <b>Stadt Neuburg</b>   | 3-4.000 €, je n. Grundstücksgröße<br>ca. 20-27 €/m <sup>2</sup> WF |
| <b>Förderung</b>  | <b>KfW-Energieeffizient Bauen</b><br>(5.000 € Tilgungszuschuss je Wohneinheit) | max. 5.000 € Tilgungszuschuss<br>33 €/m <sup>2</sup> WF            |
| <b>resultierender Mehrinvest</b>                        |  | ca. 50 €/m <sup>2</sup> WF   |

**Abbildung 263: Anforderung Einfamilienhaus optimiert mit Pultdach**

| <b>Einfamilienhaus E+1, optimiert mit Pultdach</b> |  |  |
|--|--|--|
|  | <b>EnEV 2014 (ab 01.01.2016)</b>   | <b>Passivhaus</b>  |
| <b>Außenwand</b>                                   | 16cm WLG 035, U= 0,20 W/m <sup>2</sup> K                                       | 32cm WLG 032, U= 0,095 W/m <sup>2</sup> K                          |
| <b>Dach</b>  | 28cm WLG 035, U= 0,14 W/m <sup>2</sup> K                                       | 42cm WLG 032, U= 0,08 W/m <sup>2</sup> K                           |
| <b>Grund</b>                                       | 15cm WLG 035, U= 0,20 W/m <sup>2</sup> K                                       | 30cm WLG 035, U= 0,11 W/m <sup>2</sup> K                           |
| <b>Fenster</b>                                     | U <sub>w</sub> =0,9 W/m <sup>2</sup> K   | U <sub>w</sub> =0,8 W/m <sup>2</sup> K                             |
| <b>Haustür</b>                                     | U <sub>w</sub> =1,3 W/m <sup>2</sup> K   | U <sub>w</sub> =0,8 W/m <sup>2</sup> K                             |
| <b>Wärmebrücken</b>                                | DeltaU <sub>WB</sub> =0,05   | DeltaU <sub>WB</sub> =0,01   |
| <b>Luftdichtheit</b>                               | n50 mind. 1,0 h <sup>-1</sup>  | n50 mind. 0,6h <sup>-1</sup>                                       |
| <b>Heizung</b>                                     | Gas-BW   | Gas-BW   |
| <b>Warmwasser</b>                                  | Gas-BW, Solar  | Wärmepumpentech.(Gas-BW, Solar)                                    |
| <b>Regenerative</b>                                | sol. WW+ Hzg   | sol. WW+ Hzg   |
| <b>Lüftung</b>                                     | Vent. Abluft   | Zu-/Abluft WRG 85%   |
| <b>Heizwärmebedarf in kWh</b>                      | 7.353  | 2.250  |
| <b>Warmwasser</b>                                  | 2.230  | 3.300  |
| <b>Endenergiebedarf in kWh</b>                     | 9.583  | 5.550  |
| <b>Wohnfläche in m<sup>2</sup></b>                 | 150  | 150  |
| <b>Endenergiebedarf in kWh/m<sup>2</sup>a</b>      | 64   | 37   |
| <b>Mehrinvest</b>                                  | * Referenz - 2%  | ca. 100 €/m <sup>2</sup> WF  |
| <b>Förderung</b>                                   | <b>Stadt Neuburg</b>   | 3-4.000 €, je n. Grundstücksgröße<br>ca. 20-27 €/m <sup>2</sup> WF |
| <b>Förderung</b>                                   | <b>KfW-Energieeffizient Bauen</b><br>(5.000 € Tilgungszuschuss je Wohneinheit) | max. 5.000 € Tilgungszuschuss<br>33 €/m <sup>2</sup> WF            |
| <b>resultierender Mehrinvest</b>                   |  | ca. 43 €/m <sup>2</sup> WF   |

Durch die höhere Kompaktheit hat das Einfamilienhaus mit Pultdach bei gleicher Wohnfläche einen deutlich geringeren Heizwärmebedarf als das Haus mit Satteldach. \*Zusätzlich sind die Baukosten durch die einfachere Konstruktion um ca. 2% niedriger.

Abbildung 264: Anforderung Reihenendhaus

| Reihenendhaus E+1+D, optimiert mit Pultdach   |  |  |
|---|--|--|
|   | EnEV 2014 (ab 01.01.2016)  | Passivhaus   |
| <b>Außenwand</b>                              | 16cm WLG 035, U= 0,20 W/m <sup>2</sup> K                                       | 30cm WLG 032, U= 0,10 W/m <sup>2</sup> K                           |
| <b>Dach</b>                                   | 24cm WLG 035, U= 0,17 W/m <sup>2</sup> K                                       | 40cm WLG 032, U= 0,085 W/m <sup>2</sup> K                          |
| <b>Grund</b>                                  | 15cm WLG 035, U= 0,20 W/m <sup>2</sup> K                                       | 28cm WLG 035, U= 0,12 W/m <sup>2</sup> K                           |
| <b>Fenster</b>                                | U <sub>w</sub> =0,9 W/m <sup>2</sup> K   | U <sub>w</sub> =0,8 W/m <sup>2</sup> K                             |
| <b>Haustür</b>                                | U <sub>w</sub> =1,3 W/m <sup>2</sup> K   | U <sub>w</sub> =0,8 W/m <sup>2</sup> K                             |
| <b>Wärmebrücken</b>                           | DeltaU <sub>WB</sub> =0,05   | DeltaU <sub>WB</sub> =0,01   |
| <b>Luftdichtheit</b>                          | n50 mind. 1,0 h <sup>-1</sup>  | n50 mind. 0,6h <sup>-1</sup>                                       |
| <b>Heizung</b>                                | Gas-BW   | Gas-BW   |
| <b>Warmwasser</b>                             | Gas-BW, Solar  | Wärmepumpentech,(Gas-BW, Solar)                                    |
| <b>Regenerative</b>                           | sol. WW+ Hzg   | sol. WW+ Hzg   |
| <b>Lüftung</b>                                | Vent. Abluft   | Zu-/Abluft WRG 85%   |
| <b>Heizwärmebedarf in kWh</b>                 | 6.042  | 2.400  |
| <b>Warmwasser</b>                             | 2.140  | 3.520  |
| <b>Endenergiebedarf in kWh</b>                | 8.182  | 5.920  |
| <b>Wohnfläche in m<sup>2</sup></b>            | 160  | 160  |
| <b>Endenergiebedarf in kWh/m<sup>2</sup>a</b> | 51   | 37   |
| <b>Mehrinvest</b>                             | Referenz - 2%  | ca. 95€/m <sup>2</sup> WF  |
| <b>Förderung</b>                              | <b>Stadt Neuburg</b>   | 3-4.000 €, je n. Grundstücksgröße<br>ca. 19-25 €/m <sup>2</sup> WF |
| <b>Förderung</b>                              | <b>KfW-Energieeffizient Bauen</b><br>(5.000 € Tilgungszuschuss je Wohneinheit) | max. 5.000 € Tilgungszuschuss<br>31 €/m <sup>2</sup> WF            |
| <b>resultierender Mehrinvest</b>              |  | ca. 43 €/m <sup>2</sup> WF   |

Abbildung 265: Anforderung Reihenmittelhaus

| Reihenmittelhaus E+1+D, optimiert mit Pultdach |  |  |
|--|--|--|
|  | EnEV 2014 (ab 01.01.2016)  | Passivhaus   |
| <b>Außenwand</b>                               | 16cm WLG 035, U= 0,20 W/m <sup>2</sup> K                                       | 30cm WLG 032, U= 0,10 W/m <sup>2</sup> K                           |
| <b>Dach</b>                                    | 24cm WLG 035, U= 0,17 W/m <sup>2</sup> K                                       | 40cm WLG 032, U= 0,085 W/m <sup>2</sup> K                          |
| <b>Grund</b>                                   | 15cm WLG 035, U= 0,20 W/m <sup>2</sup> K                                       | 28cm WLG 035, U= 0,12 W/m <sup>2</sup> K                           |
| <b>Fenster</b>                                 | U <sub>w</sub> =0,9 W/m <sup>2</sup> K   | U <sub>w</sub> =0,8 W/m <sup>2</sup> K                             |
| <b>Haustür</b>                                 | U <sub>w</sub> =1,3 W/m <sup>2</sup> K   | U <sub>w</sub> =0,8 W/m <sup>2</sup> K                             |
| <b>Wärmebrücken</b>                            | DeltaU <sub>WB</sub> =0,05   | DeltaU <sub>WB</sub> =0,01   |
| <b>Luftdichtheit</b>                           | n50 mind. 1,0 h <sup>-1</sup>  | n50 mind. 0,6h <sup>-1</sup>                                       |
| <b>Heizung</b>                                 | Gas-BW   | Gas-BW   |
| <b>Warmwasser</b>                              | Gas-BW, Solar  | Wärmepumpentech,(Gas-BW, Solar)                                    |
| <b>Regenerative</b>                            | sol. WW+ Hzg   | sol. WW+ Hzg   |
| <b>Lüftung</b>                                 | Vent. Abluft   | Zu-/Abluft WRG 85%   |
| <b>Heizwärmebedarf in kWh</b>                  | 5.029  | 2.250  |
| <b>Warmwasser</b>                              | 2.090  | 3.300  |
| <b>Endenergiebedarf in kWh</b>                 | 7.119  | 5.550  |
| <b>Wohnfläche in m<sup>2</sup></b>             | 150  | 150  |
| <b>Endenergiebedarf in kWh/m<sup>2</sup>a</b>  | 47   | 37   |
| <b>Mehrinvest</b>                              | Referenz - 2%  | ca. 90€/m <sup>2</sup> WF  |
| <b>Förderung</b>                               | <b>Stadt Neuburg</b>   | 3-4.000 €, je n. Grundstücksgröße<br>ca. 20-27 €/m <sup>2</sup> WF |
| <b>Förderung</b>                               | <b>KfW-Energieeffizient Bauen</b><br>(5.000 € Tilgungszuschuss je Wohneinheit) | max. 5.000 € Tilgungszuschuss<br>33 €/m <sup>2</sup> WF            |
| <b>resultierender Mehrinvest</b>               |  | ca. 35 €/m <sup>2</sup> WF   |

Das Reihenendhaus hat wiederum einen niedrigeren Endenergiebedarf als das Einfamilienhaus. Am energetisch sparsamsten ist das Reihenmittelhaus.

Abbildung 266: Anforderung Doppelhaushälfte

| <b>Doppelhaushälfte E+1, optimiert mit Pultdach</b> |   |  |
|---|---|--|
|   | <b>EnEV 2014 (ab 01.01.2016)</b>          | <b>Passivhaus</b>  |
| <b>Außenwand</b>                                    | 16cm WLG 035, U= 0,20 W/m <sup>2</sup> K  | 30cm WLG 032, U= 0,10 W/m <sup>2</sup> K                           |
| <b>Dach</b>   | 24cm WLG 035, U= 0,17 W/m <sup>2</sup> K  | 40cm WLG 032, U= 0,085 W/m <sup>2</sup> K                          |
| <b>Grund</b>  | 15cm WLG 035, U= 0,20 W/m <sup>2</sup> K  | 28cm WLG 035, U= 0,12 W/m <sup>2</sup> K                           |
| <b>Fenster</b>                                      | U <sub>w</sub> =0,9 W/m <sup>2</sup> K    | U <sub>w</sub> =0,8 W/m <sup>2</sup> K                             |
| <b>Haustür</b>                                      | U <sub>w</sub> =1,3 W/m <sup>2</sup> K    | U <sub>w</sub> =0,8 W/m <sup>2</sup> K                             |
| <b>Wärmebrücken</b>                                 | DeltaU <sub>WB</sub> =0,05                | DeltaU <sub>WB</sub> =0,01   |
| <b>Luftdichtheit</b>                                | n50 mind. 1,0 h <sup>-1</sup>             | n50 mind. 0,6h <sup>-1</sup>                                       |
| <b>Heizung</b>                                      | Gas-BW                                    | Gas-BW   |
| <b>Warmwasser</b>                                   | Gas-BW, Solar                             | Wärmepumpentech,(Gas-BW, Solar)                                    |
| <b>Regenerative</b>                                 | sol. WW+ Hzg                              | sol. WW+ Hzg   |
| <b>Lüftung</b>                                      | Vent. Abluft                              | Zu-/Abluft WRG 85%   |
| <b>Heizwärmebedarf in kWh</b>                       | 4.867                                     | 1.800  |
| <b>Warmwasser</b>                                   | 1.795                                     | 2.640  |
| <b>Endenergiebedarf in kWh</b>                      | 6.662                                     | 4.440  |
| <b>Wohnfläche in m<sup>2</sup></b>                  | 120                                       | 120  |
| <b>Endenergiebedarf in kWh/m<sup>2</sup>a</b>       | 56  | 37   |
| <b>Mehrinvest</b>                                   | Referenz - 2%                             | ca. 95€/m <sup>2</sup> WF  |
| <b>Förderung</b>                                    | <b>Stadt Neuburg</b>                      | 3-4.000 €, je n. Grundstücksgröße<br>ca. 25-30 €/m <sup>2</sup> WF |
| <b>Förderung</b>                                    | <b>KfW-Energieeffizient Bauen</b>         | max. 5.000 € Tilgungszuschuss                                      |
|   | (5.000 € Tilgungszuschuss je Wohneinheit) | 42 €/m <sup>2</sup> WF   |
| <b>resultierender Mehrinvest</b>                    |   | ca. 40 €/m <sup>2</sup> WF   |

Auch die Doppelhaushälfte ist energetisch günstiger als das Einfamilienhaus.

Abbildung 267: Anforderung Mehrgenerationenhaus

| <b>Mehrgenerationenhaus E+1+D, optimiert mit Pultdach</b> |   |  |
|---|---|--|
|   | <b>EnEV 2014 (ab 01.01.2016)</b>          | <b>Passivhaus</b>  |
| <b>Außenwand</b>  | 16cm WLG 035, U= 0,20 W/m <sup>2</sup> K  | 30cm WLG 032, U= 0,10 W/m <sup>2</sup> K                           |
| <b>Dach</b>   | 24cm WLG 032, U= 0,16 W/m <sup>2</sup> K  | 40cm WLG 032, U= 0,085 W/m <sup>2</sup> K                          |
| <b>Dachterrasse</b>                                       | 14cm WLG 022, U= 0,15 W/m <sup>2</sup> K  | 20cm WLG 022, U= 0,11 W/m <sup>2</sup> K                           |
| <b>Grund</b>  | 15cm WLG 035, U= 0,20 W/m <sup>2</sup> K  | 28cm WLG 035, U= 0,12 W/m <sup>2</sup> K                           |
| <b>Fenster</b>  | U <sub>w</sub> =0,9 W/m <sup>2</sup> K    | U <sub>w</sub> =0,8 W/m <sup>2</sup> K                             |
| <b>Haustür</b>  | U <sub>w</sub> =1,3 W/m <sup>2</sup> K    | U <sub>w</sub> =0,8 W/m <sup>2</sup> K                             |
| <b>Wärmebrücken</b>                                       | DeltaU <sub>WB</sub> =0,05                | DeltaU <sub>WB</sub> =0,01   |
| <b>Luftdichtheit</b>                                      | n50 mind. 1,0 h <sup>-1</sup>             | n50 mind. 0,6h <sup>-1</sup>                                       |
| <b>Heizung</b>  | Gas-BW                                    | Gas-BW   |
| <b>Warmwasser</b>   | Gas-BW, Solar                             | Wärmepumpentech,(Gas-BW, Solar)                                    |
| <b>Regenerative</b>                                       | sol. WW+ Hzg                              | sol. WW+ Hzg   |
| <b>Lüftung</b>  | Vent. Abluft                              | Zu-/Abluft WRG 85%   |
| <b>Heizwärmebedarf in kWh</b>                             | 7.431                                     | 3.150  |
| <b>Warmwasser</b>   | 3.047                                     | 4.620  |
| <b>Endenergiebedarf in kWh</b>                            | 10.478                                    | 7.770  |
| <b>Wohnfläche in m<sup>2</sup></b>                        | 210                                       | 210  |
| <b>Endenergiebedarf in kWh/m<sup>2</sup>a</b>             | 50  | 37   |
| <b>Mehrinvest</b>   | Referenz - 2%                             | ca. 95€/m <sup>2</sup> WF  |
| <b>Förderung</b>  | <b>Stadt Neuburg</b>                      | 3-4.000 €, je n. Grundstücksgröße<br>ca. 14-19 €/m <sup>2</sup> WF |
| <b>Förderung</b>  | <b>KfW-Energieeffizient Bauen</b>         | bei 2 Wohneinheiten max. 10.000 €<br>Tilgungszuschuss              |
|   | (5.000 € Tilgungszuschuss je Wohneinheit) | 47 €/m <sup>2</sup> WF   |
| <b>resultierender Mehrinvest</b>                          |   | ca. 35 €/m <sup>2</sup> WF   |

## 7.5.6 Zentrale Wärmeversorgung über Fernwärme

Durch die immer höheren Gebäudeenergiestandards ist die Versorgung von Neubaugebieten mit Fernwärme oft unwirtschaftlich und nur in hochverdichteten Baugebieten sinnvoll. Entscheidend ist eine möglichst hohe Wärmebelegungsichte bezogen auf die Länge des Wärmenetzes. Als Richtwert gilt hier eine Mindestwärmebelegungsichte von 500 kWh/lfm Wärmenetz.

Es wird geprüft, ob das optimierte Bebauungsgebiet Ried Straßäcker wirtschaftlich mit Fernwärme versorgt werden könnte. Folgende Abbildung zeigt einen möglichen Verlauf der Wärmenetzes mit dem Standort für eine Heizzentrale:

**Abbildung 268: Wärmenetz optimierte Planung Ried Straßäcker**



Quelle: Dipl. Ing. (FH) Architekt Rupert Diels, Energieagentur Nordbayern

Das Wärmenetz hat eine Gesamtlänge von ca. 910 lfm.

Bei der EnEV Variante mit einem Gesamtwärmebedarf von 379.290 kWh ergibt sich somit eine Wärmebelegungsichte von **417 kWh/lfm**. Bei der Passivhausvariante mit einem Gesamtwärmebedarf von 258.630 kWh ergibt sich eine Wärmebelegungsichte von nur noch **284 kWh/lfm**.

Das Baugebiet Ried Straßäcker ist in dieser Bebauungsstruktur nicht für eine zentrale Wärmenutzung geeignet. Um hier ein wirtschaftliches Fernwärmenetz zu betreiben, müsste die Bebauung deutlich verdichtet werden.

## 7.6 Analyse zur Reduktion der Fernwärmekosten

### 7.6.1 Grundsätzliches und Zielsetzung

Die Stadtwerke Neuburg GmbH betreibt im Stadtgebiet Neuburg drei voneinander unabhängige (Fern-)Wärmenetze, die unter 2.1.1. detailliert beschrieben sind. Zur besseren Abwicklung dieses Geschäftsbereiches wurde vor kurzem auch eine Fernwärme Neuburg GmbH gegründet. Im Weiteren werden beide Begrifflichkeiten verwendet.

Im Einzelnen werden in der Stadt Neuburg folgende Fernwärmenetze betrieben,

- **Altenheim St. Augustin,**
- **Goldanger/Schwalbanger**
- **Audi/Bundeswehr/Donaumalz**

die entweder mit industrieller Abwärme oder mit hocheffizienten KWK-Anlagen Wärme bereitstellen. Sie sind für die lokale Wertschöpfung, Energieeffizienz und Ökologie sehr vorteilhaft und auch sinnvoller als viele der aktuellen dezentralen Versorgungsmöglichkeiten. Dies gilt meist auch für den Einsatz von erneuerbare Energien wie Biomasse oder Solarenergie. Allerdings ist es oft schwer dies den Fernwärmekunden nahe zu bringen. Des Weiteren führt die unterschiedliche Kostenstruktur der zentralen Fernwärme oft zu Preisanpassungen, die bei dezentralen Systemen nicht in diesem Maße erkennbar sind. Oftmals sind Kunden mit der Preisentwicklung der Fernwärme unzufrieden und empfinden diese als zu teuer. Gerade bei der Installation der Fernwärme in eventuellen Neubaugebieten sind die Kosten der Alternativen und die unterschiedliche Preisentwicklung relevant. Daher wird im Rahmen des Energienutzungsplans die existierenden Wärmepreisblätter der Fernwärme herangezogen und einem Vollkostenvergleich mit alternativen Beheizungssystemen unterzogen, wobei ein für Neubaugebiete relevantes Gebäude angesetzt wird. Vergleichbare Annahmen sind auch bei Sanierungsgebieten relevant, wenn sich der neue Wärmeverbrauch mit Neubauten vergleichbar darstellt.

Da eine detaillierte Vollkostenrechnung bei potenziellen Fernwärmekunden oft nicht bekannt ist, werden Fernwärmepreise falsch interpretiert und führen zu Fehleinschätzungen beim Kunden. Hier können die nachfolgenden Ausführungen helfen.

Neben dem Vollkostenvergleich der dezentralen Systeme mit der Fernwärme werden auch Möglichkeiten der Kostenreduktionen im Fernwärmebereich aufgezeigt. Aufgrund von vergleichbaren Fernwärmenetzen wird (anonymisiert) dargestellt, welche Strategie andere Wärmeanbieter verfolgen, um eine Preisstabilität oder –senkung im Fernwärmebereich zu erreichen.

Da die Bezeichnungen Fern- und Nahwärme oft vermischt werden und auch keine klare Abgrenzung (evtl. Länge des Wärmenetzes, Wärmeleistung, etc.) existiert, wird in dieser Studie auf die Definition des Bundesgerichtshofes zurückgegriffen:

*„Wird Wärme von einem Dritten nach unternehmenswirtschaftlichen Gesichtspunkten eigenständig produziert und an andere geliefert, so handelt es sich um Fernwärme. Auf die Nähe der Anlage zu den zu versorgenden Gebäuden oder das Vorhandensein eines größeren Leitungsnetzes kommt es nicht an.“*

Nach dieser Definition ist jegliche Versorgung, die über Dritte bereitgestellt und geliefert wird, als Fernwärme zu bezeichnen. Eine weitere Unterscheidung zwischen Nah- und Fernwärme wird daher auch in dieser Studie nicht erfolgen und nur der Begriff „Fernwärme“ verwendet. Im Gegensatz dazu stehen die dezentralen Wärmeanlagen, die in einzelnen Gebäuden die Wärmeversorgung übernehmen. In den nachfolgenden Ausführungen wird diese Unterscheidung beibehalten.

## 7.6.2 Darstellen der Wärmekosten dezentraler Systeme

Die Fernwärmeversorgung in Neuburg stellt eine Alternative zu einer dezentralen Versorgung dar, die entweder klassisch mit den Energieträgern Heizöl und Erdgas erfolgt oder auf Basis erneuerbarer Energien durchgeführt wird. Zuerst wird daher aufgrund einer Analyse der Opportunitätskosten dargestellt, wie teuer eine dezentrale Versorgung ist, sodass die potenziellen Neukunden diesbezüglich Kostentransparenz erhalten. Folgende Quellen wurden dafür herangezogen:

1. Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. (ASUE): „Ratgeber Wärmeversorgung mit Kostenvergleich Heizung 2011 Neubau/Grundsanierung“, Berlin 2011
2. ASUE: Offline-Version des Heizkostenrechners<sup>9</sup> zum Kostenvergleich Heizung
3. ASUE e.V., Stadt Frankfurt am Main (Hrsg.), BHKW-Kenndaten 2011, Module, Anbieter, Kosten
4. Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk e.V.: „Kostenvergleich verschiedener Heizsysteme – Beispielrechnung, Stand: Juli 2011“, Straubing 2011

Sämtliche Investitionsabschätzungen und Angaben von Wartungs- und Instandhaltungskosten beruhen daher nicht auf Angaben der EAN, sondern basieren auf den Angaben dieser vier Quellen. Somit kann bei Kundengesprächen auf diese übergeordneten Datenquellen verwiesen werden.

Für die Berechnung der ökonomischen und ökologischen Kenndaten aller Heizsysteme wurden folgende Grundannahmen getroffen:

**Tabelle 74: Annahmen Referenzgebäude**

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| <b>Referenzgebäude:</b> Neu erbautes Einfamilienhaus, freistehend | 150 m <sup>2</sup> Nutzfläche |
| Gebäudedämmung  | EnEV-Standard                 |
| Jahresheizwärmebedarf   | 7.500 kWh                     |
| Jahrestrinkwasserwärmebedarf Warmwasser                           | 1.875 kWh                     |
| <b>Jahreswärmebedarf</b>  | <b>9.375 kWh</b>              |
| <b>Anschlussleistung (Neubau, EnEV)</b>                           | <b>10 kW</b>                  |

Quelle: Eigene Angaben

<sup>9</sup> Siehe: <http://asue.de/service/kostenvergleich-heizung/index.html>

Da es sich beim untersuchten Referenzgebäude um einen Neubau handelt, werden die öffentlichen Fördersummen der ASUE-Studie für die Gebäudesanierung von Bestandsbauten nicht angesetzt.

Es wurden folgende Varianten verglichen:

1. Fernwärmeversorgung durch die Stadtwerke Neuburg (nach Tarifblatt)
2. Versorgung mit Erdgas-Brennwertgerät und Solarthermie nach Tarifblatt der Stadtwerke
3. Versorgung mit Heizöl-Brennwertgerät und Solarthermie
4. Wärme-Pumpen
  - a) Sole-Wasser-Wärmepumpe
  - b) Luft-Wasser-Wärmepumpe
5. Holzpellets-Heizung

In der Gegenüberstellung werden die Kosten der Fernwärme in Neuburg diesen dezentralen Heizungstechnologien gegenübergestellt. Dabei werden in einem ersten Vergleich die Vollkosten der Fernwärme mit den vergleichbaren Kosten der konventionellen Energieträger Erdgas und Heizöl verglichen. Danach folgt ein Vergleich mit erneuerbaren Energieträgern, wobei Wärmepumpen als Mischform zu dieser Gruppe gerechnet wurden.

### 7.6.2.1 Vollkostenvergleich Fernwärme und konventionelle Systeme

Auf Basis der o.g. Annahmen und Voraussetzungen und der relevanten Preisblätter für Fernwärme und Erdgas, wurde ein Vollkostenvergleich durchgeführt. Die Ergebnisse sind in nachfolgender Tabelle aufgeführt:

**Tabelle 75: Vollkostenvergleich Fernwärme und konventionelle Systeme**

|   |               | Fernwärme + Speicher nach Tarifblatt Stadtwerke | Erdgas-Brennwert + Speicher nach Tarifblatt Stadtwerke | Heizöl-Brennwert + Speicher |
|---|---------------|---|--|-----------------------------|
| Jahresheizwärmebedarf                               | kWh           | 7.500   | 7.500  | 7.500                       |
| Jahres-Trinkwasserwärmebedarf WW                    | kWh           | 1.875   | 1.875  | 1.875                       |
| Jahreswärmebedarf                                   | kWh           | 9.375   | 9.375  | 9.375                       |
|   |               | 0   |  |                             |
| Jahresenergiebedarf Heizung                         | kWh           | 7.965   | 7.583  | 7.966                       |
| Jahresenergiebrennstoffbedarf Heizung               | kWh           | 7.965   | 8.417  | 7.966                       |
| Jahresenergiebedarf WW                              | kWh           | 3.581   | 3.581  | 3.664                       |
| Jahresenergiebrennstoffbedarf WW                    | kWh           | 3.581   | 3.975  | 3.664                       |
| <b>Gesamt-Jahresbrennstoffbedarf</b>                | <b>kWh</b>    | <b>11.546</b>                                   | <b>12.392</b>  | <b>11.630</b>               |
|   |               | 0   |  |                             |
| <b>Summe Investition</b>                            | <b>€</b>      | <b>13.000</b>                                   | <b>12.065</b>  | <b>16.625</b>               |
| <b>Kapitalgebundene Kosten (techn.Anlage)</b>       | <b>€/a</b>    | <b>978</b>                                      | <b>946</b>   | <b>1.329</b>                |
| <b>Verbrauchsgebundene Kosten (Brennstoff)</b>      | <b>€/a</b>    | <b>1.823</b>                                    | <b>1.010</b>   | <b>1.049</b>                |
| <b>Betriebsgebundene Kosten (Wartung, V€€/a)</b>    |               | <b>40</b>                                       | <b>125</b>   | <b>243</b>                  |
| Grundpreis  | €/a           | 891   | 143  | 0                           |
| Leistungspreis                                      | €/a           | 300   |  |                             |
| Arbeitskosten                                       | €/a           | 550   | 768  | 930                         |
| Stromgutschrift Mikro-KWK                           | €/a           | 0   | 0  | 0                           |
| Hilfsenergiekosten                                  | €/a           | 82  | 99   | 99                          |
| Sonstiges   | €/a           | 0   | 0  | 20                          |
| <b>Betriebsgebundene Kosten</b>                     | <b>€/a</b>    | <b>40</b>                                       | <b>125</b>   | <b>243</b>                  |
| Schornsteinfeger                                    | €/a           | 0   | 25   | 33                          |
| Wartung   | €/a           | 40  | 100  | 150                         |
| Versicherung/Überwachung                            | €/a           | 0   | 0  | 60                          |
|   |               | 0   |  |                             |
| <b>JAHRESGESAMTKOSTEN</b>                           | <b>€/a</b>    | <b>2.841</b>                                    | <b>2.081</b>   | <b>2.621</b>                |
| <b>Wärmegestehungskosten</b>                        | <b>€/ MWh</b> | <b>303</b>                                      | <b>222</b>   | <b>280</b>                  |
| <b>Kostenindex in Bezug auf Fernwärmeversorgung</b> |               | <b>100%</b>                                     | <b>73%</b>   | <b>92%</b>                  |

Quelle: Eigene Berechnungen

Für den hier dargestellten Versorgungsfall eines gut gedämmten Einfamilienhauses kann die Fernwärme laut der Tabelle auf Basis der Kostenabschätzungen von ASUE und der Tarifblätter für Fernwärme und Erdgas der Stadtwerke Neuburg keine wirtschaftliche Versorgung bereitstellen. Werden die Kosten der Fernwärme mit 100% zugrunde gelegt, muss das Einfamilienhaus bei einer Erdgasversorgung 73% der Kosten aufbringen, bei einer Versorgung mit Heizöl 92%. In dieser Analyse auf Vollkosten ist berücksichtigt, dass der Kunde neben den Kosten der Stadtwerke auch Investitionen für die Installation der Fernwärme tätigt.

Bei der Analyse der Tarifausgestaltung der Fernwärme in Neuburg fällt auf, dass neben einem Grundpreis auch mit einem Leistungspreis abgerechnet wird. Daraus ergibt sich ein hoher Fixkostenblock. Dies ist für Fernwärmearate eher untypisch, da meist nur eine dieser Komponenten im Tarifsystem enthalten ist.

Es ist zu befürchten, dass bei Neubaugebieten unter Zugrundelegung dieses Tarifblattes keine Kunden zu überzeugen sein werden, sich an die Fernwärme anzuschließen. Bei einem Anschluss- und Benutzungszwang für das Neubaugebiet kann trotzdem ein Anschluss erreicht werden.

### 7.6.2.2 Vollkostenvergleich Fernwärme und erneuerbare Systeme

Auf Basis der o.g. Annahmen und Voraussetzungen und der relevanten Preisblätter für Fernwärme wurde ein Vollkostenvergleich mit alternativen, erneuerbaren Energieträgern durchgeführt. Die Ergebnisse sind in nachfolgender Tabelle aufgeführt:

**Tabelle 76: Vollkostenvergleich Fernwärme und erneuerbare Systeme**

|   |               | Fernwärme + Speicher nach Tarifblatt Stadtwerke | Sole-Wasser-Wärmepumpe + Speicher | Luft-Wasser-Wärmepumpe + Speicher | Holzpellets + Speicher |
|---|---------------|---|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| Jahresheizwärmebedarf                               | kWh           | 7.500   | 7.500                             | 7.500                             | 7.500                  |
| Jahres-Trinkwasserwärmebedarf WW                    | kWh           | 1.875   | 1.875                             | 1.875                             | 1.875                  |
| Jahreswärmebedarf                                   | kWh           | 9.375   | 9.375                             | 9.375                             | 9.375                  |
|   |               | 0   |                                   |                                   |                        |
| Jahresenergiebedarf Heizung                         | kWh           | 7.965   | 1.777                             | 2.589                             | 10.914                 |
| Jahresenergiebrennstoffbedarf Heizung               | kWh           | 7.965   | 1.777                             | 2.589                             | 10.914                 |
| Jahresenergiebedarf WW                              | kWh           | 3.581   | 852                               | 1.056                             | 4.848                  |
| Jahresenergiebrennstoffbedarf WW                    | kWh           | 3.581   | 852                               | 1.056                             | 4.848                  |
| <b>Gesamt-Jahresbrennstoffbedarf</b>                | <b>kWh</b>    | <b>11.546</b>                                   | <b>2.629</b>                      | <b>3.645</b>                      | <b>15.762</b>          |
|   |               | 0   |                                   |                                   |                        |
| <b>Summe Investition</b>                            | <b>€</b>      | <b>13.000</b>                                   | <b>24.400</b>                     | <b>21.800</b>                     | <b>24.100</b>          |
| <b>Kapitalgebundene Kosten (techn.Anlage)</b>       | <b>€/a</b>    | <b>978</b>                                      | <b>2.016</b>                      | <b>2.007</b>                      | <b>2.021</b>           |
| <b>Verbrauchsgebundene Kosten (Brennstoff)</b>      | <b>€/a</b>    | <b>1.823</b>                                    | <b>707</b>                        | <b>846</b>                        | <b>984</b>             |
| <b>Betriebsgebundene Kosten (Wartung, V€€/a)</b>    |               | <b>40</b>                                       | <b>50</b>                         | <b>50</b>                         | <b>333</b>             |
| Grundpreis  | €/a           | 891   | 60                                | 60                                | 0                      |
| Leistungspreis                                      | €/a           | 300   |                                   |                                   |                        |
| Arbeitskosten                                       | €/a           | 550   | 483                               | 669                               | 819                    |
| Stromgutschrift Mikro-KWK                           | €/a           | 0   | 0                                 |                                   | 0                      |
| Hilfsenergiekosten                                  | €/a           | 82  | 164                               | 117                               | 145                    |
| Sonstiges   | €/a           | 0   | 0                                 | 0                                 | 20                     |
| <b>Betriebsgebundene Kosten</b>                     | <b>€/a</b>    | <b>40</b>                                       | <b>50</b>                         | <b>50</b>                         | <b>333</b>             |
| Schornsteinfeger                                    | €/a           | 0   | 0                                 | 0                                 | 103                    |
| Wartung   | €/a           | 40  | 50                                | 50                                | 230                    |
| Versicherung/Überwachung                            | €/a           | 0   | 0                                 | 0                                 | 0                      |
|   |               | 0   |                                   |                                   |                        |
| <b>JAHRESGESAMTKOSTEN</b>                           | <b>€/a</b>    | <b>2.841</b>                                    | <b>2.773</b>                      | <b>2.903</b>                      | <b>3.338</b>           |
| <b>Wärmegestehungskosten</b>                        | <b>€/ MWh</b> | <b>303</b>                                      | <b>296</b>                        | <b>310</b>                        | <b>356</b>             |
| <b>Kostenindex in Bezug auf Fernwärmeversorgung</b> |               | <b>100%</b>                                     | <b>98%</b>                        | <b>102%</b>                       | <b>118%</b>            |

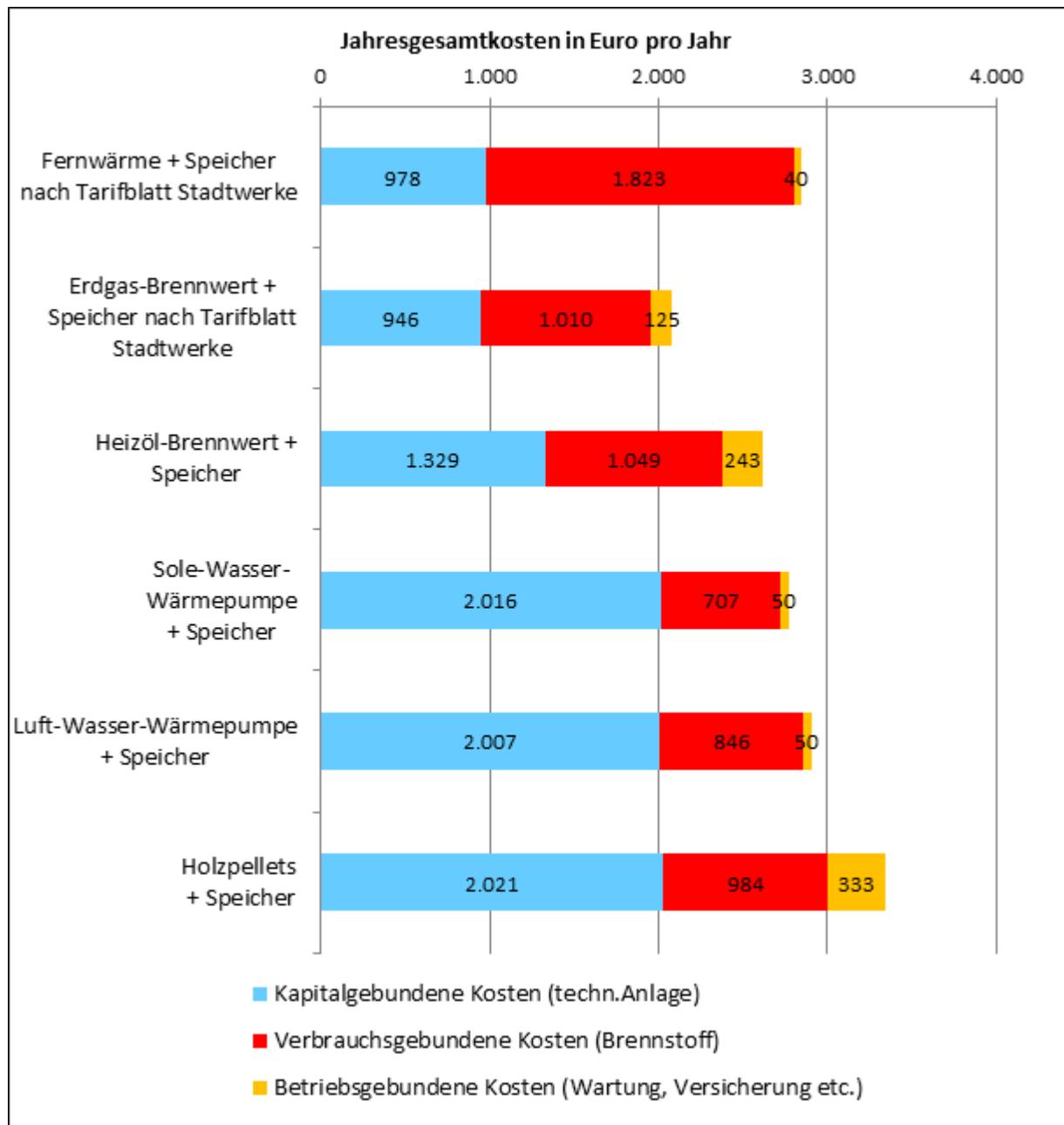
Quelle: Eigene Berechnungen

Die Fernwärmeversorgung des Referenzgebäudes erweist sich im Vergleich zu den „innovativeren“ Systemen als deutlich konkurrenzfähiger. Nur die Sole-Wasser-Wärmepumpe liegt mit 98% leicht unter den Vollkosten der Fernwärme. Alle weiteren Systeme sind teurer als die Fernwärme.

### 7.6.2.3 Grafische Gesamtbewertung des Vergleichs

Für eine Gesamtübersicht werden in diesem Kapitel die Zahlen aller sechs Varianten grafisch gegenübergestellt. Das Ergebnis ist in nachfolgender Grafik abzulesen:

Abbildung 269: Vollkostenvergleich gesamt



Quelle: Eigene Darstellung

In der Grafik ist zu erkennen, dass unter den gesetzten Rahmenbedingungen eine Gas-Brennwertvariante die günstigste Versorgung darstellt. Als zweite Variante ist die Heizöl-Brennwertvariante zu nennen, sodass zwei konventionelle Technologien vor den ökologisch besseren Varianten Fernwärme und Erneuerbare liegen. Die Wärmepumpenvarianten sind aufgrund der stromunterstützten Wärmebereitstellung als Zwischentechnologie einzustufen.

### 7.6.2.4 Ökologische Gesamtbewertung der Varianten

Die ökologische Gesamtdarstellung vergleicht die relevanten CO<sub>2</sub>-Emissionen der drei Fernwärmenetze mit den jeweiligen dezentralen Versorgungssystemen aus den vorherigen Kapiteln. Der Einfachheit halber wird keine detaillierte CO<sub>2</sub>-Bilanz der drei Fernwärmenetze durchgeführt, da aufgrund der vorliegenden technischen Randbedingungen davon auszugehen ist, dass die Emissionswerte Null (bei Abwärme) oder besser (KWK) sind.

Auf Grundlage der ökologischen Gegenüberstellung in dieser Studie können über die Aussagen der jeweiligen CO<sub>2</sub>-Emissionswerte der verschiedenen Versorgungssysteme betrachtet und bewertet werden. Folgende Tabelle gibt die CO<sub>2</sub>-Emissionswerte wieder:

**Tabelle 77: Ökologischer Vergleich aller Systeme**

| Wärmeversorgungssystem      | CO <sub>2</sub> -Emissionen je Wärmeeinheit in kg CO <sub>2</sub> /MWh |
|-----------------------------|--|
| Fernwärme Neuburg 1,2 und 3 | 0 oder negativ   |
| Sole-Wasser-Wärmepumpe      | 166  |
| Luft-Wasser-Wärmepumpe      | 231  |
| Holzpellet-Heizung          | 45   |
| <b>Vergleich Erdgas</b>     | <b>220</b>   |

Quelle: Eigene Berechnungen

Auf Grundlage dieser Tabelle ist erkennbar, dass eine dezentrale Wärmeversorgung auf Basis von Holzpellets oder Wärmepumpen aus ökologischen Gesichtspunkten nicht empfehlenswert. Sollte bei Anschluss von Gewerbebetrieben auch eine dezentrale Kälteversorgung vorgesehen werden, ist alternativ der Einsatz von fernwärmebasierten Absorptions- und Adsorptionskälteanlagen zu prüfen. Mit diesen beiden Technologien kann der Kältebedarf durch die Fernwärme ökologischer bereitgestellt werden als in strombasierten Kompressionsanlagen. Allerdings ist bei einem Einsatz von Sorptionstechniken das Temperaturniveau der Fernwärme zu beachten.

### 7.6.3 Verbesserung der Kostensituation im Fernwärmebereich

Neben der Darstellung der Kosten von konkurrierenden Systemen, in diesem Fall der dezentralen Bereitstellung von Wärmeenergie, ist eine Analyse der Möglichkeiten notwendig, im Fernwärmebereich die Kostensituation zu optimieren. Grundsätzlich ist es empfehlenswert, bestehende Fernwärmekostenvergleiche heranzuziehen und die entsprechenden Auswertungen mit den eigenen Fernwärmekosten in Beziehung zu setzen. Hier sind zwei maßgebliche Quellen zu nennen:

- AGFW Fernwärme Preisübersicht
- Bundesverband der Energieabnehmer

Die Analysen dieser beiden Institutionen werden für unterschiedliche Ziel- und Kundengruppen regelmäßig durchgeführt. Grundsätzlich ist es schwer möglich, einen direkten Vergleich zwischen verschiedenen Wärmenetzen herzustellen. Die individuellen Rahmenbedingungen führen oft auch bei benachbarten Netzen zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen.

Im Rahmen des Energienutzungsplans wurden mehrere bestehende Fernwärmenetze aus anderen Städten analysiert und erste Empfehlungen für die Fernwärmenetze in Neuburg abgeleitet. Dies ist in den nachfolgenden Kapiteln dargestellt.

### **7.6.3.1 Anschluss- und Benutzungszwang bei Neubaugebieten**

In der Stadt Neuburg gilt für die bestehenden Fernwärmegebiete kein Anschluss- und Benutzungszwang, allerdings ist beim Ausbau vor allem in Neubaugebieten zu überlegen diese Möglichkeit in Betracht zu ziehen. Die nachfolgenden Hinweise stellen keine Rechtsberatung dar, sondern sollen lediglich die diesbezüglichen Möglichkeiten kurz beschreiben.

In Satzungen anderer Stadtwerke/Fernwärmelieferanten ist für die Fernwärmenutzung in Neubaugebieten ein Anschluss- und Benutzungszwang festgeschrieben. Beispielhaft ist der Stadtteil Nürnberg Langwasser zu nennen, für den diese Vorgehensweise bei der Anbindung an das Fernwärmenetz gewählt wurde. Dies ist sinnvoll, um eine vernünftige Anschlussquote zu erreichen, wenn bei Neubaugebieten verhindert werden soll, dass sich alternative, dezentrale Heizungssysteme etablieren. Die Refinanzierung der fixen Kostenbestandteile der Fernwärme (Investitionen in Netze, Heizwerke/Heizkraftwerke, etc.) kann dauerhaft durch diesen Anschluss- und Benutzungszwang verbessert und die Wärmegestehungskosten verringert werden.

Allerdings sind die Ausnahmen der Verordnung über die Allgemeinen Bedingungen für die Versorgung mit Fernwärme (AVB FernwärmeV) zu beachten. Nach AVBFernwärmeV sind bestimmte Anlagen vom Anschlusszwang befreit, müssen allerdings den Grundpreis der Fernwärmearbeitung entrichten. Somit stellt dies eine sehr unwirtschaftliche Option für den Betrieb einer Einzelheizung dar und kann als ökonomischer Anschluss- und Benutzungszwang gewertet werden.

Ein wichtiger Grund für die Umsetzung eines Anschluss- und Benutzungszwanges ist der ökologische Vorteil der zentralen Systeme, die im vorherigen Kapitel („Ökologische Gesamtbewertung...“) dargestellt wurden. Dieser ökologische Vorteil der Fernwärme, der im Einzelfall darzulegen ist, kann somit den Anschluss- und Benutzungszwang argumentativ belegen. Zusätzlich sind auch die Ausführungen der bayerischen Gemeindeordnung relevant.

### 7.6.3.2 Verbesserung der Wärmekosten durch Vertragsoptimierung

Auch in diesem Bereich handelt es sich nicht um eine juristische Beratung/Bewertung, sondern um grundsätzliche Hinweise, die Anregungen geben können, über einzelne Schritte in der Gestaltung des Wärmepreises nachzudenken. Der Wärmepreis besteht im Allgemeinen aus verschiedenen Komponenten. Diese sind:

- **Anschlusskosten (Baukostenzuschuss)**
- **Grundpreis**
- **Leistungspreis**
- **Arbeitspreis**

Die Ausgestaltung und Gewichtung der einzelnen Vertragskomponenten kann zu Nachteilen der Fernwärme führen. Nachfolgend werden die wichtigsten Punkte dargestellt.

Der Baukostenzuschuss sollte im Idealfall die für die Fernwärmeversorgung notwendigen Kosten für die Erstellung (oder Verstärkung) möglichst abdecken, wobei laut AVB Fernwärme bis zu 70% diese Kosten im Baukostenzuschuss umlagefähig sind. In vielen Fällen werden aus Gründen der besseren Akquisition diese 70% nicht ausgeschöpft und mehr als 30% dieser Kosten auf die laufenden Fernwärmekosten umgelegt. Dies führt allerdings dazu, dass im späteren Vergleich zwischen Fernwärme und Einzelversorgung Kostennachteile für die Fernwärme entstehen, die zu mehr oder weniger intensiven Diskussionen zwischen den Stadtwerken Neuburg (Nahwärme Neuburg GmbH) und dem Kunden führen können. Auch wenn in der Akquisition des Kunden hohe Baukostenzuschüsse von Nachteil sind und zu Nachfragen führen, ist zu hinterfragen, ob man diese Diskussion einmal bei der Akquisition oder nach jeder Kostenerhöhung führen möchte.

Vergleichbar dazu sind Grund- und Leistungspreis zu sehen, die die Abdeckung von fixen Jahreskosten zum Ziel haben. Grundsätzlich sind in diesem Bereich z.B. die Investitionsabhängigen Kosten zu berücksichtigen, sodass der Baukostenzuschuss reduziert werden kann. Allerdings wird damit der Gesamtpreis der Fernwärme im Jahresvergleich höher ausfallen, was zu o.g. Diskussionen mit den Kunden führen wird. Genau dies ist der Fall bei den Fernwärmetarifen der Stadtwerke Neuburg. Aufgrund einer doppelten Fixkostenverrechnung über einen Grund- und Leistungspreis ergibt sich ein hoher Fixkostenanteil in Höhe von 62%.

Der Arbeitspreis sollte ebenfalls eine Kostenanpassungskomponente über eine Preisgleitklausel enthalten, die im Idealfall die tatsächliche Situation in der Wärmebereitstellung widerspiegelt. Werden andere Komponenten eingesetzt (oftmals wurde in der Preisgleitklausel leichtes Heizöl herangezogen, um sich mit dezentralen Versorgungslösungen besser vergleichen zu können) sollte diese Ungleichheit von Erzeugungsstruktur und Vertragsstruktur angepasst werden. Entsprechende Gerichtsurteile liegen bereits vor. Für die in Neuburg eingesetzte Abwärme ist eine geeignete Bezugsgröße festzulegen. Bei KWK-Anlagen mit Erdgas als Primärenergieträger sollte dieser Energieträger als Basis herangezogen werden.

Des Weiteren werden Leistungspreiskomponenten oftmals zu günstig angeboten. Dies führt dazu, dass in vielen Fällen die Inanspruchnahme der Bezugsleistung preislich oftmals zu gering ins Gewicht fällt und hohe Anschlussleistungen (auch aus Sicherheitsüberlegungen) beim Kunden die Folge sind.

Dies führt aber tendenziell zu geringen Vollbenutzungsstunden je Kunde, was langfristig die Kostenstruktur der Fernwärme negativ beeinflussen könnte.

### **7.6.3.3 Verbesserung der Wärmekosten durch Einsatz neuer Technologien**

Eine Vielzahl von Fernwärmeanbietern setzen für die Wärmeerzeugung hocheffiziente Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen ein. Dies reicht von motorbasierten Anlagen im kW Bereich bis hin zu Gas- und Dampfturbinen im dreistelligen MW Bereich. Die Stadtwerke Neuburg (Fernwärme Neuburg GmbH) setzen derzeit auf KWK-Anlagen im kW und MW Bereich. Um deren Laufzeit zu optimieren und auch netzregulierend Lastspitzen bei den erneuerbaren Stromerzeugungsanlagen auszugleichen, werden von vielen Fernwärmebetreibern, die gleichzeitig Stromnetzbetreiber sind, große Wärmespeicher errichtet. So entsteht in Nürnberg derzeit ein zwei Zonen Wärmespeicher mit 33.000m<sup>3</sup> Volumen und zwei 25 MW Elektroheizern. Auch wenn diese Dimensionen für Neuburg nicht relevant sind, ist die grundsätzliche Ausrichtung auch für Neuburg relevant. So könnten in einem für die KWK-Anlagen überdimensionierten Speicher deutlich bessere Laufzeiten erreicht werden und durch einen Elektroheizer in Spitzenlastzeiten Stromüberangebot vom Markt genommen, die Stromnetze entlastet und Wärme gespeichert werden.

### **7.6.3.4 Verbesserung der Wärmekosten durch optimale Nutzung des KWK Stroms**

Kraft-Wärme Kopplungsanlagen (KWK) sind bereits jetzt in den Fernwärmenetzen in Neuburg im Einsatz. In Kürze sollen im Netz B2 zwei 1,3 MW<sub>th</sub> Anlagen in Betrieb sein. Diese KWK-Anlagen stellen neben der thermischen Energie für das Fernwärmenetz auch elektrische Energie zur Verfügung. Neben den Brennstoffkosten für Erdgas hat die Stromproduktion den größten Einfluss auf den wirtschaftlichen Betrieb der Anlage. Somit ist es von zentraler Bedeutung, wie der von den KWK-Anlagen bereitgestellte Strom ökonomisch verwertet wird. Dafür gibt es mehrere Möglichkeiten:

1. Einspeisung der elektrischen Energie in das Netz der Stadtwerke, Vergütungsregeln des KWK-Gesetzes sind anzuwenden;
2. Verkauf der elektrischen Energie an Dritte, sehr komplex;
3. Nutzung der elektrischen Energie in kommunalen Liegenschaften, Bezug der elektrischen Energie in diesen Liegenschaften wird reduziert, vermiedene Stromkosten können angesetzt werden;

Gerade die dritte Möglichkeit ist oftmals eine wirtschaftlich sehr interessante Lösung und wird bereits in Neuburg in Betracht gezogen. Wichtig ist, dass für die versorgten kommunalen Liegenschaften räumliche Nähe zu den KWK-Anlagen gegeben ist. Dies dürfte für alle kommunalen Liegenschaften im „zentralen“ Stadtgebiet Neuburg erfüllt sein. Wichtig dabei ist, dass die Betreiber der KWK-Anlage und der Stromnutzer identisch sind.

### 7.6.3.5 Verbesserung der Wärmekosten durch Brennstoffwechsel

Da für die Fernwärmenetze vor allem Abwärme und Erdgas in KWK-Anlagen zum Einsatz kommt, ist ein Wechsel zu anderen Energieträgern nicht ratsam. Abwärme steht günstig zur Verfügung, allerdings ist entscheidend, welchen Zeithorizont und Zuverlässigkeit in der Wärmelieferung die abgebenden Firmen gewährleisten können.

Erdgas als Energieträger ist für KWK-Anlagen aktuell gut geeignet, da die Eingangskosten und die Emissionswerte positiv sind. Gerade der Preis des Erdgases ist aber sehr von einer erheblichen Marktbelastung aus den Vereinigten Staaten geprägt. Ob dies mittelfristig bestehen bleibt, ist keinesfalls sicher.

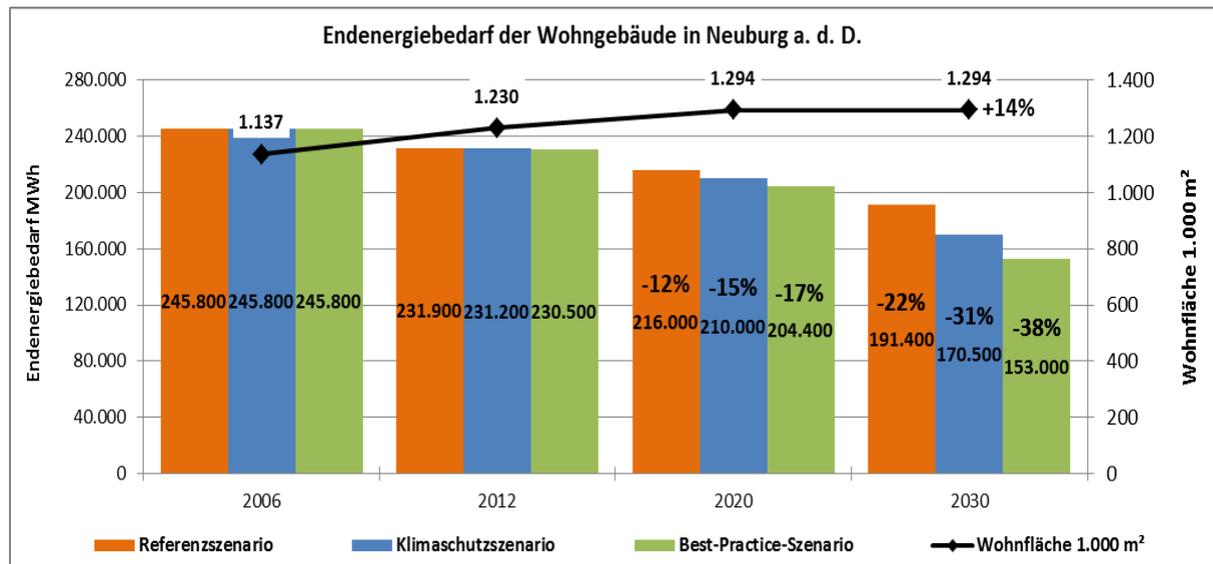
### 7.6.4 Veränderungen der Wärmekosten durch den Wärmeabsatz

Fernwärmenetze weisen einen erheblichen Anteil von Fixkosten auf, sodass es immer im Interesse des Betreibers liegt, eine möglichst hohe Anschlussquote an das Netz zu erzielen. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass Sanierungstätigkeiten der Wärmekunden zu einem Absatzverlust führen. Dieser wird zwar durch den relativ hohen Fixkostenanteil in Neuburg in Höhe von 62% gedämpft, allerdings sind 38% als variabler Anteil relevant. Neue Kunden sind somit wichtig, um das aktuelle Niveau halten zu können. In Neuburg ist aktuell eine sehr dynamische Entwicklung bei den Neuanschlüssen von Fernwärmekunden zu erkennen. Viele großen Mehrfamilienhäuser, Großverbraucher und Gewerbekunden zeigen Interesse oder sind schon angeschlossen. Nachfolgend werden sowohl Rückgang als auch Potenziale des Zubaus dargestellt.

### 7.6.4.1 Reduktion des Wärmeabsatzes aufgrund von Sanierungstätigkeiten

Bei Fernwärmekunden kann davon ausgegangen werden, dass Sanierungstätigkeiten in der Gebäudehülle in den nächsten Jahren stattfinden werden und der Fernwärmeabsatz dementsprechend zurückgehen wird. Dazu sind im Rahmen dieser Studie mehrere Sanierungspfade untersucht worden, die zusammenfassend in nachfolgender Grafik dargestellt sind:

Abbildung 270: Variantenvergleich Sanierungsszenarien Energienutzungsplan



Quelle: Eigene Berechnung und Darstellung

Die Grafik zeigt deutlich, dass selbst im Referenzszenario bis 2030 ein Rückgang des Wärmeabsatzes in Höhe von über 20%, respektive 54.000 MWh zu erwarten sein wird. Im Best-Practice Szenario wird dieser Wert nahezu verdoppelt. Erst wenn diese Zahlen durch Neukunden ausgeglichen werden, kann ein Zuwachs an Wärmeverkauf angenommen werden. Es ist daher von entscheidender Bedeutung, potenzielle Kunden anzusprechen und von den Vorteilen der Fernwärme zu überzeugen.

### 7.6.4.2 Erhöhung des Wärmeabsatzes aufgrund von Nachverdichtung und neuen Absatzmöglichkeiten

Aufgrund des hohen Fixkostenanteils eines Fernwärmesystems ist die Nachverdichtung von bestehenden zur Gewinnung neuer Kunden entscheidend und ökonomisch vorteilhaft. Aber auch das Verlegen neuer Netze zur Erschließung neuer Areale ist wichtig. Da eine Verlegung dieser Netze in noch nicht versorgtes Gebiet meist unrentabel ist, wenn nicht eine gewisse Absatzmenge gesichert ist, sollte für diese Areale eine Analyse von Schlüsselkunden erfolgen. Dabei handelt es sich um Großverbraucher, deren Entscheidungsfindung für die Fernwärme durch die Stadtwerke oder Stadt positiv beeinflusst werden kann. Dies sind z.B.:

- **Kommunale Liegenschaften;**
- **Kommunalnahe Großverbraucher, wie z.B. städtische Wohnungsbaugesellschaften oder sonstige Akteure, in deren Gremien die Stadt Neuburg vertreten ist;**

Wenn diese Kunden gewonnen sind, können weitere Neukunden, die sich an dieser Leitung befinden, akquiriert werden. Meist führt die Neuverlegung eines Wärmenetzes dazu, dass sich Anlieger selbstständig mit diesem Thema auseinandersetzen und auf die Stadtwerke Neuburg zukommen. Alle weiteren Anwohner können aktiv angesprochen werden.

Neben dem Verkauf der Wärme ist auch anzudenken, neue Dienstleistungen im Kältebereich anzubieten, die mit Fernwärme bereitzustellen ist. In Neuburg wie in vielen anderen deutschen Kommunen wird die Kältebereitstellung bis auf wenige Ausnahmen in Kompressionsanlagen auf Basis elektrischer Energie bereitgestellt. Gerade für die Fernwärmenetze könnte der Ausbau der Sorptionstechnik dazu führen, dass der Rückgang des Wärmeabsatzes in den Sommermonaten reduziert wird und eine Verstärkung der Wärmenachfrage erfolgt. Gleichzeitig kann durch eine Verdrängung elektrischer Energie durch Fernwärme ein deutlicher Beitrag zur CO<sub>2</sub>-Reduktion geleistet werden. Idealerweise sollten die Stadtwerke Kältecontracting anbieten, um die Entscheidungsfindung beim Kunden zu erleichtern.

Auch sollte versucht werden, mit den aktuellen und potenziellen Kunden dauerhaft ins Gespräch zu kommen. Dies könnte mit der Gründung einer Fernwärmeinitiative erreicht werden. Dabei anzusprechen sind Akteure aus der Kommunalverwaltung, der Kommunalwirtschaft, den Wohnungsbaugesellschaften und weitere Akteure. Gemeinsam mit den Stadtwerken können Strategien zum Ausbau der Fernwärme entwickelt werden. Dies schafft eine positive Grundstimmung bei den Kunden und kann sich dann in konkrete Projekte weiterentwickeln.

## 7.7 Detailuntersuchung Fernwärmeversorgung,

Nachfolgend werden für drei Teilprojekte in den nördlich der Donau gelegenen Stadtteilen Laisacker, Bittenbrunn, Hesselöhe, Ried und nördlicher Ortskern Neuburg die Optionen einer Fernwärmeversorgung dargestellt und nach ökonomischen und verfahrenstechnischen Kriterien bewertet. Die Anbindung an das große Fernwärmenetz der südlich der Donau gelegenen Stadtteile kommt aus mehreren Gründen nicht in Betracht.

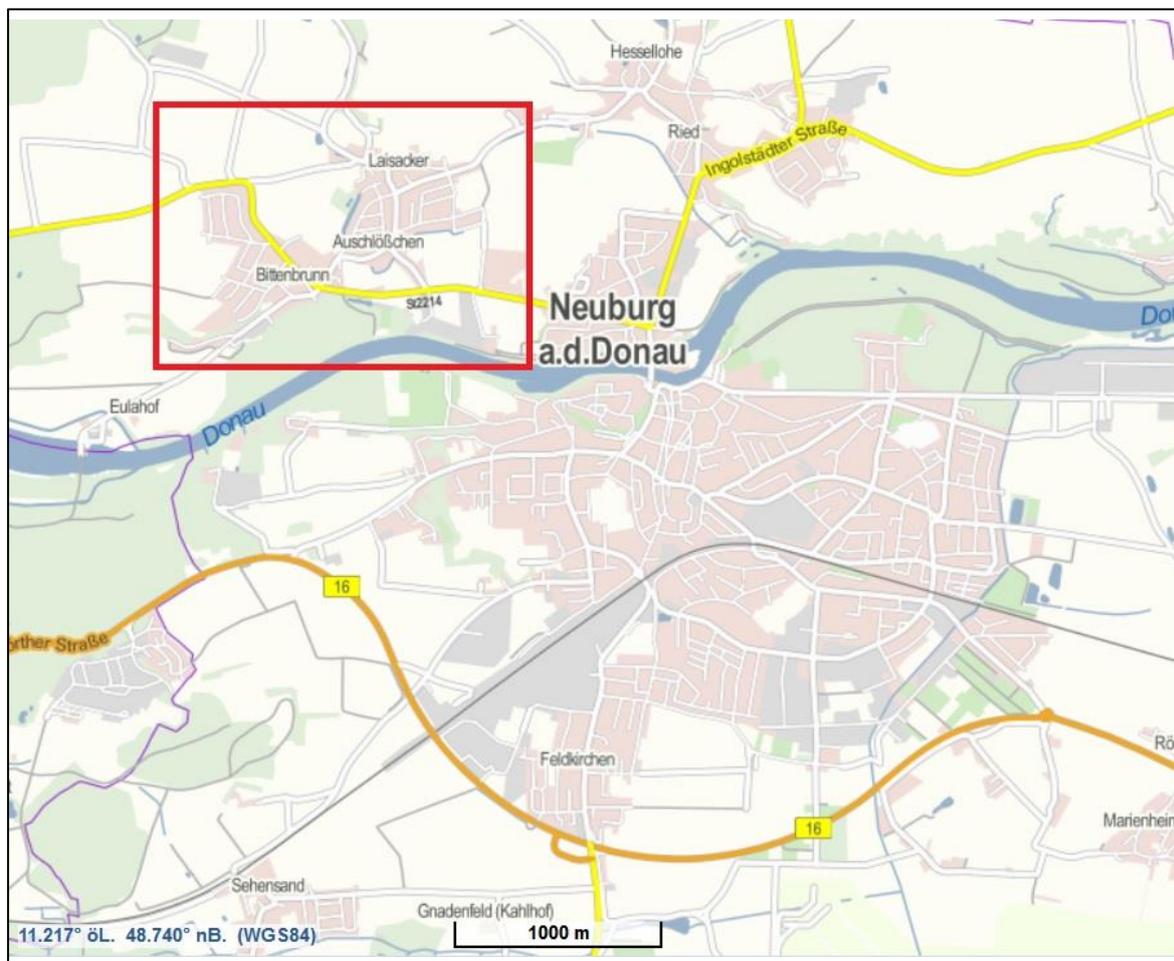
Ausführliche Investitionslisten und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen befinden sich im Anhang.

### 7.7.1 Versorgungsgebiet Laisacker/Bittenbrunn

#### 7.7.1.1 Grundlagen

Die Ortsteile Laisacker und Bittenbrunn liegen im Nordwesten von Neuburg. Sie sind dadurch gekennzeichnet, dass sie etwas weiter vom Stadtkern entfernt liegen. Bisher sind diese beiden Ortsteile nicht mit in die Betrachtung einbezogen worden mit an das geplante Wärmenetz von Neuburg an der Donau angeschlossen zu werden.

**Abbildung 271: Lage der Ortsteile Laisacker und Bittenbrunn (rot umrandet)**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von geoportal.bayern

Die folgende Ausarbeitung basiert zum Großteil auf den durch die Stadtwerke und ehemalige Wärmeversorgung Neuburg GmbH ermittelten Daten sowie auf einer gezielten Hochrechnung der noch

fehlenden Daten anhand von Baujahr, beheizter Grundfläche und der Anzahl der Stockwerke in den Gebäuden. Ausgehend von diesen Informationen wurde die jeweils benötigte Heizleistung je Gebäude ohne Brauchwarmwasserbereitung ermittelt. Angesetzt wurden hierbei  $50 \text{ W/m}^2$  Nutzfläche, wodurch sich ein Leistungsbedarf zwischen  $6 \text{ kW}_{\text{th}}$  und  $260 \text{ kW}_{\text{th}}$  ergeben hat. Für die Hallen wurde eine Heizlast zwischen  $85$  und  $100 \text{ W/m}^2$  Nutzfläche angesetzt, wodurch sich ein Leistungsbedarf zwischen  $30 \text{ kW}_{\text{th}}$  und  $408 \text{ kW}_{\text{th}}$  errechnet hat. Hierfür wurde die Anzahl der zu versorgenden Gebäude, der jeweiligen Nutzfläche, der voraussichtlichen Nutzung, sowie dem geplanten Aufwuchs berücksichtigt.

Der anzunehmende Wärmeverbrauch wurde ausgehend von der jeweiligen Heizleistung und Nutzung der Gebäude mittels der angegebenen Vollbenutzungsstunden (Vbh) ermittelt. Angesetzt wurden zwischen  $1.000$  Vbh und  $2.000$  Vbh. Hierbei sei erwähnt, dass vor allem im Neubaubereich der Reihen-, Ein- und Zweifamilienhäuser in der Regel eine hohe Schwankungsbreite besteht. Das Nutzerverhalten sowie die Anzahl der Bewohner haben hier einen besonders starken Einfluss auf den Wärmeverbrauch (insbesondere auf die Brauchwarmwasserbereitung). So kann in der Realität meist eine deutliche Differenz bei den Verbräuchen von Einpersonenhaushalten, Familien oder Rentnern beobachtet werden.

Für die betrachteten Hallen wurden  $1.500$  Vbh angesetzt. Es ist leicht einzusehen, dass die benötigte Heizleistung, wie auch der Wärmeverbrauch entscheidend von der Nutzung abhängen.

Zusammenfassung der Daten- bzw. Berechnungsgrundlage:

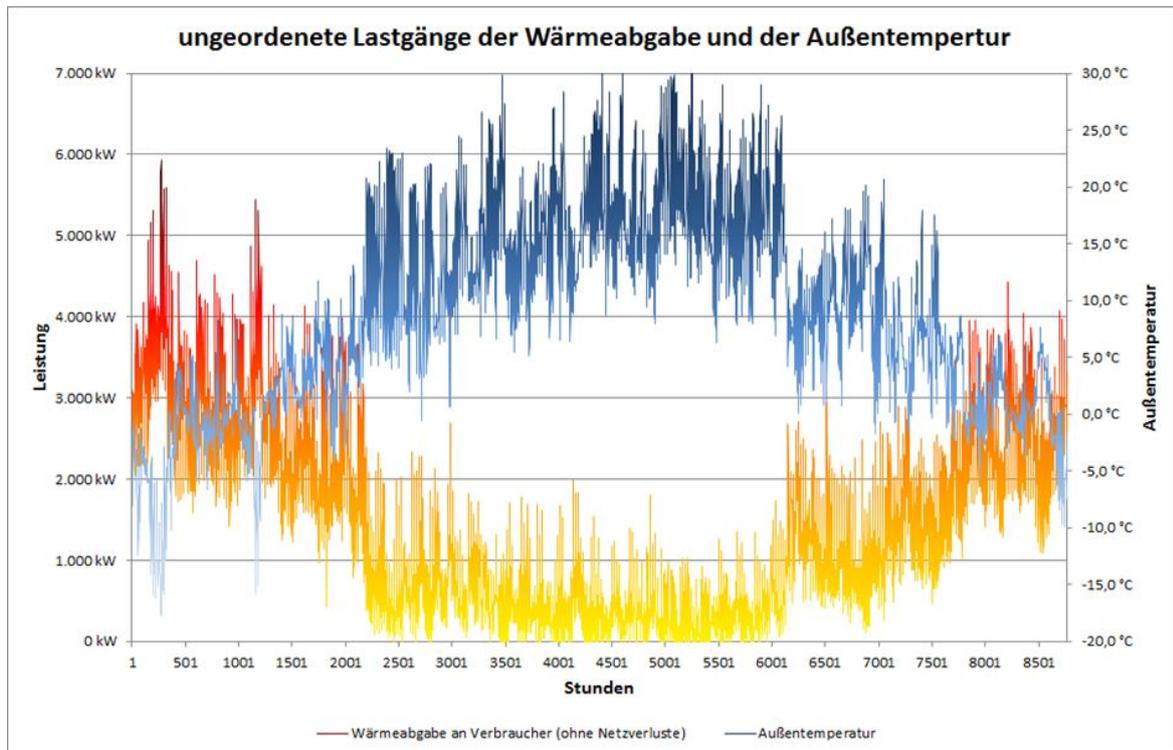
- Anzahl der Objekte: 424 Gebäude
- Gesamtanschlussleistung:  $6.263 \text{ kW}_{\text{th}}$
- Gesamtwärmeverbrauch:  $12.243.943 \text{ kWh}$

### 7.7.1.2 Lastgangermittlung

Unter Verwendung der beschriebenen Datengrundlage wurden, anhand eines bestehenden Wärmenetzes mit ähnlicher Versorgungsstruktur, der Verbrauchslastgang der Wärmekunden (ohne Netzverluste) sowie die zugehörige Außentemperatur dargestellt.

Die gleichzeitige Leistungsabnahme der betrachteten Wärmekunden wurde mit ca.  $5.952 \text{ kW}$  ermittelt. Die Differenz der installierten Anschlussleistung zur maximalen Leistungsabnahme resultiert aus der bereitzustellenden Leistung für die Trinkwasserbereitung (TWB) in jedem Objekt sowie dem unterschiedlichen Nutzerverhalten der Wärmekunden (Gleichzeitigkeitsfaktor). Zu beachten ist jedoch, dass bei einem Netz dieser Größe die installierte Erzeugerleistung aus Sicherheitsgründen in etwa der Anschlussleistung entsprechen sollte.

**Abbildung 272: Ungeordnete Lastgänge der Wärmeabgabe und Außentemperatur für Laisacker/Bittenbrunn**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage der Stadtwerke Neuburg

Die Auslegung des Wärmenetzes erfolgt auf Grundlage der ermittelten Heizleistungen, der entworfenen Trasse geometrie sowie der zu erwartenden Betriebsparameter. Für die Abnahmelast wurde ein Lastgang mit 85% Gleichzeitigkeit zu Grunde gelegt. Die Fließgeschwindigkeiten bzw. Druckverluste im Rohr sind nach geltenden Regeln konservativ ausgelegt.

Bei der Netzlänge wurden je Anschluss 2,0 m für die Anbindung der Wärmeübergabestation an das Wärmenetz berücksichtigt.

Die wesentlichen Netzdaten im Auslegungsfall sind:

|                     |            |
|---------------------|------------|
| Netzlänge:          | 15.087 m   |
| Vorlauftemperatur:  | max. 85 °C |
| Rücklauftemperatur: | max. 60 °C |

Die folgende Tabelle zeigt die gewählten Längen und Durchmesser, welche für das Netz benötigt werden. Außerdem werden die Netzparameter bei drei möglichen Fällen dargestellt.

**Tabelle 273: Trassenmeter der verwendeten Rohrdimensionierung für das Fernwärmenetz Laisacker/Bittenbrunn**

| Nennweite     | Länge           | Investitionen |            |        |                    |        |            |
|---------------|-----------------|---------------|------------|--------|--------------------|--------|------------|
|               |                 | leicht        |            | mittel |                    | schwer |            |
| DN 20         | 0 m             | 0%            | 0 €        | 100%   | 0 €                | 0%     | 0 €        |
| DN 25         | 5.300 m         | 0%            | 0 €        | 100%   | 1.855.000 €        | 0%     | 0 €        |
| DN 32         | 2.650 m         | 0%            | 0 €        | 100%   | 935.450 €          | 0%     | 0 €        |
| DN 40         | 2.650 m         | 0%            | 0 €        | 100%   | 972.550 €          | 0%     | 0 €        |
| DN 50         | 1.325 m         | 0%            | 0 €        | 100%   | 504.825 €          | 0%     | 0 €        |
| DN 65         | 663 m           | 0%            | 0 €        | 100%   | 270.300 €          | 0%     | 0 €        |
| DN 80         | 663 m           | 0%            | 0 €        | 100%   | 290.838 €          | 0%     | 0 €        |
| DN 100        | 663 m           | 0%            | 0 €        | 100%   | 333.238 €          | 0%     | 0 €        |
| DN 125        | 663 m           | 0%            | 0 €        | 100%   | 371.663 €          | 0%     | 0 €        |
| DN 150        | 512 m           | 0%            | 0 €        | 100%   | 314.368 €          | 0%     | 0 €        |
| DN 200        | 0 m             | 0%            | 0 €        | 100%   | 0 €                | 0%     | 0 €        |
| DN 250        | 0 m             | 0%            | 0 €        | 100%   | 0 €                | 0%     | 0 €        |
| DN 300        | 0 m             | 0%            | 0 €        | 100%   | 0 €                | 0%     | 0 €        |
| DN 350        | 0 m             | 0%            | 0 €        | 100%   | 0 €                | 0%     | 0 €        |
| DN 400        | 0 m             | 0%            | 0 €        | 100%   | 0 €                | 0%     | 0 €        |
| DN 450        | 0 m             | 0%            | 0 €        | 100%   | 0 €                | 0%     | 0 €        |
| DN 500        | 0 m             | 0%            | 0 €        | 100%   | 0 €                | 0%     | 0 €        |
| <b>Summe:</b> | <b>15.087 m</b> |               | <b>0 €</b> |        | <b>5.848.231 €</b> |        | <b>0 €</b> |

#### Wärmemengen

|                              |            |         |                |
|------------------------------|------------|---------|----------------|
| verkaufte Wärmemenge         | 12.244 MWh | 84,44%  | 12.243.943 kWh |
| Netzverluste                 | 2.255 MWh  | 15,56%  | 2.255.488 kWh  |
| bereitzustellende Wärmemenge | 14.499 MWh | 100,00% | 14.499.432 kWh |

#### Netzparameter

##### Fall 1: Netztemperaturen konstant ab 5 °C

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| Vorlauftemperatur bis -10 °C:  | 85 °C |
| Rücklauftemperatur bis -10 °C: | 60 °C |

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| Vorlauftemperatur ab 5 °C:  | 70 °C |
| Rücklauftemperatur ab 5 °C: | 40 °C |

##### Fall 2: Netztemperaturen konstant ab 10 °C

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| Vorlauftemperatur bis -10 °C:  | 85 °C |
| Rücklauftemperatur bis -10 °C: | 60 °C |

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| Vorlauftemperatur ab 10 °C:  | 70 °C |
| Rücklauftemperatur ab 10 °C: | 40 °C |

##### Fall 3: Netztemperaturen konstant ab 15 °C

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| Vorlauftemperatur bis -10 °C:  | 85 °C |
| Rücklauftemperatur bis -10 °C: | 60 °C |

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| Vorlauftemperatur ab 15 °C:  | 70 °C |
| Rücklauftemperatur ab 15 °C: | 40 °C |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlagen der Stadtwerke Neuburg

Der jährliche Netzverlust beträgt anhand der beschriebenen Rahmendaten 2.255.488 kWh bzw. 15,56 % der eingespeisten Wärmemenge. Die nachfolgende Tabelle zeigt einen Überblick über die gewählten Parameter und dadurch ergebenden Größen.

**Tabelle 274: Ausgabeparameter der drei gewählten Fälle für das Fernwärmenetz Laisacker/Bittenbrunn**

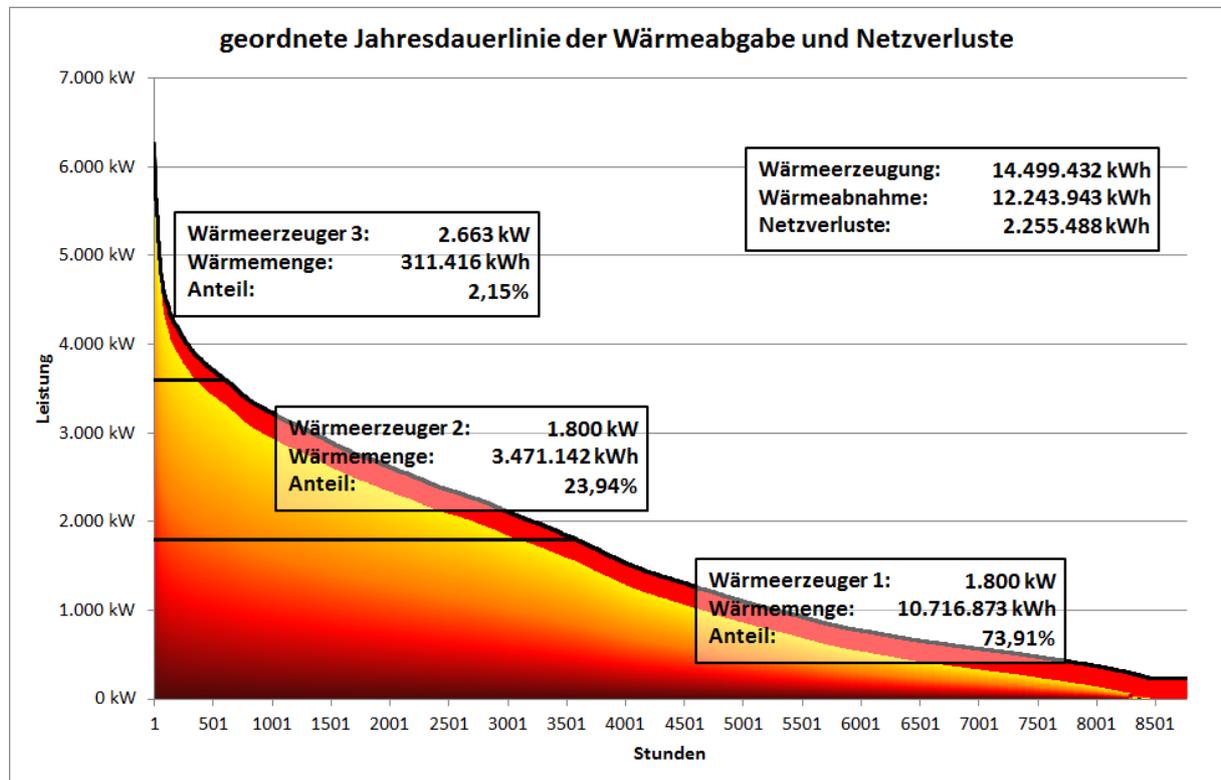
| <b>Ausgabeparameter</b>              |                           |        |                           |        |                           |        |
|--------------------------------------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| <u>Dämmung</u>                       | <u>Netzverlust Fall 1</u> |        | <u>Netzverlust Fall 2</u> |        | <u>Netzverlust Fall 3</u> |        |
| Standard                             | 2.526 MWh/a               | 17,10% | 2.604 MWh/a               | 17,54% | 2.647 MWh/a               | 17,78% |
| 1 x verstärkt                        | 2.152 MWh/a               | 14,95% | 2.219 MWh/a               | 15,34% | 2.255 MWh/a               | 15,56% |
| 2 x verstärkt                        | 1.915 MWh/a               | 13,53% | 1.974 MWh/a               | 13,89% | 2.007 MWh/a               | 14,08% |
| <u>Mittelwert</u>                    |                           |        |                           |        |                           |        |
| Vorlauf                              | 71,99 °C                  |        | 73,24 °C                  |        | 74,54 °C                  |        |
| Rücklauf                             | 42,65 °C                  |        | 44,32 °C                  |        | 44,63 °C                  |        |
| <u>Erzeugung</u>                     | <u>Fall 1</u>             |        | <u>Fall 2</u>             |        | <u>Fall 3</u>             |        |
| Standard                             | 14.770 MWh/a              |        | 14.848 MWh/a              |        | 14.891 MWh/a              |        |
| 1 x verstärkt                        | 14.396 MWh/a              |        | 14.463 MWh/a              |        | 14.499 MWh/a              |        |
| 2 x verstärkt                        | 14.159 MWh/a              |        | 14.218 MWh/a              |        | 14.251 MWh/a              |        |
| <u>Volumen des Fernwärmenetzes:</u>  |                           |        | 89.536 dm <sup>3</sup>    |        | 90 m <sup>3</sup>         |        |
| <u>Mittlerer Nenndurchmesser:</u>    |                           |        | DN 47                     |        |                           |        |
| <u>Errichtungskosten Fernwärme:</u>  |                           |        | 5.848.231 €               |        | 388 €/Trm                 |        |
| <u>Planungskosten (HOAI 1 - 9):</u>  |                           |        | 467.858,44 €              |        | 8,00%                     |        |
| <u>Gesamtkosten:</u>                 |                           |        | 6.316.088,94 €            |        | 419 €/Trm                 |        |
| <u>Förderung nach KWKG:</u>          |                           |        | 1.508.700,00 €            |        | 23,89%                    |        |
| <u>Kapitalbedarf nach Förderung:</u> |                           |        | 4.807.388,94 €            |        | 319 €/Trm                 |        |
| <u>Annuität</u>                      |                           |        | 245.269 €/a               |        |                           |        |
| Nutzungsdauer                        |                           |        |                           |        | 30 Jahre                  |        |
| Zinssatz                             |                           |        |                           |        | 3,00%                     |        |
| <u>Anteil des Wärmepreises:</u>      |                           |        | 20,03 €/MWh               |        | 2,00 Ct/kWh               |        |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlagen der Stadtwerke Neuburg

### 7.7.1.3 Wärmebedarfslastgang

Die folgende Grafik zeigt den resultierenden geordneten Wärmebedarfslastgang, d. h. den Wärmeverbrauchslastgang inkl. der Netzverluste.

**Abbildung 275: Geordnete Jahresdauerlinie der Wärmeabgabe und der Netzverluste im geplanten Fernwärmenetz Laisacker/Bittenbrunn**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlagen der Stadtwerke Neuburg

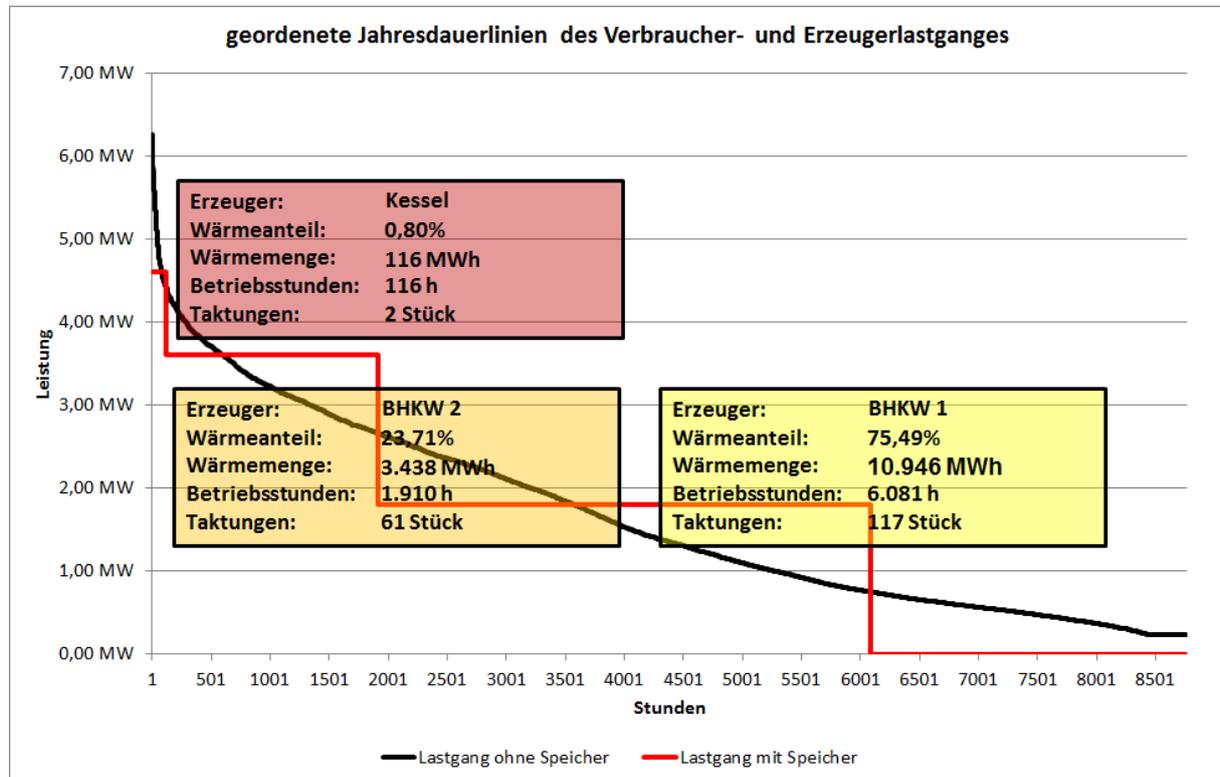
Die zur vollständigen Versorgung benötigte Erzeugerheizleistung beträgt ca. 6.263 kW.

#### Zusammenfassung der Ergebnisse:

- **Gesamtwärmebedarf:** 14.499.432 kWh/a
- **Wärmeabsatz:** 12.243.943 kWh/a
- **Netzverluste:** 2.255.488 kWh/a
- **Erzeugerleistung:** 6.263 kW<sub>th</sub>

Anhand der geordneten Jahresdauerlinie des Verbraucher- und Erzeugerlastganges ist zu erkennen, wie die Heizleistung realisiert werden könnte. Die benötigte Leistung wird dabei von zwei BHKW's und einem Heizkessel für die Spitzenabdeckung erzeugt. Die BHKW's werden hierbei in einem Verhältnis von ca. 1:3 betrieben.

**Abbildung 276: Geordnete Jahresdauerlinien des Verbraucher- und Erzeugerlastganges im geplanten Fernwärmenetz Laisacker/Bittenbrunn**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlagen der Stadtwerke Neuburg

Der Einsatz eines Wärmespeichers verfolgt technische wie auch wirtschaftliche Ziele. Der Verbraucherlastgang ist von außertemperatur- und tageszeitbedingten Verbrauchsspitzen gekennzeichnet. Bei trägen Erzeugersystemen (wie beispielsweise bei einem BHKW) treten somit oft bei der Bereitstellung von Leistungsspitzen und Schwachlast ineffiziente Betriebszustände ein, was wiederum zu einem ungünstigen Anlagenbetrieb (Taktung) oder dem (teuren) Einsatz des Reserve- und Spitzenlastsystems führt. Deshalb wird bei dieser Detailuntersuchung mit einem ausreichend dimensionierten Wärmespeicher gerechnet.

Durch den Einsatz eines Wärmespeichers erhält man eine deutliche Vergleichmäßigung der Wärmeerzeugung, welche einen effizienten Anlagenbetrieb gewährleistet, sowie eine Reduzierung der benötigten Erzeugerleistung. Hierdurch wird auch erreicht, dass die eingesetzten Wärmeerzeuger deutlich besser ausgelastet werden und stets im optimalen Betriebszustand eingesetzt werden können.

### 7.7.1.4 Auslegung der BHKWs

Der wird Lastgang hauptsächlich mit zwei BHKWs bewältigt. Nachfolgend sind die Auslegungsdaten dieser KWK-Anlagen dargestellt.

**Tabelle 78: Auslegungsdaten des BHKW1 für das Fernwärmenetz Laisacker/Bittenbrunn**

#### Auslegungsdaten BHKW 1

| BHKW-Daten                                |                | Investitionskosten            |                    | Brennstoffbezugskosten              |             |
|---|----------------|-------------------------------|--------------------|-------------------------------------|-------------|
| Bruttolleistung elektrisch                | 1.718 kW       | Kreditlaufzeit gleich         | KWK                | <b>Brennstoffkosten</b>             |             |
| Wirkungsgrad (brutto)                     | 43,0%          | Kreditlaufzeit                | 5 Jahre            | Strukturierungspreis                | 0,13 Ct/kWh |
| Eigenverbrauchsleistung                   | 34 kW          | Zinssatz                      | 2,50%              | Strukturierungspreis                | 35.244 €    |
| Eigenbedarf bei Volllast                  | 2,0%           | Motor                         | 434.987 €          | Arbeitspreis (ex Steuer)            | 2,30 Ct/kWh |
| Nettolleistung elektrisch                 | 1.684 kW       | Schalldämpfung                | 17.586 €           | Arbeitspreis                        | 623.556 €   |
| Wirkungsgrad (netto)                      | 42,1%          | Katalysator                   | 6.724 €            | Energiesteuer                       | 0,55 Ct/kWh |
| Leistung thermisch                        | 1.800 kW       | Schmierölvorsorgung           | 6.724 €            | zu verst. Brennstoff                | 0 kWh       |
| Wirkungsgrad thermisch                    | 45,0%          | Schaltschrank                 | 16.551 €           | Energiesteuerkosten                 | 0 €         |
| Gesamtleistung                            | 3.518 kW       | Be- und Entlüftung            | 26.379 €           | <b>Erdgaskosten (H<sub>2</sub>)</b> | 658.800 €   |
| Gesamtwirkungsgrad                        | 88,0%          | Transport und Montage         | 4.138 €            |                                     | 2,43 Ct/kWh |
| Erdgasverbrauch (H <sub>2</sub> )         | 3.998 kW       | Inbetriebnahme                | 4.138 €            | <b>Netzentgelt</b>                  |             |
| Umrechnung H <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> | 1,1            | <b>Zwischensumme</b>          | <b>517.226 €</b>   | Arbeitspreis                        | 43.127 €    |
| Erdgasverbrauch (H <sub>2</sub> )         | 4.398 kW       | Brennwertnutzung              | 55.262 €           | Leistungspreis                      | 59.085 €    |
| Vollbenutzungsstunden                     | 6.081 Vbh      | <b>Investition BHKW-Modul</b> | <b>572.488 €</b>   | Messstellenbetrieb                  | 537 €       |
| Betriebsstunden                           | 6.081 bh       | Einbindung                    | 87.329 €           | Messung                             | 101 €       |
| Gesamtlaufzeit                            | 100.000 bh     | Zubehör                       | 77.625 €           | Abrechnung                          | 336 €       |
| Erdgasverbrauch (H <sub>2</sub> )         | 27.111.113 kWh | Unvorhergesehenes             | 126.141 €          | Konzessionsabgabe                   | 0 €         |
| Stromerzeugung (brutto)                   | 10.447.262 kWh | Planung, Genehmigung, ...     | 106.735 €          | <b>Erdgasnetzkosten</b>             | 103.186 €   |
| Eigenbedarf BHKW                          | 156.707 kWh    | <b>Gesamtinvestition BHKW</b> | <b>970.318 €</b>   |                                     | 0,38 Ct/kWh |
| Stromerzeugung (netto)                    | 10.290.555 kWh | Transformatorstation          | 70.000 €           | <b>Brennstoffbezugskosten</b>       | 761.986 €   |
| Nutzwärmeerzeugung                        | 10.945.800 kWh | <b>Gesamtinvestition</b>      | <b>1.040.318 €</b> |                                     | 2,81 Ct/kWh |

| Betriebskosten                  |                    |
|---------------------------------|--------------------|
| Personalkosten (ex. G & I)      | 0 €                |
| Sonstige Kosten                 | 0 €                |
| <b>Generalüberholungskosten</b> |                    |
| Generalüberholung               | 97,62 €/kW         |
| Generalüberholung               | 167.703 €          |
| Intervall                       | 64.000 bh          |
| Kosten je Betriebsstunde        | 2,62 €/bh          |
| <b>Kosten pro Jahr</b>          | <b>15.935 €</b>    |
| <b>Instandhaltungskosten</b>    |                    |
| Instandhaltung                  | 0,77 Ct/kWh        |
| <b>Kosten pro Jahr</b>          | <b>80.164 €</b>    |
|                                 | 96.099 €           |
| <b>Gesamtkosten</b>             | <b>0,93 Ct/kWh</b> |

| KWK-Vergütung                      |                    |
|------------------------------------|--------------------|
| <b>KWK-Vergütung (30.000 Vbh)</b>  |                    |
| KWK-Strommenge                     | 10.290.555 kWh     |
| Nettolleistung                     | 1.684 kW           |
| Vollbenutzungsstunden              | 6.112 Vbh          |
| <b>Leistungsanteil (nach BDEW)</b> |                    |
| bis 50 kW                          | 81.150 €           |
| größer 50 kW bis 250 kW            | 240.000 €          |
| größer 250 kW bis 2.000 kW         | 1.032.221 €        |
| ab 2.000 kW                        | 0 €                |
| <b>KWK-Vergütung</b>               | <b>274.331 €/a</b> |
| (Vergütung pro Jahr)               | 2,67 Ct/kWh        |
| <b>KWK-Gesamtvergütung</b>         | <b>1.353.371 €</b> |
| (während der 30.000 Vbh)           | 2,68 Ct/kWh        |

| Erlöse bei üblichen Preis (üP)                |                  |
|---|------------------|
| Einspeisung in                                | MS               |
| Jahresbenutzungsdauer                         | ab 2.500 h       |
| <b>vermiedenes Netznutzungsentgelt bei üP</b> |                  |
| Leistungspreis                                | 68,29 €/kW/a     |
| Leistungspreis                                | 114.976 €        |
| Arbeitspreis                                  | 0,24 Ct/kWh      |
| Arbeitspreis                                  | 24.697 €         |
| <b>Erlöse vNNE bei üP</b>                     | <b>139.673 €</b> |
|   | 1,36 Ct/kWh      |
| <b>Stromvermarktung</b>                       |                  |
| Öffentliches Netz (üP)                        | 3,350 Ct/kWh     |
| <b>Erlöse üblicher Preis</b>                  | <b>484.407 €</b> |
|   | 4,71 Ct/kWh      |

| Erlöse vNEE bei Mischpreis                    |                  |
|---|------------------|
| Einspeisung in                                | MS               |
| Jahresbenutzungsdauer                         | ab 2.500 h       |
| <b>vermiedenes Netznutzungsentgelt bei MP</b> |                  |
| Leistungspreis                                | 68,29 €/kW/a     |
| Leistungspreis                                | 115.564 €        |
| Arbeitspreis                                  | 0,24 Ct/kWh      |
| Arbeitspreis                                  | 12.349 €         |
| <b>Erlöse vNNE</b>                            | <b>127.912 €</b> |
|   | 1,24 Ct/kWh      |

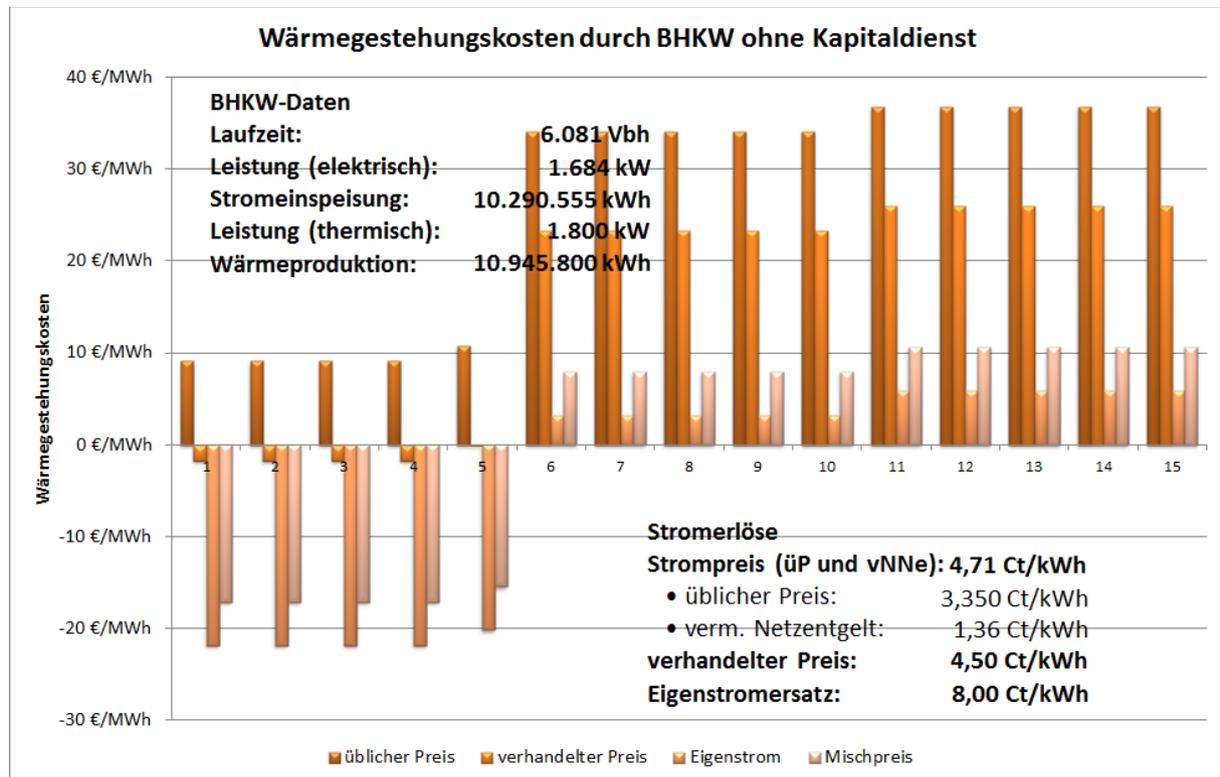
| Erlöse bei Mischpreis    |                  |
|--------------------------|------------------|
| <b>Stromvermarktung</b>  |                  |
| Mischpreis (MP)          | 6,25 Ct/kWh      |
| Anteil üblicher Preis    | 0,00%            |
| Anteil verhand. Preis    | 50,00%           |
| Anteil Eigenverbrauch    | 50,00%           |
| <b>Erlöse vNNE</b>       | <b>127.912 €</b> |
|                          | 1,24 Ct/kWh      |
| <b>Erlöse Mischpreis</b> | <b>771.072 €</b> |
|                          | 7,49 Ct/kWh      |

| Erlöse bei vP und ES  |                  |
|---|------------------|
| <b>Stromvermarktung</b>   |                  |
| Öffentliches Netz (vP)  | 4,50 Ct/kWh      |
| <b>Erlöse verhandelter Preis</b>  | <b>463.075 €</b> |
|   | 4,50 Ct/kWh      |
| Eigenverbrauch (EP)   | 8,00 Ct/kWh      |
| <b>Erlöse Eigenverbrauch</b>  | <b>823.244 €</b> |
|   | 8,00 Ct/kWh      |
| Bei einem verhandelten Preis, sind im Regelfall die vermiedenen Netznutzungsentgelte bereits entfallen. |                  |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage der Stadtwerke Neuburg

Nachfolgend sind die Wärmegestehungskosten nur für das erste BHKW abgebildet. Hierbei muss aber beachtet werden, dass der Kapitaldienst nicht mit berücksichtigt wurde.

**Abbildung 277: Wärmegestehungskosten durch das BHKW 1 ohne Kapitaldienst im Fernwärmenetz Laisacker/Bittenbrunn über eine Laufzeit von 15 Jahren**



In den beiden nachfolgenden Tabellen x und y sind die Auslegungsdaten für das zweite BHKW und die dabei zu berücksichtigenden Wärmegestehungskosten zusammengefasst. Hierbei muss beachtet werden, dass dieses BHKW nur auf jährlich 1.910 Vbh kommt und dadurch eine deutlich geringere Stromeinspeisung als auch Wärmeproduktion aufweist im Vergleich zum Basis - BHKW.

Die Funktionsweise der Anlage wurde wie folgt hinterlegt:

- 1) Das BHKW 2 wird aus Effizienz- und Kostengründen ausschließlich im Volllastbetrieb betrieben. Diese Fahrweise wird durch die installierten Wärmespeicher ermöglicht. Der vom BHKW erzeugte Strom wird in das öffentliche Netz eingespeist und nach dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz vergütet.
- 2) Die erzeugte Wärme wird direkt in das Wärmenetz gespeist oder im Wärmespeicher „zwischen gespeichert“.
- 3) Die Restwärmemenge wird durch die Erdgaskesselanlage bereitgestellt.

Tabelle 79: Auslegungsdaten des zweiten BHKWs im Fernwärmenetz Laisacker/Bittenbrunn

**Auslegungsdaten BHKW 2**

| BHKW-Daten                                |               | Investitionskosten            |                    | Brennstoffbezugskosten              |                  |
|---|---------------|-------------------------------|--------------------|-------------------------------------|------------------|
| Bruttoleistung elektrisch                 | 1.718 kW      | Kreditlaufzeit gleich         | KWK                | <b>Brennstoffkosten</b>             |                  |
| Wirkungsgrad (brutto)                     | 43,0%         | Kreditlaufzeit                | 16 Jahre           | Strukturierungspreis                | 0,13 Ct/kWh      |
| Eigenverbrauchsleistung                   | 34 kW         | Zinssatz                      | 2,50%              | Strukturierungspreis                | 11.105 €         |
| Eigenbedarf bei Volllast                  | 2,0%          | Motor                         | 434.987 €          | Arbeitspreis (ex Steuer)            | 2,30 Ct/kWh      |
| Nettoleistung elektrisch                  | 1.684 kW      | Schalldämpfung                | 17.586 €           | Arbeitspreis                        | 196.473 €        |
| Wirkungsgrad (netto)                      | 42,1%         | Katalysator                   | 6.724 €            | Energiesteuer                       | 0,55 Ct/kWh      |
| Leistung thermisch                        | 1.800 kW      | Schmierölvorsorgung           | 6.724 €            | zu verst. Brennstoff                | 0 kWh            |
| Wirkungsgrad thermisch                    | 45,0%         | Schaltschrank                 | 16.551 €           | Energiesteuerkosten                 | 0 €              |
| Gesamtleistung                            | 3.518 kW      | Be- und Entlüftung            | 26.379 €           | <b>Erdgaskosten (H<sub>2</sub>)</b> | <b>207.578 €</b> |
| Gesamtwirkungsgrad                        | 88,0%         | Transport und Montage         | 4.138 €            |                                     | 2,43 Ct/kWh      |
| Erdgasverbrauch (H <sub>1</sub> )         | 3.998 kW      | Inbetriebnahme                | 4.138 €            | <b>Netzentgelt</b>                  |                  |
| Umrechnung H <sub>1</sub> /H <sub>5</sub> | 1,1           | <b>Zwischensumme</b>          | <b>517.226 €</b>   | Arbeitspreis                        | 16.736 €         |
| Erdgasverbrauch (H <sub>2</sub> )         | 4.398 kW      | Brennwertnutzung              | 55.262 €           | Leistungspreis                      | 59.085 €         |
| Vollbenutzungsstunden                     | 1.910 Vbh     | <b>Investition BHKW-Modul</b> | <b>572.488 €</b>   | Messstellenbetrieb                  | 537 €            |
| Betriebsstunden                           | 1.910 bh      | Einbindung                    | 87.329 €           | Messung                             | 101 €            |
| Gesamtlaufzeit                            | 100.000 bh    | Zubehör                       | 77.625 €           | Abrechnung                          | 336 €            |
| Erdgasverbrauch (H <sub>2</sub> )         | 8.542.313 kWh | Unvorhergesehenes             | 126.141 €          | Konzessionsabgabe                   | 0 €              |
| Stromerzeugung (brutto)                   | 3.281.413 kWh | Planung, Genehmigung, ...     | 106.735 €          | <b>Erdgasnetzkosten</b>             | <b>76.796 €</b>  |
| Eigenbedarf BHKW                          | 49.221 kWh    | <b>Gesamtinvestition BHKW</b> | <b>970.318 €</b>   |                                     | 0,90 Ct/kWh      |
| Stromerzeugung (netto)                    | 3.232.192 kWh | Transformatorstation          | 70.000 €           | <b>Brennstoffbezugskosten</b>       | <b>284.374 €</b> |
| Nutzwärmeerzeugung                        | 3.438.000 kWh | <b>Gesamtinvestition</b>      | <b>1.040.318 €</b> |                                     | 3,33 Ct/kWh      |

| Betriebskosten                  |                 |
|---------------------------------|-----------------|
| Personalkosten (ex. G & I)      | 0 €             |
| Sonstige Kosten                 | 0 €             |
| <b>Generalüberholungskosten</b> |                 |
| Generalüberholung               | 97,62 €/kW      |
| Generalüberholung               | 167.703 €       |
| Intervall                       | 64.000 bh       |
| Kosten je Betriebsstunde        | 2,62 €/bh       |
| <b>Kosten pro Jahr</b>          | <b>5.005 €</b>  |
| <b>Instandhaltungskosten</b>    |                 |
| Instandhaltung                  | 0,77 Ct/kWh     |
| <b>Kosten pro Jahr</b>          | <b>25.179 €</b> |
| <b>Gesamtkosten</b>             | <b>30.184 €</b> |
|                                 | 0,93 Ct/kWh     |

| KWK-Vergütung                      |                    |
|------------------------------------|--------------------|
| <b>KWK-Vergütung (30.000 Vbh)</b>  |                    |
| KWK-Strommenge                     | 3.232.192 kWh      |
| Nettoleistung                      | 1.684 kW           |
| Vollbenutzungsstunden              | 1.920 Vbh          |
| <b>Leistungsanteil (nach BDEW)</b> |                    |
| bis 50 kW                          | 81.150 €           |
| größer 50 kW bis 250 kW            | 240.000 €          |
| größer 250 kW bis 2.000 kW         | 1.032.221 €        |
| ab 2.000 kW                        | 0 €                |
| <b>KWK-Vergütung</b>               | <b>86.165 €/a</b>  |
| (Vergütung pro Jahr)               | 2,67 Ct/kWh        |
| <b>KWK-Gesamtvergütung</b>         | <b>1.353.371 €</b> |
| (während der 30.000 Vbh)           | 2,68 Ct/kWh        |

| Erlöse bei üblichen Preis (üP)                |                  |
|---|------------------|
| Einspeisung in                                | MS               |
| Jahresbenutzungsdauer                         | ab 2.500 h       |
| <b>vermiedenes Netznutzungsentgelt bei üP</b> |                  |
| Leistungspreis                                | 68,29 €/kW/a     |
| Leistungspreis                                | 114.976 €        |
| Arbeitspreis                                  | 0,24 Ct/kWh      |
| Arbeitspreis                                  | 7.757 €          |
|   | <b>122.733 €</b> |
| <b>Erlöse vNNE bei üP</b>                     | 3,80 Ct/kWh      |
| <b>Stromvermarktung</b>                       |                  |
| Öffentliches Netz (üP)                        | 3,350 Ct/kWh     |
| <b>Erlöse üblicher Preis</b>                  | <b>231.011 €</b> |
|   | 7,15 Ct/kWh      |

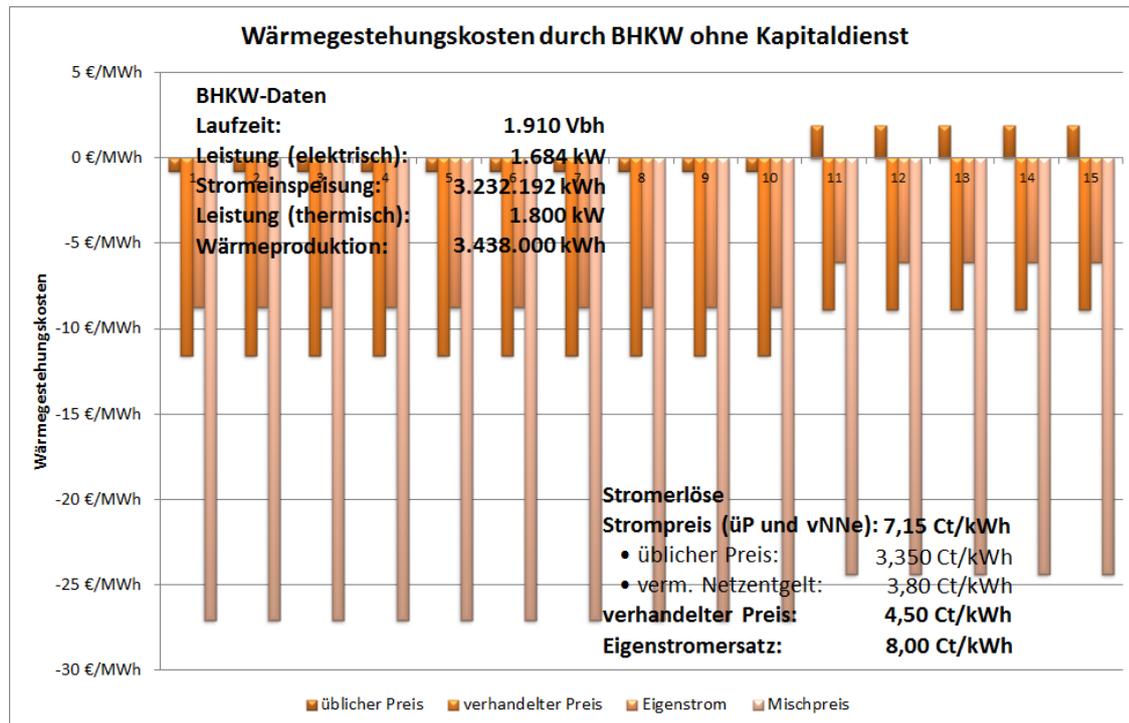
| Erlöse vNEE bei Mischpreis                    |                  |
|---|------------------|
| Einspeisung in                                | MS               |
| Jahresbenutzungsdauer                         | ab 2.500 h       |
| <b>vermiedenes Netznutzungsentgelt bei MP</b> |                  |
| Leistungspreis                                | 68,29 €/kW/a     |
| Leistungspreis                                | 115.564 €        |
| Arbeitspreis                                  | 0,24 Ct/kWh      |
| Arbeitspreis                                  | 3.879 €          |
|   | <b>119.442 €</b> |
| <b>Erlöse vNNE</b>                            | 3,70 Ct/kWh      |

| Erlöse bei Mischpreis    |                  |
|--------------------------|------------------|
| <b>Stromvermarktung</b>  |                  |
| Mischpreis (MP)          | 6,25 Ct/kWh      |
| Anteil üblicher Preis    | 0,00%            |
| Anteil verhand. Preis    | 50,00%           |
| Anteil Eigenverbrauch    | 50,00%           |
| <b>Erlöse vNNE</b>       | <b>119.442 €</b> |
|                          | 3,70 Ct/kWh      |
| <b>Erlöse Mischpreis</b> | <b>321.454 €</b> |
|                          | 9,95 Ct/kWh      |

| Erlöse bei vP und ES  |                  |
|---|------------------|
| <b>Stromvermarktung</b>   |                  |
| Öffentliches Netz (vP)  | 4,50 Ct/kWh      |
| <b>Erlöse verhandelter Preis</b>  | <b>145.449 €</b> |
|   | 4,50 Ct/kWh      |
| Eigenverbrauch (EP)   | 8,00 Ct/kWh      |
| <b>Erlöse Eigenverbrauch</b>  | <b>258.575 €</b> |
|   | 8,00 Ct/kWh      |
| Bei einem verhandelten Preis, sind im Regelfall die vermiedenen Netznutzungsentgelte bereits entfallen. |                  |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlagen der Stadtwerke Neuburg

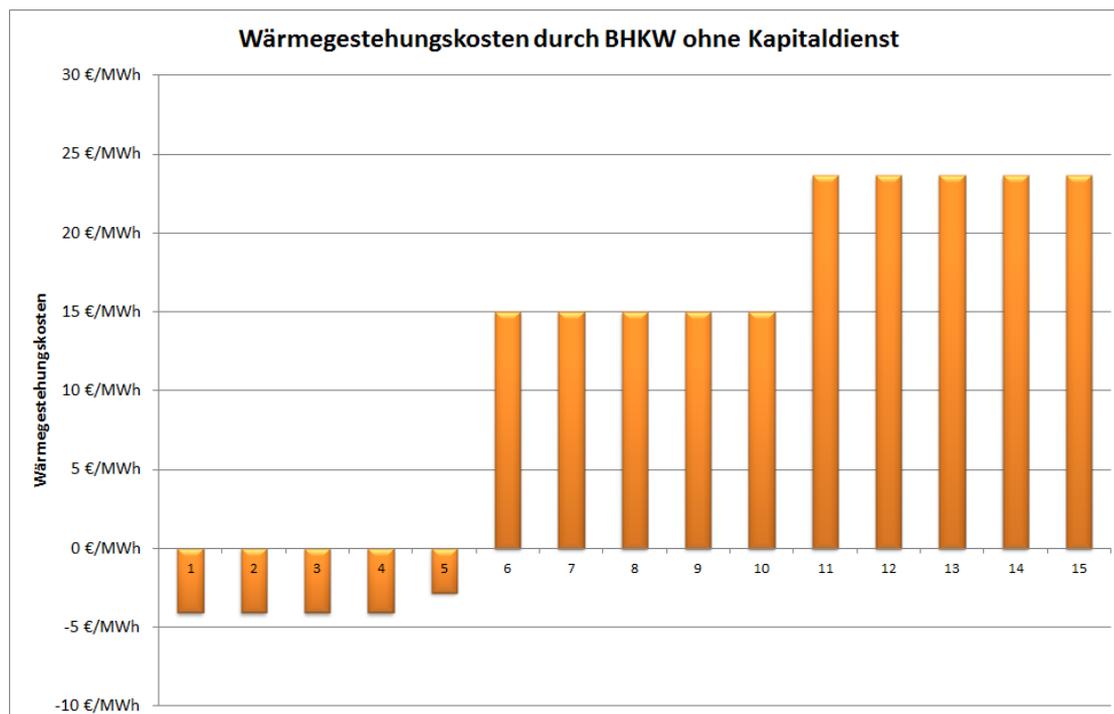
**Abbildung 278: Wärmegestehungskosten durch das BHKW 2 ohne Kapitaldienst im Fernwärmenetz Laisacker/Bittenbrunn über eine Laufzeit von 15 Jahren**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage der Stadtwerke Neuburg

Abschließend sind die Wärmegestehungskosten der beiden BHKWs ohne Kapitaldienst kombiniert dargestellt. Hier kann man erkennen, dass ab dem 10. Betriebsjahr die Wärmegestehungskosten bei 23,70 €/MWh<sub>th</sub> liegen.

**Abbildung 279: Wärmegestehungskosten durch die BHKWs ohne Kapitaldienst im Fernwärmenetz Laisacker/Bittenbrunn über eine Laufzeit von 15 Jahren**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlagen der Stadtwerke Neuburg

### 7.7.1.5 Investitionskostenprognose

Die Investitionskosten für die Erzeugungsanlagen können, je nach Auflagen und Wahl der Technik, anhand von Ausführung, Qualität und Anforderungen, welche an die Anlage gestellt werden, in erheblichem Umfang variieren.

Folgende Kosten (inkl. Planung) wurden für die Betrachtung angesetzt:

**Tabelle 80: Investitionsprognose Heizwerk Laisacker/Bittenbrunn**

| <u>Investitionskostenprognose</u> |                                     | Heizwerk |              |             |              |
|-----------------------------------|-------------------------------------|----------|--------------|-------------|--------------|
|                                   |                                     | Netto    | 5.043.218,23 |             |              |
|                                   |                                     | MwSt.    | 958.211,46   |             |              |
|                                   |                                     | Brutto   | 6.001.429,70 |             |              |
| Bezeichnung                       |                                     | Menge    | Einheit      | Einzelpreis | Gesamtpreis  |
| 01                                | Blockheizkraftwerk                  |          |              |             | 1.339.345,20 |
| 01 01                             | Blockheizkraftwerk                  |          |              |             | 1.280.000,00 |
| 01 02                             | Gasregelanlage                      |          |              |             | 19.600,00    |
| 01 03                             | Notkühleinrichtung                  |          |              |             | 39.745,20    |
| 02                                | Heißwasserkesselanlage              |          |              |             | 165.580,80   |
| 02 01                             | Heißwasserkessel, 5,0 MW            |          |              |             | 155.780,80   |
| 02 02                             | Gasregelanlage                      |          |              |             | 9.800,00     |
| 03                                | Abgasanlage                         |          |              |             | 70.300,00    |
| 03 01                             | Abgasanlage BHKW                    |          |              |             | 25.400,00    |
| 03 02                             | Abgasanlage Heißwasserkessel        |          |              |             | 44.900,00    |
| 04                                | Gasversorgung                       |          |              |             | 143.500,00   |
| 04 01                             | Anbindung an das Gasversorgungsnetz |          |              |             | 143.500,00   |
| 05                                | Fernwärmebetriebstechnik            |          |              |             | 902.380,80   |
| 05 01                             | Netzpumpen                          |          |              |             | 88.000,00    |
| 05 02                             | Wasseraufbereitung                  |          |              |             | 49.000,00    |
| 05 03                             | Druckhalteanlage                    |          |              |             | 145.780,80   |
| 05 04                             | Ausrüstungsgegenstände              |          |              |             | 19.600,00    |
| 05 05                             | Fernwärmespeicher                   |          |              |             | 600.000,00   |
| 06                                | Anlagenbau                          |          |              |             | 444.600,00   |
| 06 01                             | Rohrleitungsbau                     |          |              |             | 294.600,00   |
| 06 02                             | Lüftungsanlage                      |          |              |             | 150.000,00   |
| 07                                | Elektro- und MSR                    |          |              |             | 586.873,45   |
| 07 01                             | Mittelspannungsschaltanlage         |          |              |             | 125.978,00   |
| 07 02                             | Niederspannungshauptverteilung      |          |              |             | 321.632,06   |
| 07 03                             | Pumpensteuerung                     |          |              |             | 20.990,90    |
| 07 04                             | Prozessleitsystem                   |          |              |             | 57.125,00    |
| 07 05                             | Mess- Steuer- und Regelungstechnik  |          |              |             | 39.537,49    |
| 07 06                             | Kabelwege                           |          |              |             | 21.610,00    |
| 08                                | Bauleistungen                       |          |              |             | 928.325,77   |
| 08 01                             | Gründung und Fundamente             |          |              |             | 163.058,60   |
| 08 02                             | Erschließung                        |          |              |             | 30.786,34    |

|       |  |                 |
|-------|--|-----------------|
| 08 03 | Gebäude                                  | 586.000,10      |
| 08 04 | Technische Anlagen                       | 15.000,00       |
| 08 05 | Außenanlagen                             | 121.105,73      |
| 08 06 | Fassadenbegrünung                        | 12.375,00       |
| 09    | Sonstiges                                | 33.500,00       |
| 09 01 | Inbetriebsetzung der Gesamtanlage        | 29.000,00       |
| 09 02 | Farbgebung und Beschilderung             | 4.500,00        |
| 10    | Ingenieurdienstleistungen                | 282.734,86      |
| 10 01 | Planungsphasen 1 bis 4 gemäß HOAI        | 89.600,00       |
| 10 02 | Planungsphasen 5 bis 9 gemäß HOAI        | 141.000,00      |
| 10 03 | Planung Außenanlagen                     | 16.000,00       |
| 10 04 | Planung Medien- und Versorgungsleitungen | 4.800,00        |
| 10 05 | Externe Gutachten                        | 31.334,86       |
| 11    | Genehmigungsgebühren                     | 23.072,03       |
| 12    | Reserve für Unvorhergesehenes            | 2,5% 123.005,32 |

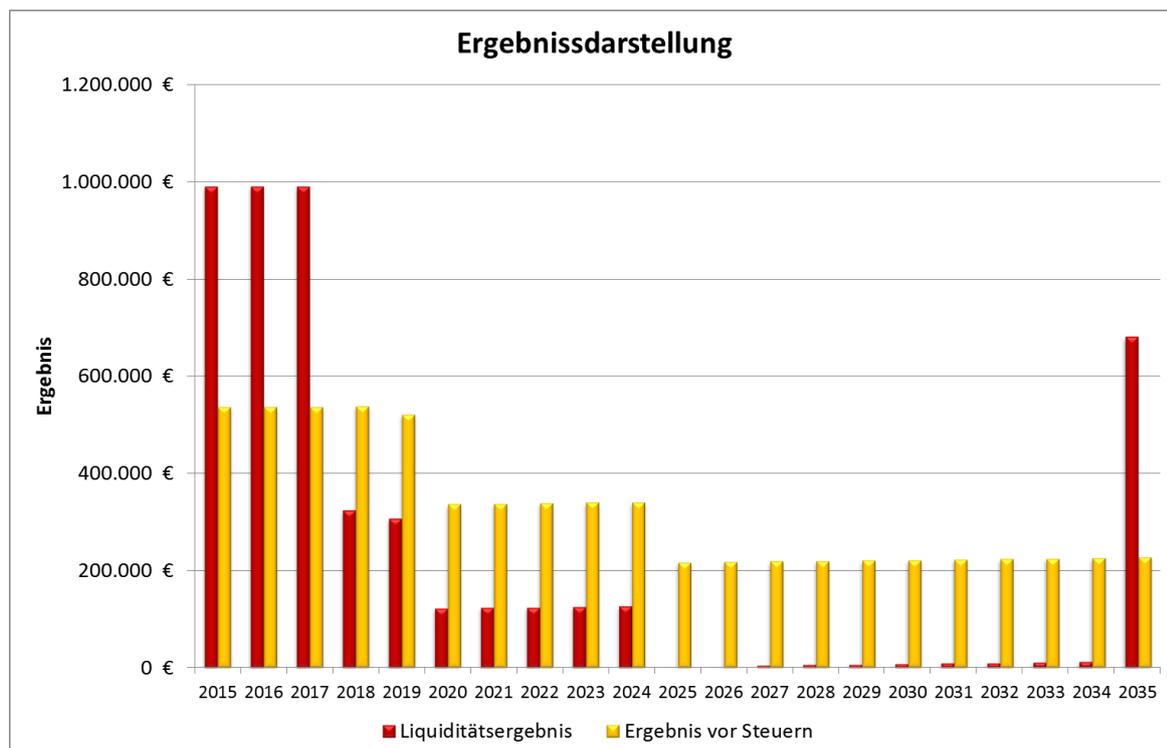
Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlagen der Stadtwerke Neuburg

### 7.7.1.6 Ergebnisdarstellung

Bei einer abgesetzten Wärmemenge von **14.499.432 kWh** und einem angesetzten Mischpreis von **11,00 Ct/kWh**, betragen die jährliche Wärmeinnahmen **1.594.937,52 €**.

Die folgende Grafik zeigt das Liquiditätsergebnis sowie das Ergebnis vor Steuern des beschriebenen Konzeptes, in Abhängigkeit vom Aufwuchsplan. Detaillierte Informationen sind den Anlagen zu entnehmen.

Abbildung 280: Ergebnisdarstellung für das Fernwärmenetz Laisacker/Bittenbrunn



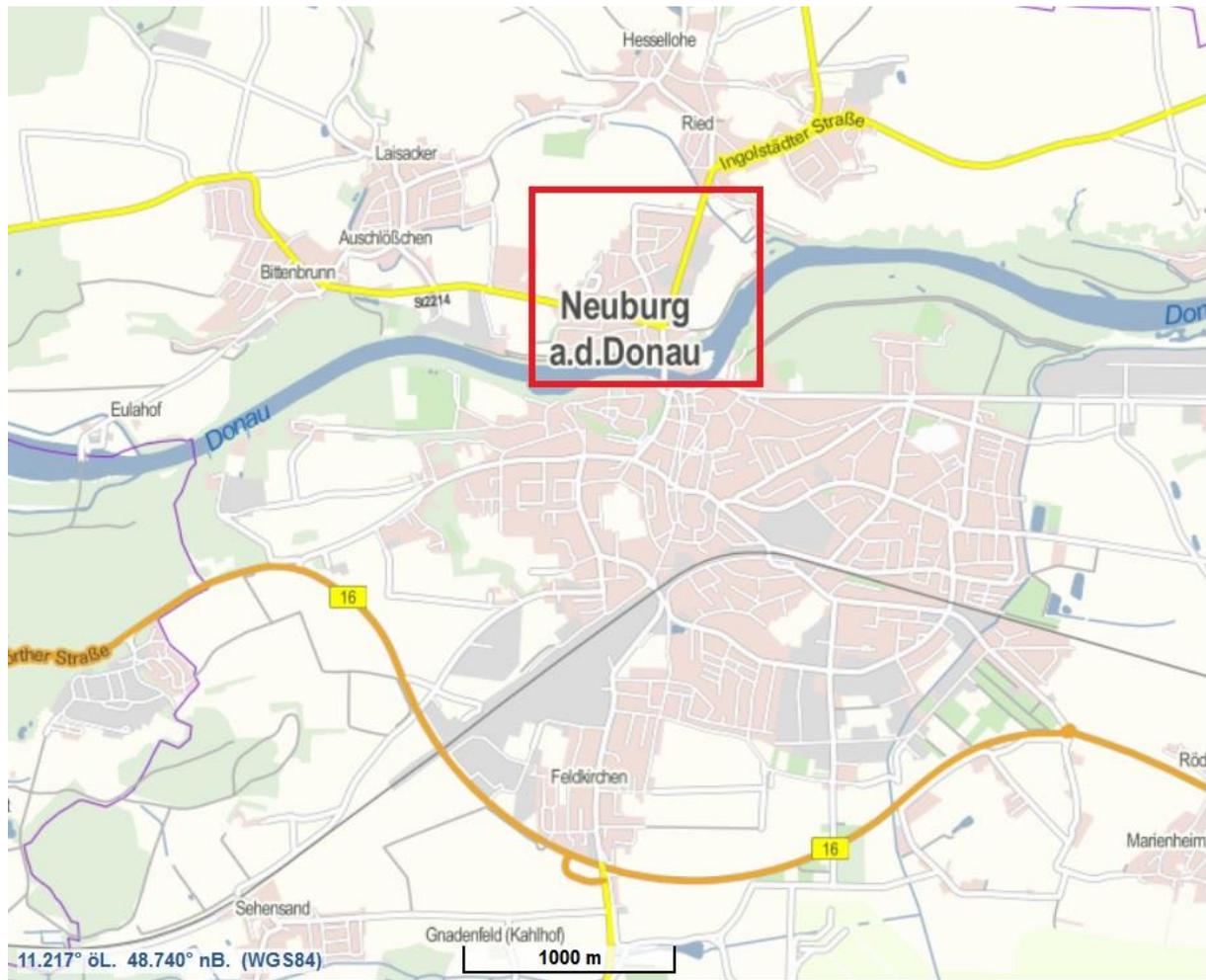
Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlagen der Stadtwerke Neuburg

## 7.7.2 Versorgungsgebiet Neuburg Nord

### 7.7.2.1 Grundlagen

Der Ortsteil von Neuburg nördlich der Donau ist bisher wie alles nördlich der Donau nicht für das Fernwärmenetz von Neuburg in Betracht gezogen worden. Aber auch hier würde sich ein Fernwärmenetz als Insellösung anbieten. Die Ausarbeitung wird der Ausarbeitung von Laisacker/Bittenbrunn sehr ähneln, da diese strukturell ähnlich aufgebaut sind.

**Abbildung 281: Ortsteil Neuburg Nord (rot umrandet)**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von geoportal.bayern

Die folgende Ausarbeitung basiert zum Großteil auf den ermittelten Daten durch die Stadtwerke und ehemalige Wärmeversorgung Neuburg GmbH sowie eine gezielten Abschätzung der noch fehlenden Daten anhand von Baujahr, beheizter Grundfläche und den Stockwerken der Gebäude. Ausgehend von diesen Informationen wurde die jeweils benötigte Heizleistung je Gebäude (ohne Brauchwasserbereitung) ermittelt. Angesetzt wurden hierbei  $50 \text{ W/m}^2$  Nutzfläche, wodurch sich ein Leistungsbedarf zwischen 6 kW und 260 kW ergeben hat. Für die Hallen wurde eine Heizlast zwischen  $85$  und  $100 \text{ W/m}^2$  Nutzfläche angesetzt, wodurch sich ein Leistungsbedarf zwischen 30 kW und 408 kW errechnet hat. Hierfür wurde die Anzahl der zu versorgenden Gebäude, der jeweiligen Nutzfläche, der voraussichtlichen Nutzung, sowie dem geplanten Aufwuchs berücksichtigt.

Der anzunehmende Wärmeverbrauch wurde ausgehend von der jeweiligen Heizleistung und Nutzung der Gebäude mittels der angegebenen Vollbenutzungsstunden (Vbh) ermittelt. Angesetzt wurden zwischen 1.000 Vbh und 2.000 Vbh. Hierbei sei erwähnt, dass vor allem im Neubaubereich der Reihen-, Ein- und Zweifamilienhäuser in der Regel eine hohe Schwankungsbreite besteht. Das Nutzerverhalten sowie die Anzahl der Bewohner haben hier einen besonders starken Einfluss auf den Wärmeverbrauch (insbesondere der Brauchwarmwasserbereitung). So kann in der Realität meist eine deutliche Differenz bei den Verbräuchen von Einpersonenhaushalten, Familien oder Rentnern beobachtet werden.

Für die betrachteten Hallen wurden 1.500 Vbh angesetzt. Es ist leicht einzusehen, dass die benötigte Heizleistung, wie auch der Wärmeverbrauch entscheidend von der Nutzung abhängen.

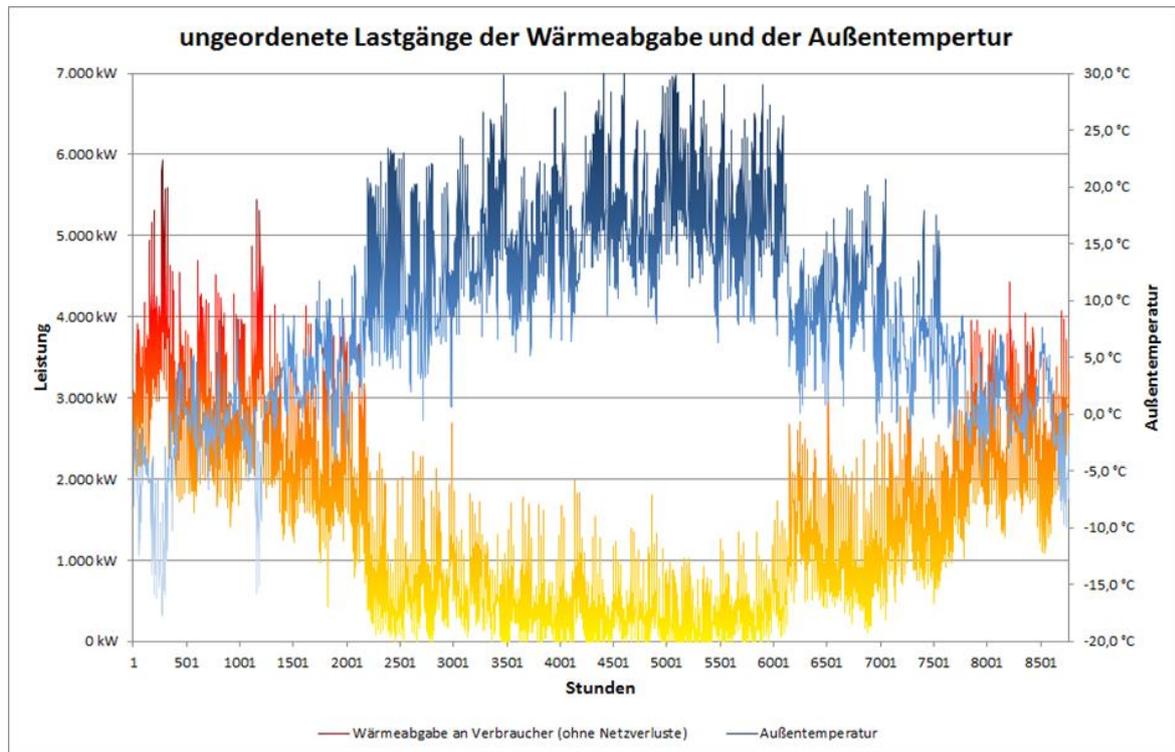
Zusammenfassung der Daten- bzw. Berechnungsgrundlage:

- Anzahl der Objekte: 330 Gebäude
- Gesamtanschlussleistung: 5400 kW<sub>th</sub>
- Gesamtwärmeverbrauch: 10.356.874 kWh

### 7.7.2.2 Lastgangermittlung

Unter Verwendung der beschriebenen Datengrundlage wurden anhand eines bestehenden Wärmenetzes mit ähnlicher Versorgungsstruktur der Verbrauchslastgang der Wärmekunden (ohne Netzverluste) sowie die zugehörige Außentemperatur dargestellt.

Die gleichzeitige Leistungsabnahme der betrachteten Wärmekunden wurde mit ca. 5.400 kW ermittelt. Die Differenz der installierten Anschlussleistung zur maximalen Leistungsabnahme resultiert aus der bereitzustellenden Leistung für die Trinkwasserbereitung (TWB) in jedem Objekt sowie dem unterschiedlichen Nutzerverhalten der Wärmekunden (Gleichzeitigkeitsfaktor). Zu beachten ist jedoch, dass bei einem Netz dieser Größe die installierte Erzeugerleistung aus Sicherheitsgründen in etwa der Anschlussleistung entsprechen sollte.

**Abbildung 282: Ungeordnete Lastgänge der Wärmeabgabe und der Außentemperatur für Neuburg Nord**

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage der Stadtwerke Neuburg

Die Auslegung des Wärmenetzes erfolgt auf Grundlage der ermittelten Heizleistungen, der entworfenen Trasse geometrie sowie der zu erwartenden Betriebsparameter. Für die Abnahmelast wurde ein Lastgang mit 85% Gleichzeitigkeit zu Grunde gelegt. Die Fließgeschwindigkeiten bzw. Druckverluste im Rohr sind nach geltenden Regeln konservativ ausgelegt.

Bei der Netzlänge wurden je Anschluss 2,0 m für die Anbindung der Wärmeübergabestation an das Wärmenetz berücksichtigt.

Die wesentlichen Netzdaten im Auslegungsfall sind:

|                     |            |
|---------------------|------------|
| Netzlänge:          | 10.872 m   |
| Vorlauftemperatur:  | max. 85 °C |
| Rücklauftemperatur: | max. 40 °C |

Folgende Tabelle zeigt die gewählten Längen und Durchmesser, welche für das Netz benötigt werden. Außerdem werden die Netzparameter bei drei möglichen Fällen dargestellt.

**Tabelle 81: Trassenmeter der verwendeten Rohrdimensionierung in Neuburg Nord**

| <b>Eingabeparameter</b>                                   |                 |               |            |        |                    |        |            |
|---|-----------------|---------------|------------|--------|--------------------|--------|------------|
| <u>Trassenmeter der verwendeten Rohrdimensionierungen</u> |                 |               |            |        |                    |        |            |
| Nennweite   | Länge           | Investitionen |            |        |                    |        |            |
|   |                 | leicht        |            | mittel |                    | schwer |            |
| DN 20   | 0 m             | 0%            | 0 €        | 100%   | 0 €                | 0%     | 0 €        |
| DN 25   | 3.767 m         | 0%            | 0 €        | 100%   | 1.318.545 €        | 0%     | 0 €        |
| DN 32   | 1.884 m         | 0%            | 0 €        | 100%   | 664.924 €          | 0%     | 0 €        |
| DN 40   | 1.884 m         | 0%            | 0 €        | 100%   | 691.295 €          | 0%     | 0 €        |
| DN 50   | 942 m           | 0%            | 0 €        | 100%   | 358.833 €          | 0%     | 0 €        |
| DN 65   | 471 m           | 0%            | 0 €        | 100%   | 192.131 €          | 0%     | 0 €        |
| DN 80   | 471 m           | 0%            | 0 €        | 100%   | 206.729 €          | 0%     | 0 €        |
| DN 100  | 471 m           | 0%            | 0 €        | 100%   | 236.867 €          | 0%     | 0 €        |
| DN 125  | 471 m           | 0%            | 0 €        | 100%   | 264.180 €          | 0%     | 0 €        |
| DN 150  | 512 m           | 0%            | 0 €        | 100%   | 314.368 €          | 0%     | 0 €        |
| DN 200  | 0 m             | 0%            | 0 €        | 100%   | 0 €                | 0%     | 0 €        |
| DN 250  | 0 m             | 0%            | 0 €        | 100%   | 0 €                | 0%     | 0 €        |
| DN 300  | 0 m             | 0%            | 0 €        | 100%   | 0 €                | 0%     | 0 €        |
| DN 350  | 0 m             | 0%            | 0 €        | 100%   | 0 €                | 0%     | 0 €        |
| DN 400  | 0 m             | 0%            | 0 €        | 100%   | 0 €                | 0%     | 0 €        |
| DN 450  | 0 m             | 0%            | 0 €        | 100%   | 0 €                | 0%     | 0 €        |
| DN 500  | 0 m             | 0%            | 0 €        | 100%   | 0 €                | 0%     | 0 €        |
| <b>Summe:</b>   | <b>10.872 m</b> |               | <b>0 €</b> |        | <b>4.247.872 €</b> |        | <b>0 €</b> |

| <u>Wärmemengen</u>           |            |         |                |
|------------------------------|------------|---------|----------------|
| verkaufte Wärmemenge         | 10.357 MWh | 86,32%  | 10.356.874 kWh |
| Netzverluste                 | 1.642 MWh  | 13,68%  | 1.641.986 kWh  |
| bereitzustellende Wärmemenge | 11.999 MWh | 100,00% | 11.998.860 kWh |

| <u>Netzparameter</u>                              |       |
|---|-------|
| <b>Fall 1: Netztemperaturen konstant ab 5 °C</b>  |       |
| Vorlauftemperatur bis -10 °C:                     | 85 °C |
| Rücklauftemperatur bis -10 °C:                    | 60 °C |
| Vorlauftemperatur ab 5 °C:                        | 70 °C |
| Rücklauftemperatur ab 5 °C:                       | 40 °C |
| <b>Fall 2: Netztemperaturen konstant ab 10 °C</b> |       |
| Vorlauftemperatur bis -10 °C:                     | 85 °C |
| Rücklauftemperatur bis -10 °C:                    | 60 °C |
| Vorlauftemperatur ab 10 °C:                       | 70 °C |
| Rücklauftemperatur ab 10 °C:                      | 40 °C |
| <b>Fall 3: Netztemperaturen konstant ab 15 °C</b> |       |
| Vorlauftemperatur bis -10 °C:                     | 85 °C |
| Rücklauftemperatur bis -10 °C:                    | 60 °C |
| Vorlauftemperatur ab 15 °C:                       | 70 °C |
| Rücklauftemperatur ab 15 °C:                      | 40 °C |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage der Stadtwerke Neuburg

Der jährliche Netzverlust beträgt anhand der beschriebenen Rahmendaten 1.641.986 kWh bzw. 13,68 % der eingespeisten Wärmemenge. Die nachfolgende Abbildung zeigt einen Überblick über die gewählten Parameter und die sich dadurch ergebenden Größen.

**Tabelle 82: Ausgabeparameter der drei gewählten Fälle in Neuburg Nord**

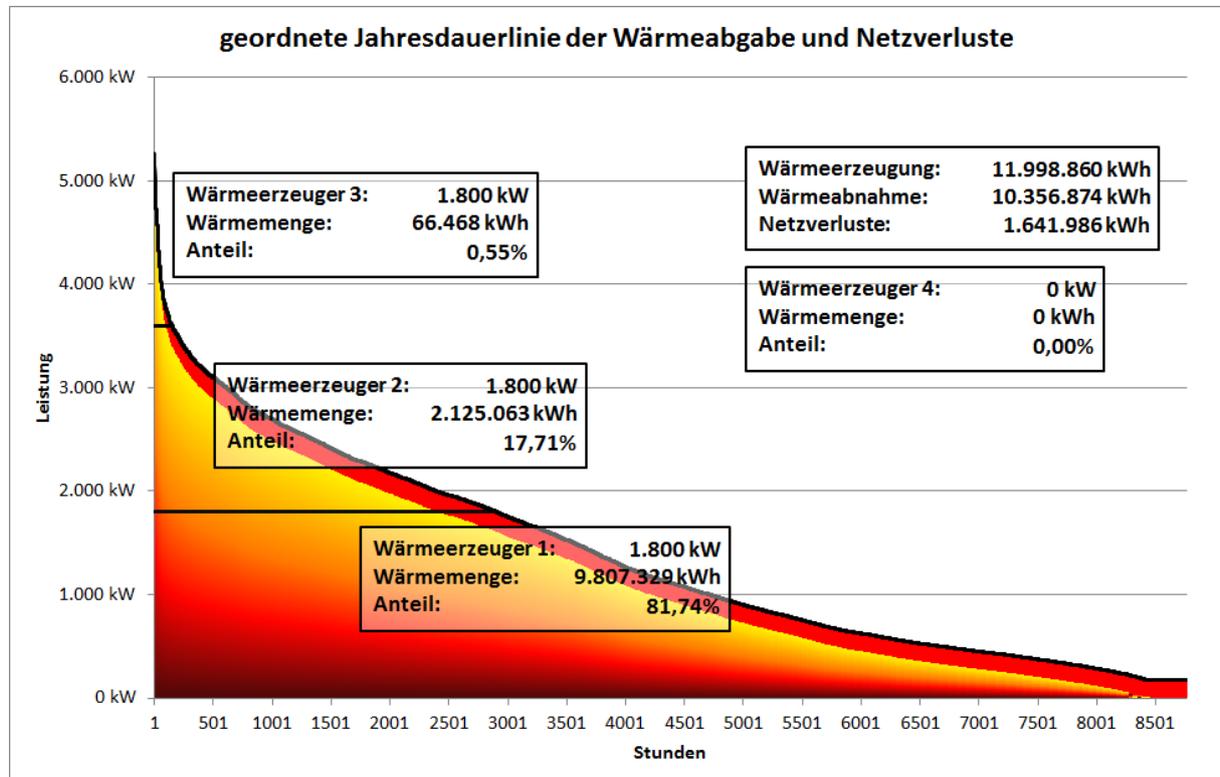
| <b>Ausgabeparameter</b>              |                           |        |                           |        |                           |        |
|--------------------------------------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| <u>Dämmung</u>                       | <u>Netzverlust Fall 1</u> |        | <u>Netzverlust Fall 2</u> |        | <u>Netzverlust Fall 3</u> |        |
| Standard                             | 1.841 MWh/a               | 15,10% | 1.898 MWh/a               | 15,49% | 1.930 MWh/a               | 15,71% |
| 1 x verstärkt                        | 1.567 MWh/a               | 13,14% | 1.615 MWh/a               | 13,49% | 1.642 MWh/a               | 13,68% |
| 2 x verstärkt                        | 1.392 MWh/a               | 11,85% | 1.435 MWh/a               | 12,17% | 1.459 MWh/a               | 12,35% |
| <u>Mittelwert</u>                    |                           |        |                           |        |                           |        |
| Vorlauf                              | 71,99 °C                  |        | 73,24 °C                  |        | 74,54 °C                  |        |
| Rücklauf                             | 42,65 °C                  |        | 44,32 °C                  |        | 44,63 °C                  |        |
| <u>Erzeugung</u>                     | <u>Fall 1</u>             |        | <u>Fall 2</u>             |        | <u>Fall 3</u>             |        |
| Standard                             | 12.198 MWh/a              |        | 12.255 MWh/a              |        | 12.286 MWh/a              |        |
| 1 x verstärkt                        | 11.924 MWh/a              |        | 11.972 MWh/a              |        | 11.999 MWh/a              |        |
| 2 x verstärkt                        | 11.749 MWh/a              |        | 11.792 MWh/a              |        | 11.816 MWh/a              |        |
| <u>Volumen des Fernwärmenetzes:</u>  |                           |        | 69.619 dm <sup>3</sup>    |        | 70 m <sup>3</sup>         |        |
| <u>Mittlerer Nenndurchmesser:</u>    |                           |        | DN 49                     |        |                           |        |
| <u>Errichtungskosten Fernwärme:</u>  |                           |        | 4.247.872 €               |        | 391 €/Trm                 |        |
| <u>Planungskosten (HOAI 1 - 9):</u>  |                           |        | 339.829,73 €              |        | 8,00%                     |        |
| <u>Gesamtkosten:</u>                 |                           |        | 4.587.701,37 €            |        | 422 €/Trm                 |        |
| <u>Förderung nach KWKG:</u>          |                           |        | 1.087.200,00 €            |        | 23,70%                    |        |
| <u>Kapitalbedarf nach Förderung:</u> |                           |        | 3.500.501,37 €            |        | 322 €/Trm                 |        |
| <u>Annuität</u>                      |                           |        | 178.593 €/a               |        |                           |        |
| Nutzungsdauer                        |                           |        | 30 Jahre                  |        |                           |        |
| Zinssatz                             |                           |        | 3,00%                     |        |                           |        |
| <u>Anteil des Wärmepreises:</u>      |                           |        | 17,24 €/MWh               |        | 1,72 Ct/kWh               |        |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage der Stadtwerke Neuburg

### 7.7.2.3 Wärmebedarfslastgang

Die folgende Grafik zeigt den resultierenden geordneten Wärmebedarfslastgang, d. h. Wärmeverbrauchslastgang inkl. Netzverluste.

**Abbildung 283: Geordnete Jahresdauerlinie der Wärmeabgabe und Netzverluste in Neuburg Nord**



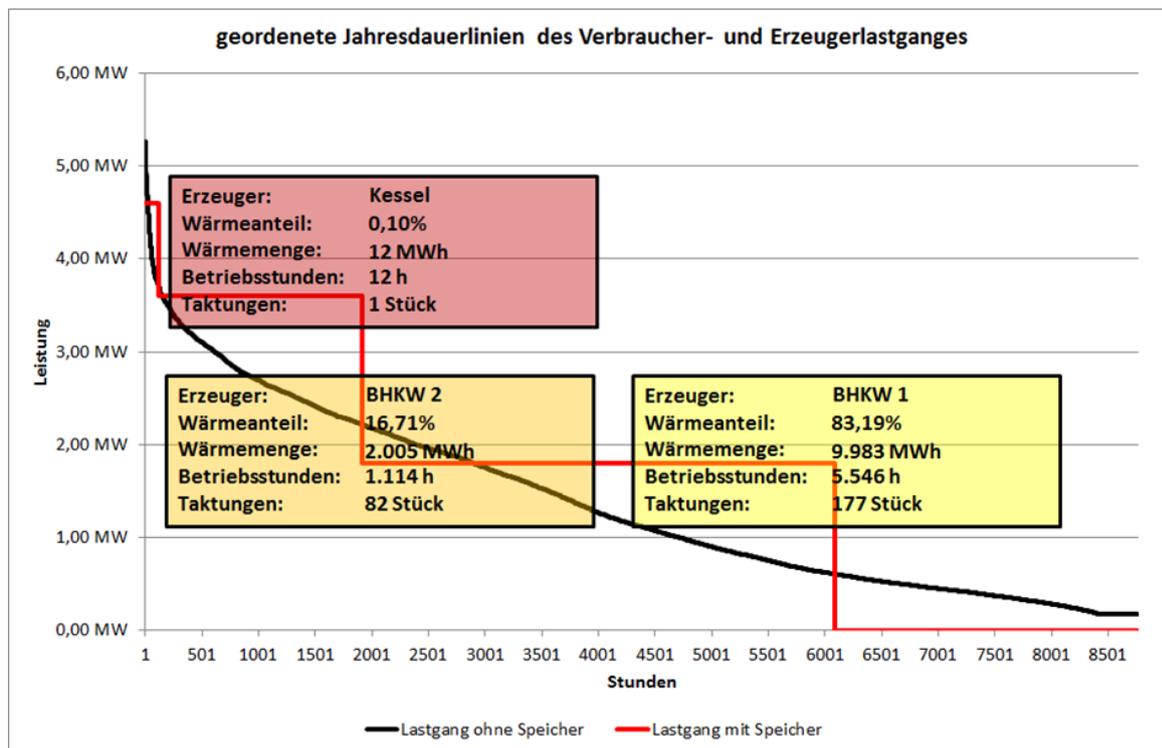
Die zur vollständigen Versorgung benötigte Erzeugerheizleistung beträgt ca. 5.400 kW<sub>th</sub>.

#### Zusammenfassung der Ergebnisse:

- **Gesamtwärmebedarf:** 11.998.860 kWh/a
- **Wärmeabsatz:** 10.356.874 kWh/a
- **Netzverluste:** 1.641.986 kWh/a
- **Erzeugerleistung:** 5.400 kW<sub>th</sub>/a

Die nachfolgende Abbildung zeigt die geordnete Jahresdauerlinie des Verbraucher- und Erzeugerlastganges. Darauf ist zu erkennen, wie die Heizleistung realisiert werden könnte. Die benötigte Leistung wird dabei von zwei BHKWs und einem Heizkessel für die Spitzenabdeckung erzeugt. Die BHKWs werden hierbei in einem Verhältnis von ca. 1:4 betrieben. Der Betrieb des Kessels fällt mit hochgerechnet 12 Betriebsstunden im Jahr sehr gering aus, ist aber dennoch nicht verzichtbar um Spitzen abzudecken und eine vorrätige Redundanz zu gewährleisten.

**Abbildung 284: Geordnete Jahresdauerlinien des Verbraucher- und Erzeugerlastganges in Neuburg Nord**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage der Stadtwerke Neuburg

Der Einsatz eines Wärmespeichers verfolgt technische wie auch wirtschaftliche Ziele. Der Verbraucherlastgang ist von außentemperatur- und tageszeitlich bedingten Verbrauchsspitzen gekennzeichnet. Bei trägen Erzeugersystemen (wie beispielsweise bei einem BHKW) treten somit oft bei der Bereitstellung von Leistungsspitzen und Schwachlast ineffiziente Betriebszustände ein, was wiederum zu einem ungünstigen Anlagenbetrieb (Taktung) oder dem (teuren) Einsatz des Reserve- und Spitzenlastsystems führt. Deshalb wird bei dieser Detailuntersuchung mit einem Wärmespeicher gerechnet.

Durch den Einsatz eines Wärmespeichers erhält man eine deutliche Vergleichmäßigung der Wärmeerzeugung, welche einen effizienten Anlagenbetrieb gewährleistet, sowie eine Reduzierung der benötigten Erzeugerleistung. Hierdurch wird auch erreicht, dass die eingesetzten Wärmeerzeuger deutlich besser ausgelastet werden und stets im optimalen Betriebszustand eingesetzt werden können.

### 7.7.2.4 Auslegung der BHKWs in Neuburg Nord

Der Lastgang wird hauptsächlich mit zwei BHKWs bewältigt. Nachfolgend sind die Auslegungsdaten dieser dargestellt.

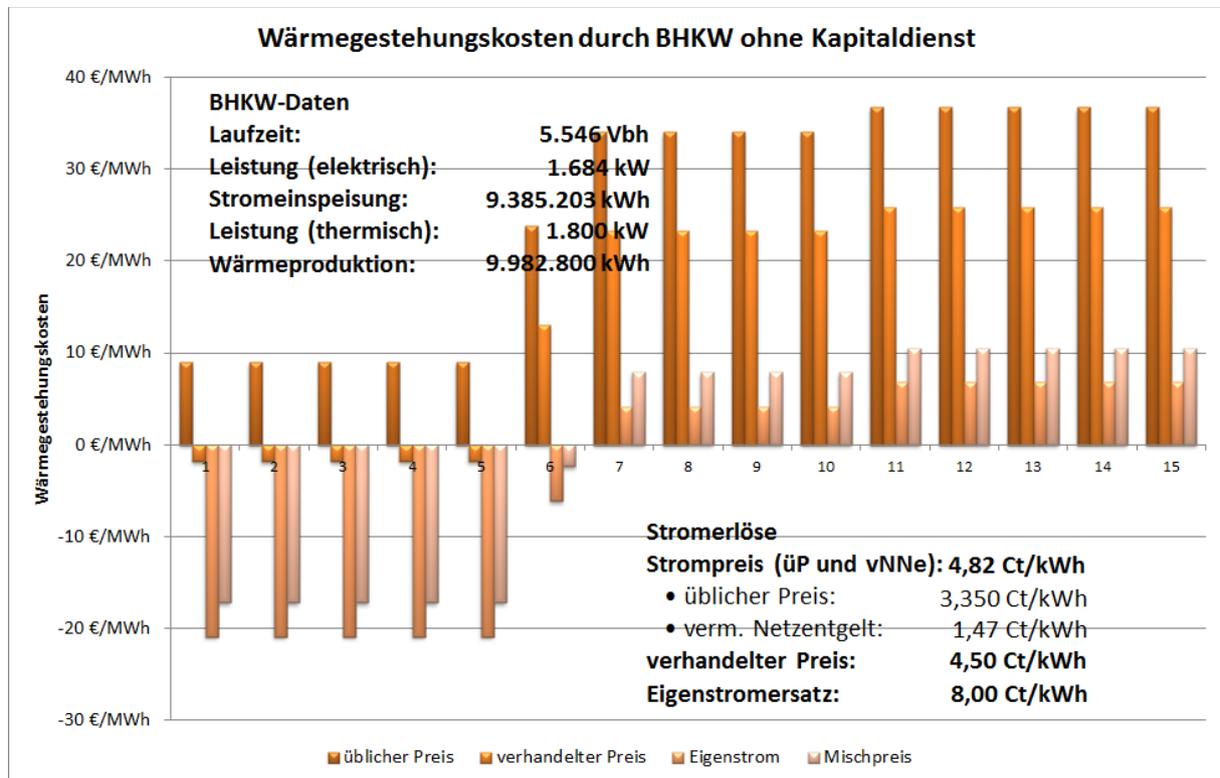
**Tabelle 83: Auslegungsdaten des BHKW1 in Neuburg Nord**

| Auslegungsdaten BHKW 1                        |                  |                                    |                    |   |                  |
|---|------------------|------------------------------------|--------------------|---|------------------|
| <b>BHKW-Daten</b>                             |                  | <b>Investitionskosten</b>          |                    | <b>Brennstoffbezugskosten</b>   |                  |
| Bruttoleistung elektrisch                     | 1.718 kW         | Kreditlaufzeit gleich              | KWK                | <b>Brennstoffkosten</b>   |                  |
| Wirkungsgrad (brutto)                         | 43,0%            | Kreditlaufzeit                     | 5 Jahre            | Strukturierungspreis  | 0,13 Ct/kWh      |
| Eigenverbrauchsleistung                       | 34 kW            | Zinssatz                           | 2,50%              | Strukturierungspreis  | 32.245 €         |
| Eigenbedarf bei Volllast                      | 2,0%             | Motor                              | 434.987 €          | Arbeitspreis (ex Steuer)  | 2,30 Ct/kWh      |
| Nettoleistung elektrisch                      | 1.684 kW         | Schalldämpfung                     | 17.586 €           | Arbeitspreis  | 570.489 €        |
| Wirkungsgrad (netto)                          | 42,1%            | Katalysator                        | 6.724 €            | Energiesteuer   | 0,55 Ct/kWh      |
| Leistung thermisch                            | 1.800 kW         | Schmierölvorsorgung                | 6.724 €            | zu verst. Brennstoff  | 0 kWh            |
| Wirkungsgrad thermisch                        | 45,0%            | Schaltschrank                      | 16.551 €           | Energiesteuerkosten   | 0 €              |
| Gesamtleistung                                | 3.518 kW         | Be- und Entlüftung                 | 26.379 €           | <b>Erdgaskosten (H<sub>2</sub>)</b>   | <b>602.734 €</b> |
| Gesamtwirkungsgrad                            | 88,0%            | Transport und Montage              | 4.138 €            |   | 2,43 Ct/kWh      |
| Erdgasverbrauch (H <sub>2</sub> )             | 3.998 kW         | Inbetriebnahme                     | 4.138 €            | <b>Netzentgelt</b>  |                  |
| Umrechnung H <sub>2</sub> /H <sub>s</sub>     | 1,1              | <b>Zwischensumme</b>               | <b>517.226 €</b>   | Arbeitspreis  | 41.420 €         |
| Erdgasverbrauch (H <sub>s</sub> )             | 4.398 kW         | Brennwertnutzung                   | 55.262 €           | Leistungspreis  | 59.085 €         |
| Vollbenutzungsstunden                         | 5.546 Vbh        | <b>Investition BHKW-Modul</b>      | <b>572.488 €</b>   | Messstellenbetrieb  | 537 €            |
| Betriebsstunden                               | 5.546 bh         | Einbindung                         | 87.329 €           | Messung   | 101 €            |
| Gesamtlaufzeit                                | 100.000 bh       | Zubehör                            | 77.625 €           | Abrechnung  | 336 €            |
| Erdgasverbrauch (H <sub>s</sub> )             | 24.803.879 kWh   | Unvorhergesehenes                  | 126.141 €          | Konzessionsabgabe   | 0 €              |
| Stromerzeugung (brutto)                       | 9.528.123 kWh    | Planung, Genehmigung, ...          | 106.735 €          | <b>Erdgasnetzkosten</b>   | <b>101.479 €</b> |
| Eigenbedarf BHKW                              | 142.920 kWh      | <b>Gesamtinvestition BHKW</b>      | <b>970.318 €</b>   |   | 0,41 Ct/kWh      |
| Stromerzeugung (netto)                        | 9.385.203 kWh    | Transformatorstation               | 70.000 €           | <b>Brennstoffbezugskosten</b>   |                  |
| Nutzwärmeerzeugung                            | 9.982.800 kWh    | <b>Gesamtinvestition</b>           | <b>1.040.318 €</b> | <b>704.213 €</b>  |                  |
|   |                  |                                    |                    | 2,84 Ct/kWh   |                  |
| <b>Betriebskosten</b>                         |                  | <b>KWK-Vergütung</b>               |                    | <b>Erlöse bei üblichen Preis (üP)</b>   |                  |
| Personalkosten (ex. G & I)                    | 0 €              | <b>KWK-Vergütung (30.000 Vbh)</b>  |                    | Einspeisung in  | MS               |
| Sonstige Kosten                               | 0 €              | KWK-Strommenge                     | 9.385.203 kWh      | Jahresbenutzungsdauer   | ab 2.500 h       |
| <b>Generalüberholungskosten</b>               |                  | Nettoleistung                      | 1.684 kW           | <b>vermiedenes Netznutzungsentgelt bei üP</b>   |                  |
| Generalüberholung                             | 97,62 €/kW       | Vollbenutzungsstunden              | 5.574 Vbh          | Leistungspreis  | 68,29 €/kW/a     |
| Generalüberholung                             | 167.703 €        | <b>Leistungsanteil (nach BDEW)</b> |                    | Leistungspreis  | 114.976 €        |
| Intervall                                     | 64.000 bh        | bis 50 kW                          | 81.150 €           | Arbeitspreis  | 0,24 Ct/kWh      |
| Kosten je Betriebsstunde                      | 2,62 €/bh        | größer 50 kW bis 250 kW            | 240.000 €          | Arbeitspreis  | 22.524 €         |
| <b>Kosten pro Jahr</b>                        | <b>14.533 €</b>  | größer 250 kW bis 2.000 kW         | 1.032.221 €        | <b>137.500 €</b>  |                  |
| <b>Instandhaltungskosten</b>                  |                  | ab 2.000 kW                        | 0 €                | <b>Erlöse vNNE bei üP</b>   |                  |
| Instandhaltung                                | 0,77 Ct/kWh      | <b>KWK-Vergütung</b>               | <b>250.196 €/a</b> | 1,47 Ct/kWh   |                  |
| <b>Kosten pro Jahr</b>                        | <b>73.111 €</b>  | (Vergütung pro Jahr)               | 2,67 Ct/kWh        | <b>Stromvermarktung</b>   |                  |
| <b>Gesamtkosten</b>                           | <b>87.644 €</b>  | <b>KWK-Gesamtvergütung</b>         | <b>1.353.371 €</b> | Öffentliches Netz (üP)  | 3,350 Ct/kWh     |
|   |                  | (während der 30.000 Vbh)           | 2,68 Ct/kWh        | <b>Erlöse üblicher Preis</b>  | <b>451.905 €</b> |
|   | 0,93 Ct/kWh      |                                    |                    | 4,82 Ct/kWh   |                  |
| <b>Erlöse vNEE bei Mischpreis</b>             |                  | <b>Erlöse bei Mischpreis</b>       |                    | <b>Erlöse bei vP und ES</b>   |                  |
| Einspeisung in                                | MS               | <b>Stromvermarktung</b>            |                    | <b>Stromvermarktung</b>   |                  |
| Jahresbenutzungsdauer                         | ab 2.500 h       | Mischpreis (MP)                    | 6,25 Ct/kWh        | Öffentliches Netz (vP)  | 4,50 Ct/kWh      |
| <b>vermiedenes Netznutzungsentgelt bei MP</b> |                  | Anteil üblicher Preis              | 0,00%              | <b>422.334 €</b>  |                  |
| Leistungspreis                                | 68,29 €/kW/a     | Anteil verhand. Preis              | 50,00%             | 4,50 Ct/kWh   |                  |
| Leistungspreis                                | 115.564 €        | Anteil Eigenverbrauch              | 50,00%             | <b>Eigenverbrauch (EP)</b>  |                  |
| Arbeitspreis                                  | 0,24 Ct/kWh      | <b>Erlöse vNNE</b>                 |                    | <b>8,00 Ct/kWh</b>  |                  |
| Arbeitspreis                                  | 11.262 €         | 126.826 €                          |                    | <b>Erlöse Eigenverbrauch</b>  |                  |
| <b>Erlöse vNNE</b>                            | <b>126.826 €</b> | 1,35 Ct/kWh                        |                    | <b>750.816 €</b>  |                  |
|   |                  | 1,35 Ct/kWh                        |                    | 8,00 Ct/kWh   |                  |
|   |                  | <b>Erlöse Mischpreis</b>           |                    | Bei einem verhandelten Preis, sind im Regelfall die vermiedenen Netznutzungsentgelte bereits entfallen. |                  |
|   |                  | 713.401 €                          |                    |   |                  |
|   |                  | 7,60 Ct/kWh                        |                    |   |                  |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage der Stadtwerke Neuburg

In folgender Abbildung sind die Wärmegestehungskosten nur für das erste BHKW abgebildet. Hierbei muss aber beachtet werden, dass der Kapitaldienst nicht mit berücksichtigt wurde.

**Abbildung 285: Wärmegestehungskosten durch das BHKW 1 ohne Kapitaldienst in Neuburg Nord**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage der Stadtwerke Neuburg

In den beiden nachfolgenden Abbildungen sind die Auslegungsdaten sowie die Wärmegestehungskosten für das zweite BHKW abgebildet. Hierbei muss beachtet werden, dass dieses BHKW nur 1.114 Vbh hat und dadurch sowohl eine deutlich geringe Stromeinspeisung als auch Wärmeproduktion vorweist.

Die Funktionsweise der Anlage wurde wie folgt hinterlegt:

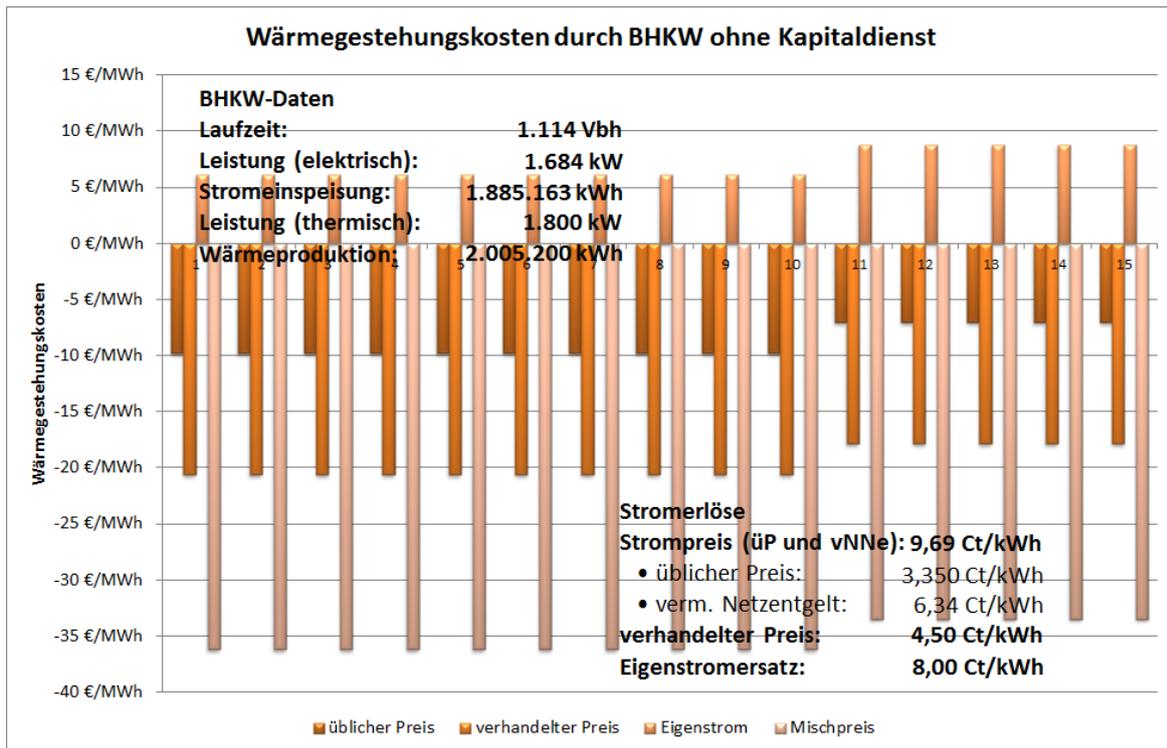
- Das BHKW wird aus Effizienz- und Kostengründen ausschließlich im Volllastbetrieb betrieben. Diese Fahrweise wird durch die installierten Wärmespeicher ermöglicht. Der vom BHKW erzeugte Strom wird in das öffentliche Netz eingespeist und nach dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz vergütet.
- Die erzeugte Wärme wird direkt in das Wärmenetz gespeist oder im Wärmespeicher „zwischen gespeichert“.
- Die Restwärmemenge wird durch die Erdgaskesselanlage bereitgestellt.

Tabelle 84: Auslegungsdaten des zweiten BHKWs in Neuburg - Nord

| Auslegungsdaten BHKW 2                        |                  |                                    |                    |   |                  |
|---|------------------|------------------------------------|--------------------|---|------------------|
| <b>BHKW-Daten</b>                             |                  | <b>Investitionskosten</b>          |                    | <b>Brennstoffbezugskosten</b>   |                  |
| Bruttolleistung elektrisch                    | 1.718 kW         | Kreditlaufzeit gleich              | KWK                | <b>Brennstoffkosten</b>   |                  |
| Wirkungsgrad (brutto)                         | 43,0%            | Kreditlaufzeit                     | 27 Jahre           | Strukturierungspreis  | 0,13 Ct/kWh      |
| Eigenverbrauchsleistung                       | 34 kW            | Zinssatz                           | 2,50%              | Strukturierungspreis  | 6.544 €          |
| Eigenbedarf bei Volllast                      | 2,0%             | Motor                              | 434.987 €          | Arbeitspreis (ex Steuer)  | 2,30 Ct/kWh      |
| Nettolleistung elektrisch                     | 1.684 kW         | Schalldämpfung                     | 17.586 €           | Arbeitspreis  | 115.777 €        |
| Wirkungsgrad (netto)                          | 42,1%            | Katalysator                        | 6.724 €            | Energiesteuer   | 0,55 Ct/kWh      |
| Leistung thermisch                            | 1.800 kW         | Schmierölvorsorgung                | 6.724 €            | zu verst. Brennstoff  | 0 kWh            |
| Wirkungsgrad thermisch                        | 45,0%            | Schaltschrank                      | 16.551 €           | Energiesteuerkosten   | 0 €              |
| Gesamtleistung                                | 3.518 kW         | Be- und Entlüftung                 | 26.379 €           | <b>Erdgaskosten (H<sub>2</sub>)</b>   | <b>122.320 €</b> |
| Gesamtwirkungsgrad                            | 88,0%            | Transport und Montage              | 4.138 €            |   | 2,43 Ct/kWh      |
| Erdgasverbrauch (H <sub>1</sub> )             | 3.998 kW         | Inbetriebnahme                     | 4.138 €            | <b>Netzentgelt</b>  |                  |
| Umrechnung H <sub>1</sub> /H <sub>5</sub>     | 1,1              | <b>Zwischensumme</b>               | <b>517.226 €</b>   | Arbeitspreis  | 13.298 €         |
| Erdgasverbrauch (H <sub>2</sub> )             | 4.398 kW         | Brennwertnutzung                   | 55.262 €           | Leistungspreis  | 59.085 €         |
| Vollbenutzungsstunden                         | 1.114 Vbh        | <b>Investition BHKW-Modul</b>      | <b>572.488 €</b>   | Messstellenbetrieb  | 537 €            |
| Betriebsstunden                               | 1.114 bh         | Einbindung                         | 87.329 €           | Messung   | 101 €            |
| Gesamtlaufzeit                                | 100.000 bh       | Zubehör                            | 77.625 €           | Abrechnung  | 336 €            |
| Erdgasverbrauch (H <sub>2</sub> )             | 5.033.764 kWh    | Unvorhergesehenes                  | 126.141 €          | Konzessionsabgabe   | 0 €              |
| Stromerzeugung (brutto)                       | 1.913.871 kWh    | Planung, Genehmigung, ...          | 106.735 €          | <b>Erdgasnetzkosten</b>   | <b>73.357 €</b>  |
| Eigenbedarf BHKW                              | 28.708 kWh       | <b>Gesamtinvestition BHKW</b>      | <b>970.318 €</b>   |   | 1,46 Ct/kWh      |
| Stromerzeugung (netto)                        | 1.885.163 kWh    | Transformatorstation               | 70.000 €           | <b>Brennstoffbezugskosten</b>   | <b>195.678 €</b> |
| Nutzwärmeerzeugung                            | 2.005.200 kWh    | <b>Gesamtinvestition</b>           | <b>1.040.318 €</b> |   | 3,89 Ct/kWh      |
| <b>Betriebskosten</b>                         |                  | <b>KWK-Vergütung</b>               |                    | <b>Erlöse bei üblichen Preis (üP)</b>   |                  |
| Personalkosten (ex. G & I)                    | 0 €              | <b>KWK-Vergütung (30.000 Vbh)</b>  |                    | Einspeisung in  | MS               |
| Sonstige Kosten                               | 0 €              | KWK-Strommenge                     | 1.885.163 kWh      | Jahresbenutzungsdauer   | ab 2.500 h       |
| <b>Generalüberholungskosten</b>               |                  | Nettolleistung                     | 1.684 kW           | <b>vermiedenes Netznutzungsentgelt bei üP</b>   |                  |
| Generalüberholung                             | 97,62 €/kW       | Vollbenutzungsstunden              | 1.120 Vbh          | Leistungspreis  | 68,29 €/kW/a     |
| Generalüberholung                             | 167.703 €        | <b>Leistungsanteil (nach BDEW)</b> |                    | Leistungspreis  | 114.976 €        |
| Intervall                                     | 64.000 bh        | bis 50 kW                          | 81.150 €           | Arbeitspreis  | 0,24 Ct/kWh      |
| Kosten je Betriebsstunde                      | 2,62 €/bh        | größer 50 kW bis 250 kW            | 240.000 €          | Arbeitspreis  | 4.524 €          |
| <b>Kosten pro Jahr</b>                        | <b>2.919 €</b>   | größer 250 kW bis 2.000 kW         | 1.032.221 €        | <b>Erlöse vNNE bei üP</b>   | <b>119.500 €</b> |
| <b>Instandhaltungskosten</b>                  |                  | ab 2.000 kW                        | 0 €                |   | 6,34 Ct/kWh      |
| Instandhaltung                                | 0,77 Ct/kWh      | <b>KWK-Vergütung</b>               | <b>50.256 €/a</b>  | <b>Stromvermarktung</b>   |                  |
| <b>Kosten pro Jahr</b>                        | <b>14.686 €</b>  | (Vergütung pro Jahr)               | 2,67 Ct/kWh        | Öffentliches Netz (üP)  | 3,350 Ct/kWh     |
| <b>Gesamtkosten</b>                           | <b>17.605 €</b>  | <b>KWK-Gesamtvergütung</b>         | <b>1.353.371 €</b> | <b>Erlöse üblicher Preis</b>  | <b>182.653 €</b> |
|   | 0,93 Ct/kWh      | (während der 30.000 Vbh)           | 2,68 Ct/kWh        |   | 9,69 Ct/kWh      |
| <b>Erlöse vNEE bei Mischpreis</b>             |                  | <b>Erlöse bei Mischpreis</b>       |                    | <b>Erlöse bei vP und ES</b>   |                  |
| Einspeisung in                                | MS               | <b>Stromvermarktung</b>            |                    | <b>Stromvermarktung</b>   |                  |
| Jahresbenutzungsdauer                         | ab 2.500 h       | Mischpreis (MP)                    | 6,25 Ct/kWh        | Öffentliches Netz (vP)  | 4,50 Ct/kWh      |
| <b>vermiedenes Netznutzungsentgelt bei MP</b> |                  | Anteil üblicher Preis              | 0,00%              | <b>Erlöse verhandelter Preis</b>  | <b>84.832 €</b>  |
| Leistungspreis                                | 68,29 €/kW/a     | Anteil verhand. Preis              | 50,00%             |   | 4,50 Ct/kWh      |
| Leistungspreis                                | 115.564 €        | Anteil Eigenverbrauch              | 50,00%             | Eigenverbrauch (EP)   | 8,00 Ct/kWh      |
| Arbeitspreis                                  | 0,24 Ct/kWh      | <b>Erlöse vNNE</b>                 | <b>117.826 €</b>   | <b>Erlöse Eigenverbrauch</b>  | <b>150.813 €</b> |
| Arbeitspreis                                  | 2.262 €          |                                    | 6,25 Ct/kWh        |   | 8,00 Ct/kWh      |
| <b>Erlöse vNNE</b>                            | <b>117.826 €</b> | <b>Erlöse Mischpreis</b>           | <b>235.648 €</b>   | Bei einem verhandelten Preis, sind im Regelfall die vermiedenen Netznutzungsentgelte bereits entfallen. |                  |
|   | 6,25 Ct/kWh      |                                    | 12,50 Ct/kWh       |   |                  |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage der Stadtwerke Neuburg

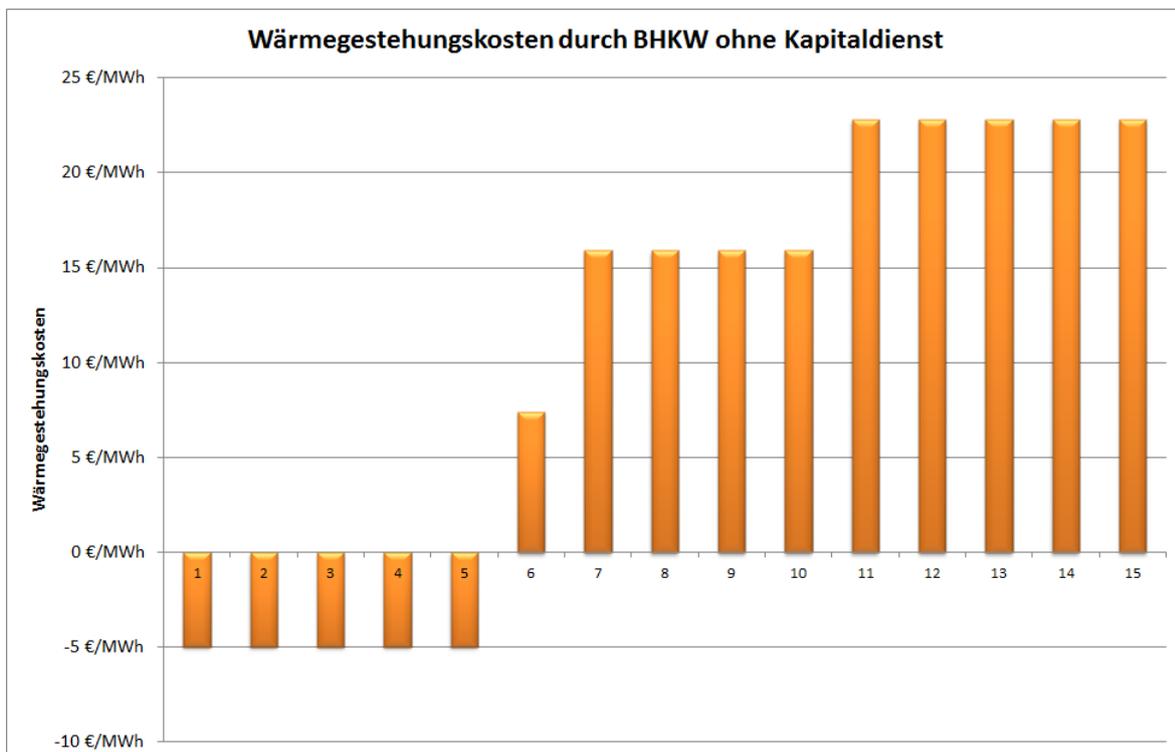
Abbildung 286: Wärmegestehungskosten durch das BHKW 2 ohne Kapitaldienst



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage der Stadtwerke Neuburg

Abschließend sind die Wärmegestehungskosten der beiden BHKWs ohne Kapitaldienst kombiniert dargestellt. Hier kann man herauslesen, dass ab dem 11. Betriebsjahr die Wärmegestehungskosten bei 22,80 €/MWh liegen.

Abbildung 287: Wärmegestehungskosten durch die BHKWs ohne Kapitaldienst



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage der Stadtwerke Neuburg

### 7.7.2.5 Investitionskostenprognose

Die Investitionskosten für die Erzeugungsanlagen können, je nach Auflagen und Wahl der Technik, anhand der Ausführung, der Qualität und den Anforderungen, welche an die Anlage gestellt werden, in erheblichem Umfang variieren.

Folgende Kosten (inkl. Planung) wurden für die Betrachtung angesetzt:

**Tabelle 85: Investitionsprognose Heizwerk Neuburg Nord**

| <b><u>Investitionskostenprognose</u></b> |  | <b>Heizwerk</b> |                     |                     |
|--|--|-----------------|---------------------|---------------------|
|  |  | <b>Netto</b>    | <b>4.837.193,23</b> |                     |
|  |  | <b>MwSt.</b>    | 919.066,71          |                     |
|  |  | <b>Brutto</b>   | 5.756.259,95        |                     |
| <b>Bezeichnung</b>                       |  | <b>Menge</b>    | <b>Einzelpreis</b>  | <b>Gesamtpreis</b>  |
| <b>01</b>                                | <b>Blockheizkraftwerk</b>                  |                 |                     | <b>1.339.345,20</b> |
| <b>01 01</b>                             | <b>Blockheizkraftwerk</b>                  |                 |                     | <b>1.280.000,00</b> |
| <b>01 02</b>                             | <b>Gasregelanlage</b>                      |                 |                     | <b>19.600,00</b>    |
| <b>01 03</b>                             | <b>Notkühleinrichtung</b>                  |                 |                     | <b>39.745,20</b>    |
| <b>02</b>                                | <b>Heißwasserkesselanlage</b>              |                 |                     | <b>165.580,80</b>   |
| <b>02 01</b>                             | <b>Heißwasserkessel, 5,0 MW</b>            |                 |                     | <b>155.780,80</b>   |
| <b>02 02</b>                             | <b>Gasregelanlage</b>                      |                 |                     | <b>9.800,00</b>     |
| <b>03</b>                                | <b>Abgasanlage</b>                         |                 |                     | <b>70.300,00</b>    |
| <b>03 01</b>                             | <b>Abgasanlage BHKW</b>                    |                 |                     | <b>25.400,00</b>    |
| <b>03 02</b>                             | <b>Abgasanlage Heißwasserkessel</b>        |                 |                     | <b>44.900,00</b>    |
| <b>04</b>                                | <b>Gasversorgung</b>                       |                 |                     | <b>143.500,00</b>   |
| <b>04 01</b>                             | <b>Anbindung an das Gasversorgungsnetz</b> |                 |                     | <b>143.500,00</b>   |
| <b>05</b>                                | <b>Fernwärmebetriebstechnik</b>            |                 |                     | <b>702.380,80</b>   |
| <b>05 01</b>                             | <b>Netzpumpen</b>                          |                 |                     | <b>88.000,00</b>    |
| <b>05 02</b>                             | <b>Wasseraufbereitung</b>                  |                 |                     | <b>49.000,00</b>    |
| <b>05 03</b>                             | <b>Druckhalteanlage</b>                    |                 |                     | <b>145.780,80</b>   |
| <b>05 04</b>                             | <b>Ausrüstungsgegenstände</b>              |                 |                     | <b>19.600,00</b>    |
| <b>05 05</b>                             | <b>Fernwärmespeicher</b>                   |                 |                     | <b>400.000,00</b>   |
| <b>06</b>                                | <b>Anlagenbau</b>                          |                 |                     | <b>444.600,00</b>   |
| <b>06 01</b>                             | <b>Rohrleitungsbau</b>                     |                 |                     | <b>294.600,00</b>   |
| <b>06 02</b>                             | <b>Lüftungsanlage</b>                      |                 |                     | <b>150.000,00</b>   |
| <b>07</b>                                | <b>Elektro- und MSR</b>                    |                 |                     | <b>586.873,45</b>   |
| <b>07 01</b>                             | <b>Mittelspannungsschaltanlage</b>         |                 |                     | <b>125.978,00</b>   |
| <b>07 02</b>                             | <b>Niederspannungshauptverteilung</b>      |                 |                     | <b>321.632,06</b>   |
| <b>07 03</b>                             | <b>Pumpensteuerung</b>                     |                 |                     | <b>20.990,90</b>    |
| <b>07 04</b>                             | <b>Prozessleitsystem</b>                   |                 |                     | <b>57.125,00</b>    |
| <b>07 05</b>                             | <b>Mess- Steuer- und Regelungstechnik</b>  |                 |                     | <b>39.537,49</b>    |
| <b>07 06</b>                             | <b>Kabelwege</b>                           |                 |                     | <b>21.610,00</b>    |
| <b>08</b>                                | <b>Bauleistungen</b>                       |                 |                     | <b>928.325,77</b>   |
| <b>08 01</b>                             | <b>Gründung und Fundamente</b>             |                 |                     | <b>163.058,60</b>   |
| <b>08 02</b>                             | <b>Erschließung</b>                        |                 |                     | <b>30.786,34</b>    |

|       |  |                 |
|-------|--|-----------------|
| 08 03 | Gebäude                                  | 586.000,10      |
| 08 04 | Technische Anlagen                       | 15.000,00       |
| 08 05 | Außenanlagen                             | 121.105,73      |
| 08 06 | Fassadenbegrünung                        | 12.375,00       |
| 09    | Sonstiges                                | 33.500,00       |
| 09 01 | Inbetriebsetzung der Gesamtanlage        | 29.000,00       |
| 09 02 | Farbgebung und Beschilderung             | 4.500,00        |
| 10    | Ingenieurdienstleistungen                | 282.734,86      |
| 10 01 | Planungsphasen 1 bis 4 gemäß HOAI        | 89.600,00       |
| 10 02 | Planungsphasen 5 bis 9 gemäß HOAI        | 141.000,00      |
| 10 03 | Planung Außenanlagen                     | 16.000,00       |
| 10 04 | Planung Medien- und Versorgungsleitungen | 4.800,00        |
| 10 05 | Externe Gutachten                        | 31.334,86       |
| 11    | Genehmigungsgebühren                     | 22.072,03       |
| 12    | Reserve für Unvorhergesehenes            | 2,5% 117.980,32 |

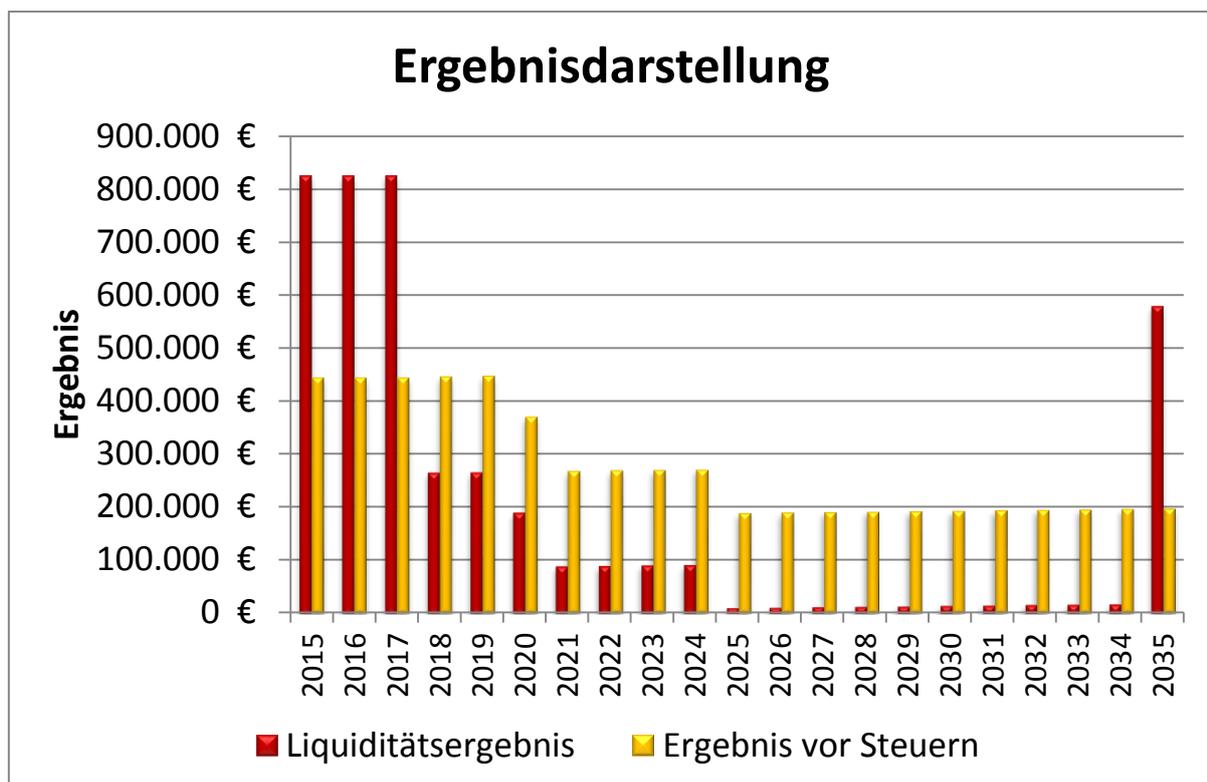
Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage der Stadtwerke Neuburg

### 7.7.2.6 Ergebnisdarstellung

Bei einer abgesetzten Wärmemenge von **10.356.874 kWh/a** und einem angesetzten Mischpreis von **11,00 Ct/kWh**, betragen die jährlichen Einnahmen aus dem Wärmeabsatz in Neuburg Nord **1.139.256,17 €**.

Die folgende Grafik zeigt das Liquiditätsergebnis sowie das Ergebnis vor Steuern des beschriebenen Konzeptes, in Abhängigkeit vom Aufwuchsplan. Detaillierte Informationen sind den Anlagen zu entnehmen.

Abbildung 288: Ergebnisdarstellung für das Heizwerk Neuburg Nord



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage der Stadtwerke Neuburg

## 7.7.3 Versorgungsgebiet Hessellohe und Ried

### 7.7.3.1 Grundlagen

Die Ortsteile Hessellohe und Ried liegen im Norden von Neuburg. Sie sind dadurch gekennzeichnet, dass sie etwas weiter vom Stadtkern entfernt liegen. Bisher sind diese beiden Ortsteile nicht mit in die Betrachtung einbezogen worden, sie an das geplante Wärmenetz von Neuburg an der Donau anzuschließen.

**Abbildung 289: Lage der Ortsteile Hessellohe und Ried (rot umrandet)**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von geoportal.bayern

Die folgende Ausarbeitung basiert zum Großteil auf den durch die Stadtwerke und ehemalige Wärmeversorgung Neuburg GmbH ermittelten Daten sowie auf einer gezielten Hochrechnung der noch fehlenden Daten anhand von Baujahr, beheizter Grundfläche und der Anzahl der Stockwerke in den Gebäuden. Ausgehend von diesen Informationen wurde die jeweils benötigte Heizleistung je Gebäude (ohne Brauchwarmwasserbereitung) ermittelt. Angesetzt wurden hierbei  $50 \text{ W/m}^2$  Nutzfläche, wodurch sich ein Leistungsbedarf zwischen  $6 \text{ kW}_{\text{th}}$  und  $260 \text{ kW}_{\text{th}}$  ergeben hat. Für die Hallen wurde eine Heizlast zwischen  $85$  und  $100 \text{ W/m}^2$  Nutzfläche angesetzt, wodurch sich ein Leistungsbedarf zwischen  $30 \text{ kW}_{\text{th}}$  und  $408 \text{ kW}_{\text{th}}$  errechnet hat. Hierfür wurde die Anzahl der zu versorgenden Gebäude mit der jeweiligen Nutzfläche, der voraussichtlichen Nutzung, sowie dem geplanten Aufwuchs berücksichtigt.

Der anzunehmende Wärmeverbrauch wurde ausgehend von der jeweiligen Heizleistung und Nutzung der Gebäude mittels der angegebenen Vollbenutzungsstunden (Vbh) ermittelt. Angesetzt wurden zwischen 1.000 Vbh und 2.000 Vbh. Hierbei sei erwähnt, dass vor allem im Neubaubereich der Reihen-, Ein- und Zweifamilienhäuser in der Regel eine hohe Schwankungsbreite besteht. Das Nutzerverhalten, sowie die Anzahl der Bewohner haben hier einen besonders starken Einfluss auf den Wärmeverbrauch (insbesondere auf die Brauchwarmwasserbereitung). So kann in der Realität meist eine deutliche Differenz bei den Verbräuchen von Einpersonenhaushalten, Familien oder Rentnern beobachtet werden.

Für die betrachteten Hallen wurden 1.500 Vbh angesetzt. Es ist leicht einzusehen, dass sowohl die benötigte Heizleistung wie auch der Wärmeverbrauch entscheidend von der Nutzung abhängen.

Zusammenfassung der Daten- bzw. Berechnungsgrundlage:

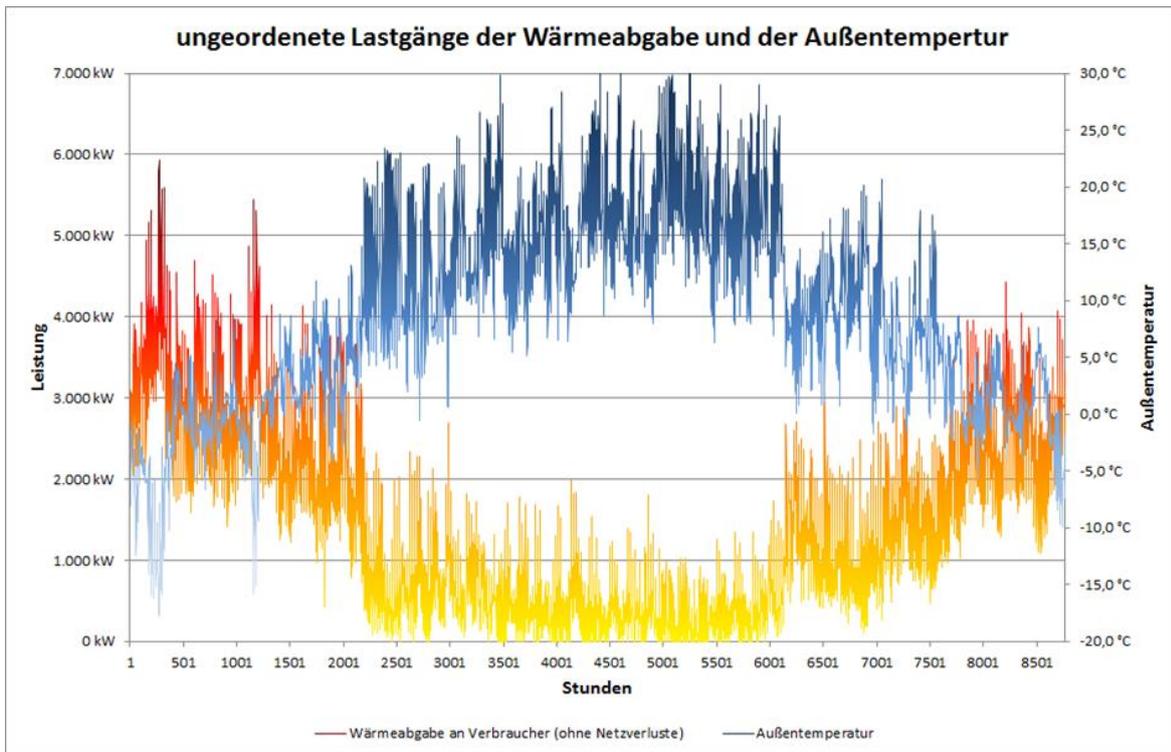
- Anzahl der Objekte: 335 Gebäude
- Gesamtanschlussleistung: 4.540 kW<sub>th</sub>
- Gesamtwärmeverbrauch: 8.667.393 kWh

### 7.7.3.2 Lastgangermittlung

Unter Verwendung der beschriebenen Datengrundlage wurden anhand eines bestehenden Wärmenetzes mit ähnlicher Versorgungsstruktur der Verbrauchslastgang der Wärmekunden (ohne Netzverluste) sowie die zugehörige Außentemperatur dargestellt.

Die gleichzeitige Leistungsabnahme der betrachteten Wärmekunden wurde mit ca. 5.952 kW ermittelt. Die Differenz der installierten Anschlussleistung zur maximalen Leistungsabnahme resultiert aus der bereitzustellenden Leistung für die Trinkwasserbereitung (TWB) in jedem Objekt sowie dem unterschiedlichen Nutzerverhalten der Wärmekunden (Gleichzeitigkeitsfaktor). Zu beachten ist jedoch, dass bei einem Netz dieser Größe die installierte Erzeugerleistung aus Sicherheitsgründen in etwa der der Anschlussleistung entsprechen sollte.

**Abbildung 290: Ungeordnete Lastgänge der Wärmeabgabe und Außentemperatur in Hesseloh / Ried**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage der Stadtwerke Neuburg

Die Auslegung des Wärmenetzes erfolgt auf Grundlage der ermittelten Heizleistungen, der entworfenen Trasse geometrie sowie der zu erwartenden Betriebsparameter. Für die Abnahmelast wurde ein Lastgang mit 85% Gleichzeitigkeit zu Grunde gelegt. Die Fließgeschwindigkeiten bzw. Druckverluste im Rohr sind nach geltenden Regeln konservativ ausgelegt.

Bei der Netzlänge wurden je Anschluss 2,0 m für die Anbindung der Wärmeübergabestation an das Wärmenetz berücksichtigt.

Die wesentlichen Netzdaten im Auslegungsfall sind:

|                     |            |
|---------------------|------------|
| Netzlänge:          | 12.597 m   |
| Vorlauftemperatur:  | max. 85 °C |
| Rücklauftemperatur: | max. 40 °C |

Folgende Tabelle zeigt die gewählten Längen und Durchmesser, welche für das Rohrleitungsnetz benötigt werden. Außerdem werden die Netzparameter bei drei möglichen Fällen dargestellt.

**Tabelle 86: Trassenmeter der verwendeten Rohrdimensionierung für das Fernwärmenetz Hessellohe / Ried**

| Nennweite     | Länge           | Investitionen |            |        |                    |        |            |
|---------------|-----------------|---------------|------------|--------|--------------------|--------|------------|
|               |                 | leicht        |            | mittel |                    | schwer |            |
| DN 20         | 0 m             | 0%            | 0 €        | 100%   | 0 €                | 0%     | 0 €        |
| DN 25         | 4.395 m         | 0%            | 0 €        | 100%   | 1.538.091 €        | 0%     | 0 €        |
| DN 32         | 2.197 m         | 0%            | 0 €        | 100%   | 775.637 €          | 0%     | 0 €        |
| DN 40         | 2.197 m         | 0%            | 0 €        | 100%   | 806.399 €          | 0%     | 0 €        |
| DN 50         | 1.099 m         | 0%            | 0 €        | 100%   | 418.580 €          | 0%     | 0 €        |
| DN 65         | 549 m           | 0%            | 0 €        | 100%   | 224.122 €          | 0%     | 0 €        |
| DN 80         | 549 m           | 0%            | 0 €        | 100%   | 241.151 €          | 0%     | 0 €        |
| DN 100        | 549 m           | 0%            | 0 €        | 100%   | 276.307 €          | 0%     | 0 €        |
| DN 125        | 549 m           | 0%            | 0 €        | 100%   | 308.168 €          | 0%     | 0 €        |
| DN 150        | 512 m           | 0%            | 0 €        | 100%   | 314.368 €          | 0%     | 0 €        |
| DN 200        | 0 m             | 0%            | 0 €        | 100%   | 0 €                | 0%     | 0 €        |
| DN 250        | 0 m             | 0%            | 0 €        | 100%   | 0 €                | 0%     | 0 €        |
| DN 300        | 0 m             | 0%            | 0 €        | 100%   | 0 €                | 0%     | 0 €        |
| DN 350        | 0 m             | 0%            | 0 €        | 100%   | 0 €                | 0%     | 0 €        |
| DN 400        | 0 m             | 0%            | 0 €        | 100%   | 0 €                | 0%     | 0 €        |
| DN 450        | 0 m             | 0%            | 0 €        | 100%   | 0 €                | 0%     | 0 €        |
| DN 500        | 0 m             | 0%            | 0 €        | 100%   | 0 €                | 0%     | 0 €        |
| <b>Summe:</b> | <b>12.597 m</b> |               | <b>0 €</b> |        | <b>4.902.823 €</b> |        | <b>0 €</b> |

#### Wärmemengen

|                              |            |         |                |
|------------------------------|------------|---------|----------------|
| verkaufte Wärmemenge         | 8.667 MWh  | 82,07%  | 8.667.393 kWh  |
| Netzverluste                 | 1.893 MWh  | 17,93%  | 1.893.064 kWh  |
| bereitzustellende Wärmemenge | 10.560 MWh | 100,00% | 10.560.457 kWh |

#### Netzparameter

##### **Fall 1: Netztemperaturen konstant ab 5 °C**

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| Vorlauftemperatur bis -10 °C:  | 85 °C |
| Rücklauftemperatur bis -10 °C: | 60 °C |
| Vorlauftemperatur ab 5 °C:     | 70 °C |
| Rücklauftemperatur ab 5 °C:    | 40 °C |

##### **Fall 2: Netztemperaturen konstant ab 10 °C**

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| Vorlauftemperatur bis -10 °C:  | 85 °C |
| Rücklauftemperatur bis -10 °C: | 60 °C |
| Vorlauftemperatur ab 10 °C:    | 70 °C |
| Rücklauftemperatur ab 10 °C:   | 40 °C |

##### **Fall 3: Netztemperaturen konstant ab 15 °C**

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| Vorlauftemperatur bis -10 °C:  | 85 °C |
| Rücklauftemperatur bis -10 °C: | 60 °C |
| Vorlauftemperatur ab 15 °C:    | 70 °C |
| Rücklauftemperatur ab 15 °C:   | 40 °C |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlagen der Stadtwerke Neuburg

Der jährliche Netzverlust beträgt anhand der beschriebenen Rahmendaten 1.893.064 kWh bzw. 17,93 % der eingespeisten Wärmemenge. Die nachfolgende Tabelle zeigt einen Überblick über die gewählten Parameter und die sich dadurch ergebenden Größen.

**Tabelle 87: Ausgabeparameter der drei gewählten Fälle für das Fernwärmenetz Hessellohe/Ried**

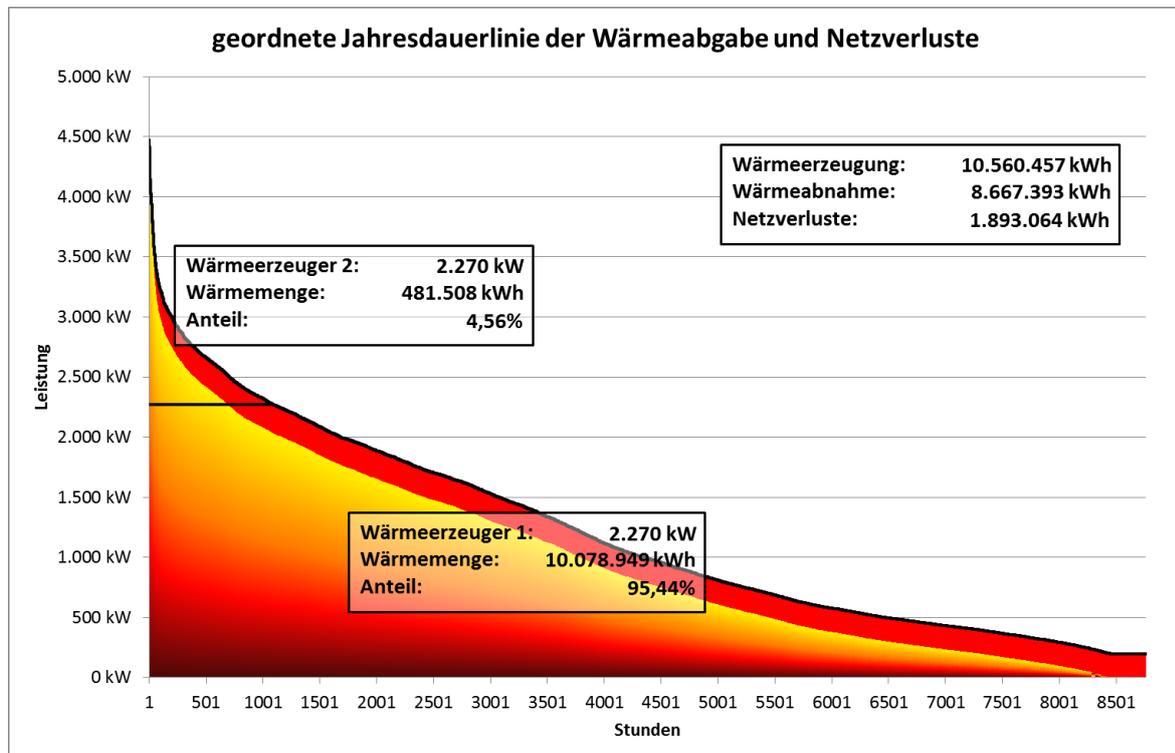
| <b>Ausgabeparameter</b>                     |                           |        |                           |        |                           |        |
|---|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| <u>Dämmung</u>                              | <u>Netzverlust Fall 1</u> |        | <u>Netzverlust Fall 2</u> |        | <u>Netzverlust Fall 3</u> |        |
| Standard                                    | 2.122 MWh/a               | 19,66% | 2.187 MWh/a               | 20,15% | 2.223 MWh/a               | 20,41% |
| 1 x verstärkt                               | 1.807 MWh/a               | 17,25% | 1.862 MWh/a               | 17,69% | 1.893 MWh/a               | 17,93% |
| 2 x verstärkt                               | 1.606 MWh/a               | 15,63% | 1.656 MWh/a               | 16,04% | 1.683 MWh/a               | 16,26% |
| <b><u>Mittelwert</u></b>                    |                           |        |                           |        |                           |        |
| Vorlauf                                     | 71,99 °C                  |        | 73,24 °C                  |        | 74,54 °C                  |        |
| Rücklauf                                    | 42,65 °C                  |        | 44,32 °C                  |        | 44,63 °C                  |        |
| <u>Erzeugung</u>                            | <u>Fall 1</u>             |        | <u>Fall 2</u>             |        | <u>Fall 3</u>             |        |
| Standard                                    | 10.789 MWh/a              |        | 10.854 MWh/a              |        | 10.891 MWh/a              |        |
| 1 x verstärkt                               | 10.474 MWh/a              |        | 10.530 MWh/a              |        | 10.560 MWh/a              |        |
| 2 x verstärkt                               | 10.274 MWh/a              |        | 10.323 MWh/a              |        | 10.350 MWh/a              |        |
| <b><u>Volumen des Fernwärmenetzes:</u></b>  |                           |        | 77.770 dm <sup>3</sup>    |        | 78 m <sup>3</sup>         |        |
| <b><u>Mittlerer Nenndurchmesser:</u></b>    |                           |        | DN 48                     |        |                           |        |
| <b><u>Errichtungskosten Fernwärme:</u></b>  |                           |        | 4.902.823 €               |        | 389 €/Trm                 |        |
| <b><u>Planungskosten (HOAI 1 - 9):</u></b>  |                           |        | 392.225,82 €              |        | 8,00%                     |        |
| <b><u>Gesamtkosten:</u></b>                 |                           |        | 5.295.048,59 €            |        | 420 €/Trm                 |        |
| <b><u>Förderung nach KWKG:</u></b>          |                           |        | 1.259.700,00 €            |        | 23,79%                    |        |
| <b><u>Kapitalbedarf nach Förderung:</u></b> |                           |        | 4.035.348,59 €            |        | 320 €/Trm                 |        |
| <b><u>Annuität</u></b>                      |                           |        | 205.880 €/a               |        |                           |        |
| Nutzungsdauer                               |                           |        |                           |        | 30 Jahre                  |        |
| Zinssatz                                    |                           |        |                           |        | 3,00%                     |        |
| <b><u>Anteil des Wärmepreises:</u></b>      |                           |        | 23,75 €/MWh               |        | 2,38 Ct/kWh               |        |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlagen der Stadtwerke Neuburg

### 7.7.3.3 Wärmebedarfslastgang

Die folgende Grafik zeigt den resultierenden geordneten Wärmebedarfslastgang, d. h. den Wärmeverbrauchslastgang inkl. der Netzverluste.

**Abbildung 291: Geordnete Jahresdauerlinie der Wärmeabgabe und der Netzverluste im geplanten Fernwärmenetz Hessellohe/Ried**



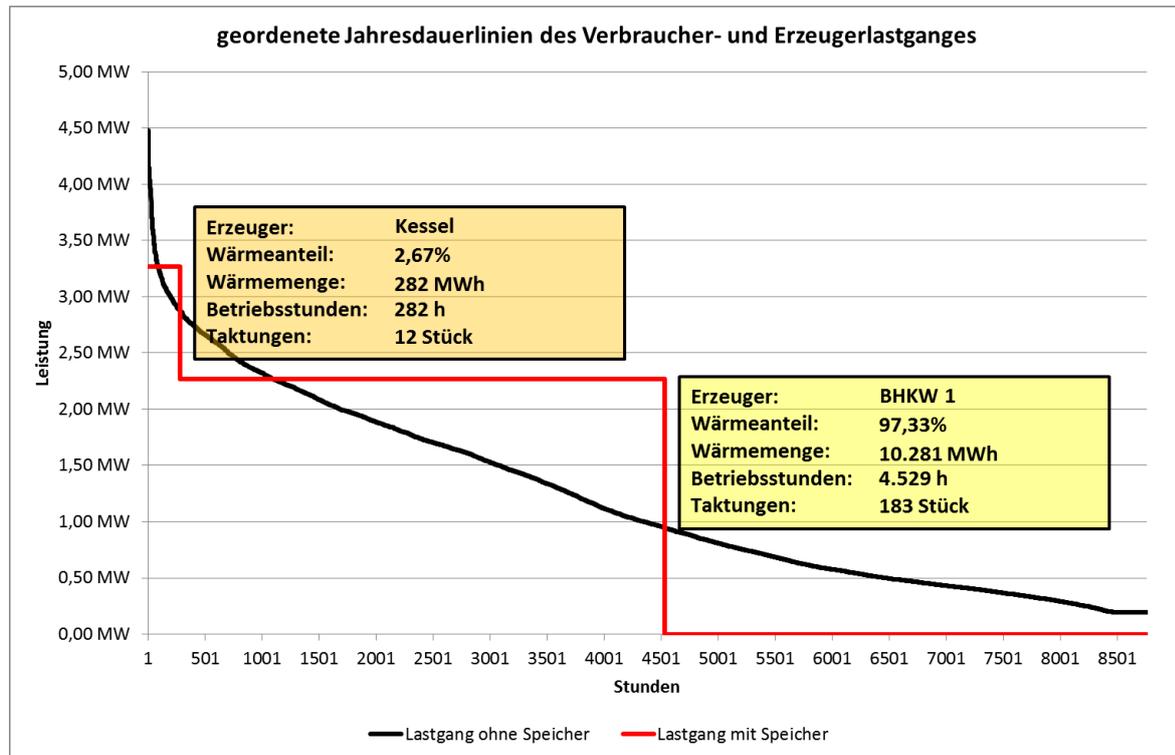
Die zur vollständigen Versorgung benötigte Erzeugerheizleistung beträgt ca. 6.263 kW.

#### Zusammenfassung der Ergebnisse:

- **Gesamtwärmebedarf:** 10.560.457 kWh/a
- **Wärmeabsatz:** 8.667.393 kWh/a
- **Netzverluste:** 1.893.064 kWh/a
- **Erzeugerleistung:** 4.540 kW<sub>th</sub>

Die nachfolgende Abbildung zeigt die geordnete Jahresdauerlinie des Verbraucher- und Erzeugerlastganges. Darauf ist zu erkennen wie die Heizleistung realisiert werden könnte. Die benötigte Leistung wird dabei von einem BHKW und einem Heizkessel für die Spitzenabdeckung erzeugt. Das BHKW wird hierbei einen Anteil von 97,33, % der benötigten Wärme erzeugen.

**Abbildung 292: Geordnete Jahresdauerlinien des Verbraucher- und Erzeugerlastganges im geplanten Fernwärmenetz Hessellohe/Ried**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlagen der Stadtwerke Neuburg

Der Einsatz eines Wärmespeichers verfolgt technische wie auch wirtschaftliche Ziele. Der Verbraucherlastgang ist von außentemperatur- und tageszeit- bedingten Verbrauchsspitzen gekennzeichnet. Bei trägen Erzeugersystemen (wie beispielsweise bei einem BHKW) treten somit oft bei der Bereitstellung von Leistungsspitzen und Schwachlast ineffiziente Betriebszustände ein, was wiederum zu einem ungünstigen Anlagenbetrieb (Taktung) oder dem (teuren) Einsatz des Reserve- und Spitzenlastsystems führt. Deshalb wird bei dieser Detailuntersuchung mit einem ausreichend dimensionierten Wärmespeicher gerechnet.

Durch den Einsatz eines Wärmespeichers erhält man eine deutliche Vergleichmäßigung der Wärmeerzeugung, welche einen effizienten Anlagenbetrieb sowie eine Reduzierung der benötigten Erzeugerleistung gewährleistet. Hierdurch wird auch erreicht, dass die eingesetzten Wärmeerzeuger deutlich besser ausgelastet werden und stets im optimalen Betriebszustand eingesetzt werden können.

### 7.7.3.4 Auslegung der BHKWs

Wie aus der folgenden Tabelle zu erkennen ist, wird der Lastgang hauptsächlich mit zwei BHKWs bewältigt. Nachfolgend sind die Auslegungsdaten dieser KWK-Anlagen dargestellt.

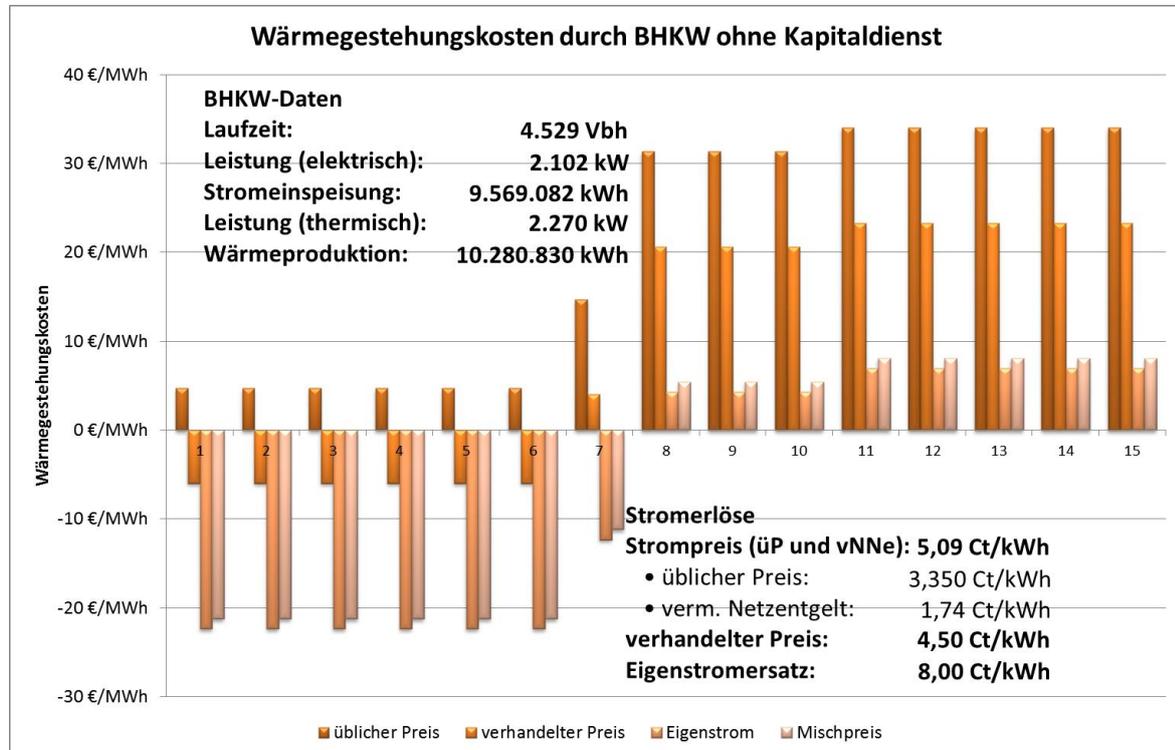
**Tabelle 88: Auslegungsdaten des BHKWs für das Fernwärmenetz in Hessellohe/Ried**

| Auslegungsdaten BHKW 1                        |                          |                                    |                    |   |                  |
|---|--------------------------|------------------------------------|--------------------|---|------------------|
| <b>BHKW-Daten</b>                             |                          | <b>Investitionskosten</b>          |                    | <b>Brennstoffbezugskosten</b>   |                  |
| Bruttolleistung elektrisch                    | 2.145 kW                 | Kreditlaufzeit gleich              | KWK                | <b>Brennstoffkosten</b>   |                  |
| Wirkungsgrad (brutto)                         | 43,0%                    | Kreditlaufzeit                     | 7 Jahre            | Strukturierungspreis  | 0,13 Ct/kWh      |
| Eigenverbrauchsleistung                       | 43 kW                    | Zinssatz                           | 2,50%              | Strukturierungspreis  | 32.929 €         |
| Eigenbedarf bei Volllast                      | 2,0%                     | Motor                              | 490.273 €          | Arbeitspreis (ex Steuer)  | 2,30 Ct/kWh      |
| Nettolleistung elektrisch                     | 2.102 kW                 | Schalldämpfung                     | 19.821 €           | Arbeitspreis  | 582.583 €        |
| Wirkungsgrad (netto)                          | 42,1%                    | Katalysator                        | 7.579 €            | Energiesteuer   | 0,55 Ct/kWh      |
| Leistung thermisch                            | 2.270 kW                 | Schmierölversorgung                | 7.579 €            | zu verst. Brennstoff  | 0 kWh            |
| Wirkungsgrad thermisch                        | 45,5%                    | Schaltschrank                      | 18.655 €           | Energiesteuerkosten   | 0 €              |
| Gesamtleistung                                | 4.415 kW                 | Be- und Entlüftung                 | 29.731 €           | <b>Erdgaskosten (H<sub>2</sub>)</b>   | <b>615.512 €</b> |
| Gesamtwirkungsgrad                            | 88,5%                    | Transport und Montage              | 4.664 €            |   | 2,43 Ct/kWh      |
| Erdgasverbrauch (H <sub>1</sub> )             | 4.989 kW                 | Inbetriebnahme                     | 4.664 €            | <b>Netzentgelt</b>  |                  |
| Umrechnung H <sub>1</sub> /H <sub>5</sub>     | 1,1                      | <b>Zwischensumme</b>               | <b>582.964 €</b>   | Arbeitspreis  | 41.809 €         |
| Erdgasverbrauch (H <sub>2</sub> )             | 5.488 kW                 | Brennwertnutzung                   | 65.389 €           | Leistungspreis  | 65.789 €         |
| Vollbenutzungsstunden                         | 4.529 Vbh                | <b>Investition BHKW-Modul</b>      | <b>648.353 €</b>   | Messstellenbetrieb  | 537 €            |
| Betriebsstunden                               | 4.529 bh                 | Einbindung                         | 98.901 €           | Messung   | 101 €            |
| Gesamtlaufzeit                                | 100.000 bh               | Zubehör                            | 87.912 €           | Abrechnung  | 336 €            |
| Erdgasverbrauch (H <sub>2</sub> )             | 25.329.698 kWh           | Unvorhergesehenes                  | 142.857 €          | Konzessionsabgabe   | 0 €              |
| Stromerzeugung (brutto)                       | 9.714.802 kWh            | Planung, Genehmigung, ...          | 120.879 €          | <b>Erdgasnetzkosten</b>   | <b>108.572 €</b> |
| Eigenbedarf BHKW                              | 145.721 kWh              | <b>Gesamtinvestition BHKW</b>      | <b>1.098.903 €</b> |   | 0,43 Ct/kWh      |
| Stromerzeugung (netto)                        | 9.569.082 kWh            | Transformatorstation               | 70.000 €           | <b>Brennstoffbezugskosten</b>   |                  |
| Nutzwärmeerzeugung                            | 10.280.830 kWh           | <b>Gesamtinvestition</b>           | <b>1.168.903 €</b> | 724.084 €   |                  |
| <b>Betriebskosten</b>                         |                          | <b>KWK-Vergütung</b>               |                    | <b>Erlöse bei üblichen Preis (üP)</b>   |                  |
| Personalkosten (ex. G & I)                    | 0 €                      | <b>KWK-Vergütung (30.000 Vbh)</b>  |                    | Einspeisung in  | MS               |
| Sonstige Kosten                               | 0 €                      | KWK-Strommenge                     | 9.569.082 kWh      | Jahresbenutzungsdauer   | ab 2.500 h       |
| <b>Generalüberholungskosten</b>               |                          | Nettolleistung                     | 2.102 kW           | <b>vermiedenes Netznutzungsentgelt bei üP</b>   |                  |
| Generalüberholung                             | 91,06 €/kW               | Vollbenutzungsstunden              | 4.552 Vbh          | Leistungspreis  | 68,29 €/kW/a     |
| Generalüberholung                             | 195.331 €                | <b>Leistungsanteil (nach BDEW)</b> |                    | Leistungspreis  | 143.552 €        |
| Intervall                                     | 64.000 bh                | bis 50 kW                          | 81.150 €           | Arbeitspreis  | 0,24 Ct/kWh      |
| Kosten je Betriebsstunde                      | 3,05 €/bh                | größer 50 kW bis 250 kW            | 240.000 €          | Arbeitspreis  | 22.966 €         |
| <b>Kosten pro Jahr</b>                        | <b>13.823 €</b>          | größer 250 kW bis 2.000 kW         | 1.440.000 €        | <b>Erlöse vNNE bei üP</b>   |                  |
| <b>Instandhaltungskosten</b>                  |                          | ab 2.000 kW                        | 55.134 €           | 166.518 €   |                  |
| Instandhaltung                                | 0,74 Ct/kWh              | <b>KWK-Vergütung</b>               |                    | 1,74 Ct/kWh   |                  |
| <b>Kosten pro Jahr</b>                        | <b>71.719 €</b>          | (Vergütung pro Jahr)               | 274.201 €/a        | <b>Stromvermarktung</b>   |                  |
| <b>Gesamtkosten</b>                           | 85.542 €<br>0,89 Ct/kWh  | <b>KWK-Gesamtvergütung</b>         |                    | Öffentliches Netz (üP)  | 3,350 Ct/kWh     |
|   |                          | (während der 30.000 Vbh)           | 2,87 Ct/kWh        | 487.082 €   |                  |
| <b>Erlöse vNEE bei Mischpreis</b>             |                          | <b>Erlöse bei Mischpreis</b>       |                    | <b>Erlöse bei vP und ES</b>   |                  |
| Einspeisung in                                | MS                       | <b>Stromvermarktung</b>            |                    | <b>Stromvermarktung</b>   |                  |
| Jahresbenutzungsdauer                         | ab 2.500 h               | Mischpreis (MP)                    | 6,25 Ct/kWh        | Öffentliches Netz (vP)  | 4,50 Ct/kWh      |
| <b>vermiedenes Netznutzungsentgelt bei MP</b> |                          | Anteil üblicher Preis              | 0,00%              | <b>Erlöse verhandelter Preis</b>  |                  |
| Leistungspreis                                | 68,29 €/kW/a             | Anteil verhand. Preis              | 50,00%             | 430.609 €   |                  |
| Leistungspreis                                | 144.286 €                | Anteil Eigenverbrauch              | 50,00%             | Eigenverbrauch (EP)   | 8,00 Ct/kWh      |
| Arbeitspreis                                  | 0,24 Ct/kWh              | <b>Erlöse vNNE</b>                 |                    | <b>Erlöse Eigenverbrauch</b>  |                  |
| Arbeitspreis                                  | 11.483 €                 | 155.769 €                          |                    | 765.527 €   |                  |
| <b>Erlöse vNNE</b>                            | 155.769 €<br>1,63 Ct/kWh | 1,63 Ct/kWh                        |                    | 8,00 Ct/kWh   |                  |
|   |                          | <b>Erlöse Mischpreis</b>           |                    | Bei einem verhandelten Preis, sind im Regelfall die vermiedenen Netznutzungsentgelte bereits entfallen. |                  |
|   |                          | 753.837 €                          |                    |   |                  |
|   |                          | 2,88 Ct/kWh                        |                    |   |                  |

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage der Stadtwerke Neuburg

In folgender Abbildung sind die Wärmegestehungskosten nur für das erste BHKW abgebildet. Hierbei muss aber beachtet werden, dass der Kapitaldienst nicht mit berücksichtigt wurde.

**Abbildung 293: Wärmegestehungskosten durch das BHKW ohne Kapitaldienst im Fernwärmenetz Hesselohle / Ried über eine Laufzeit von 15 Jahren**



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage der Stadtwerke Neuburg

Die Funktionsweise der Anlage wurde wie folgt hinterlegt:

- Das BHKW wird aus Effizienz- und Kostengründen ausschließlich im Vollastbetrieb betrieben. Diese Fahrweise wird durch die installierten Wärmespeicher ermöglicht. Der vom BHKW erzeugte Strom wird in das öffentliche Netz eingespeist und nach dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz vergütet.
- Die erzeugte Wärme wird direkt in das Wärmenetz gespeist oder im Wärmespeicher „zwischen gespeichert“.
- Die Restwärmemenge wird durch die Erdgaskesselanlage bereitgestellt.

### 7.7.3.5 Investitionskostenprognose

Die Investitionskosten für die Erzeugungsanlagen können, je nach Auflagen und Wahl der Technik, anhand von Ausführung, Qualität und Anforderungen, welche an die Anlage gestellt werden, in erheblichem Umfang variieren.

Folgende Kosten (inkl. Planung) wurden für die Betrachtung angesetzt:

**Tabelle 89: Investitionsprognose Heizwerk Hesselohle / Ried**

| <b><u>Investitionskostenprognose</u></b> |  | <b>Heizwerk</b> |                     |                    |                     |
|--|--|-----------------|---------------------|--------------------|---------------------|
|  |  | <b>Netto</b>    | <b>5.043.218,23</b> |                    |                     |
|  |  | MwSt.           | 958.211,46          |                    |                     |
|  |  | Brutto          | 6.001.429,70        |                    |                     |
| <b>Bezeichnung</b>                       |  | <b>Menge</b>    | <b>Einheit</b>      | <b>Einzelpreis</b> | <b>Gesamtpreis</b>  |
| <b>01</b>                                | <b>Blockheizkraftwerk</b>                  |                 |                     |                    | <b>1.339.345,20</b> |
| <b>01 01</b>                             | <b>Blockheizkraftwerk</b>                  |                 |                     |                    | <b>1.280.000,00</b> |
| <b>01 02</b>                             | <b>Gasregelanlage</b>                      |                 |                     |                    | <b>19.600,00</b>    |
| <b>01 03</b>                             | <b>Notkühleinrichtung</b>                  |                 |                     |                    | <b>39.745,20</b>    |
| <b>02</b>                                | <b>Heißwasserkesselanlage</b>              |                 |                     |                    | <b>165.580,80</b>   |
| <b>02 01</b>                             | <b>Heißwasserkessel, 5,0 MW</b>            |                 |                     |                    | <b>155.780,80</b>   |
| <b>02 02</b>                             | <b>Gasregelanlage</b>                      |                 |                     |                    | <b>9.800,00</b>     |
| <b>03</b>                                | <b>Abgasanlage</b>                         |                 |                     |                    | <b>70.300,00</b>    |
| <b>03 01</b>                             | <b>Abgasanlage BHKW</b>                    |                 |                     |                    | <b>25.400,00</b>    |
| <b>03 02</b>                             | <b>Abgasanlage Heißwasserkessel</b>        |                 |                     |                    | <b>44.900,00</b>    |
| <b>04</b>                                | <b>Gasversorgung</b>                       |                 |                     |                    | <b>143.500,00</b>   |
| <b>04 01</b>                             | <b>Anbindung an das Gasversorgungsnetz</b> |                 |                     |                    | <b>143.500,00</b>   |
| <b>05</b>                                | <b>Fernwärmebetriebstechnik</b>            |                 |                     |                    | <b>902.380,80</b>   |
| <b>05 01</b>                             | <b>Netzpumpen</b>                          |                 |                     |                    | <b>88.000,00</b>    |
| <b>05 02</b>                             | <b>Wasseraufbereitung</b>                  |                 |                     |                    | <b>49.000,00</b>    |
| <b>05 03</b>                             | <b>Druckhalteanlage</b>                    |                 |                     |                    | <b>145.780,80</b>   |
| <b>05 04</b>                             | <b>Ausrüstungsgegenstände</b>              |                 |                     |                    | <b>19.600,00</b>    |
| <b>05 05</b>                             | <b>Fernwärmespeicher</b>                   |                 |                     |                    | <b>600.000,00</b>   |
| <b>06</b>                                | <b>Anlagenbau</b>                          |                 |                     |                    | <b>444.600,00</b>   |
| <b>06 01</b>                             | <b>Rohrleitungsbau</b>                     |                 |                     |                    | <b>294.600,00</b>   |
| <b>06 02</b>                             | <b>Lüftungsanlage</b>                      |                 |                     |                    | <b>150.000,00</b>   |
| <b>07</b>                                | <b>Elektro- und MSR</b>                    |                 |                     |                    | <b>586.873,45</b>   |
| <b>07 01</b>                             | <b>Mittelspannungsschaltanlage</b>         |                 |                     |                    | <b>125.978,00</b>   |
| <b>07 02</b>                             | <b>Niederspannungshauptverteilung</b>      |                 |                     |                    | <b>321.632,06</b>   |
| <b>07 03</b>                             | <b>Pumpensteuerung</b>                     |                 |                     |                    | <b>20.990,90</b>    |
| <b>07 04</b>                             | <b>Prozessleitsystem</b>                   |                 |                     |                    | <b>57.125,00</b>    |
| <b>07 05</b>                             | <b>Mess- Steuer- und Regelungstechnik</b>  |                 |                     |                    | <b>39.537,49</b>    |
| <b>07 06</b>                             | <b>Kabelwege</b>                           |                 |                     |                    | <b>21.610,00</b>    |
| <b>08</b>                                | <b>Bauleistungen</b>                       |                 |                     |                    | <b>928.325,77</b>   |
| <b>08 01</b>                             | <b>Gründung und Fundamente</b>             |                 |                     |                    | <b>163.058,60</b>   |
| <b>08 02</b>                             | <b>Erschließung</b>                        |                 |                     |                    | <b>30.786,34</b>    |

|       |  |                 |
|-------|--|-----------------|
| 08 03 | Gebäude                                  | 586.000,10      |
| 08 04 | Technische Anlagen                       | 15.000,00       |
| 08 05 | Außenanlagen                             | 121.105,73      |
| 08 06 | Fassadenbegrünung                        | 12.375,00       |
| 09    | Sonstiges                                | 33.500,00       |
| 09 01 | Inbetriebsetzung der Gesamtanlage        | 29.000,00       |
| 09 02 | Farbgebung und Beschilderung             | 4.500,00        |
| 10    | Ingenieurdienstleistungen                | 282.734,86      |
| 10 01 | Planungsphasen 1 bis 4 gemäß HOAI        | 89.600,00       |
| 10 02 | Planungsphasen 5 bis 9 gemäß HOAI        | 141.000,00      |
| 10 03 | Planung Außenanlagen                     | 16.000,00       |
| 10 04 | Planung Medien- und Versorgungsleitungen | 4.800,00        |
| 10 05 | Externe Gutachten                        | 31.334,86       |
| 11    | Genehmigungsgebühren                     | 23.072,03       |
| 12    | Reserve für Unvorhergesehenes            | 2,5% 123.005,32 |

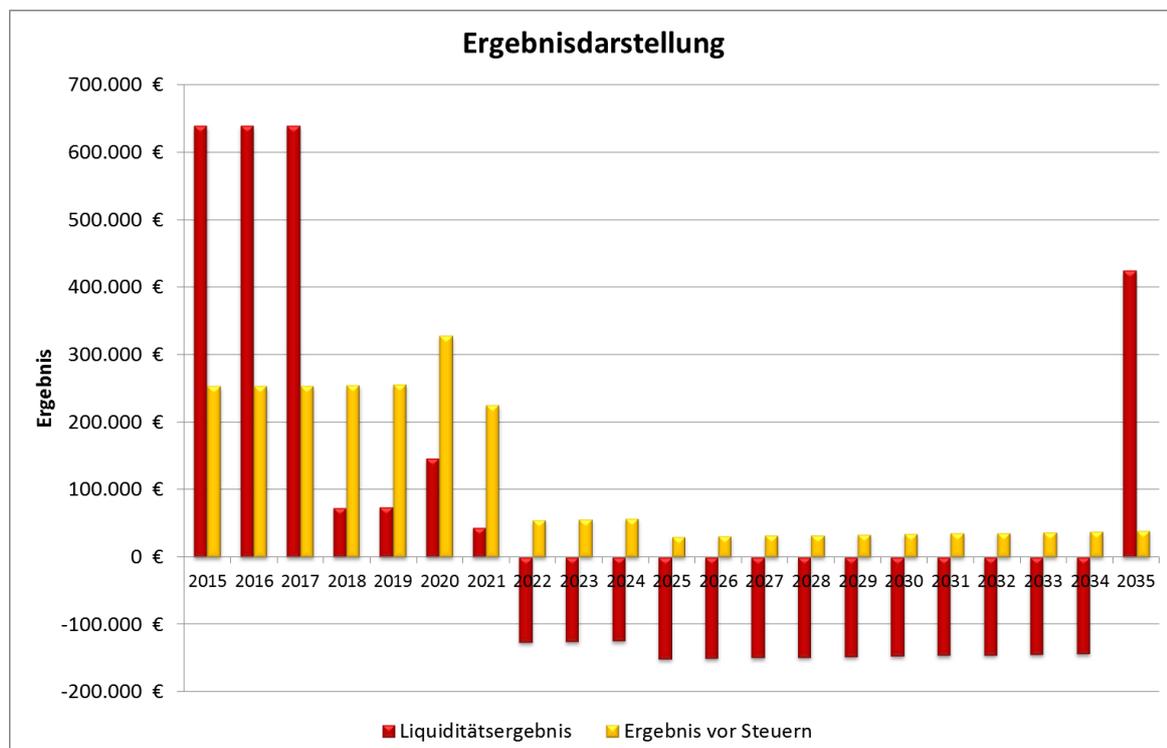
Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlagen der Stadtwerke Neuburg

### 7.7.3.6 Ergebnisdarstellung

Bei einer abgesetzten Wärmemenge von **10.560.457 kWh** und einem angesetzten Mischpreis von **11,00 Ct/kWh**, betragen die jährlichen Einnahmen aus dem Wärmeabsatz **1.161.650,27 €**.

Die folgende Grafik zeigt das Liquiditätsergebnis sowie das Ergebnis vor Steuern des beschriebenen Konzeptes, in Abhängigkeit vom Aufwuchsplan. Detaillierte Informationen sind den Anlagen zu entnehmen.

Abbildung 294: Ergebnisdarstellung für das Fernwärmenetz Hessellohe / Ried



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlagen der Stadtwerke Neuburg

#### 7.7.4 Gesamtnetz

Durch die räumliche Nähe der drei Teilprojekte zueinander bietet es sich aus Kostengründen hierbei an, die nicht unbeträchtlichen Investitionskosten einer Heizzentrale auf die drei Projekte umzulegen und somit eine größere Zentrale zu planen und an einem optimal gelegenen Standort zu realisieren. Hierbei sind die Wärmeverluste und die zusätzlichen Verbindungsstrassen besonders zu berücksichtigen. Hierfür würde sich beispielsweise das im städtischen Besitz befindliche Grundstück an der Monheimer Straße eignen. Dieses liegt außerdem sehr zentral für alle drei Projektteile und kommt auch für eine Anbindung zur Abwärmenutzung an der Ziegelei in Ried in Frage.

## 8 Anhang

### 8.1 Abbildungsverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| Abbildung 1: Neuburger Energie-Leitbild.....  | 8  |
| Abbildung 2: Referenzszenario: Endenergieverbrauch in Neuburg bis 2030 .....                    | 10 |
| Abbildung 3: Referenzszenario: CO <sub>2</sub> -Emissionen in Neuburg bis 2030.....             | 11 |
| Abbildung 4: Klimaschutzszenario: Endenergieverbrauch in Neuburg bis 2030 .....                 | 11 |
| Abbildung 5: Klimaschutzszenario: CO <sub>2</sub> -Emissionen in Neuburg bis 2030.....          | 12 |
| Abbildung 6: Variantenvergleich Sanierungsszenarien Energienutzungsplan .....                   | 14 |
| Abbildung 7: Wärmekataster Bestand Neuburg - nördlich Bahnlinie (Bearbeitungsraster N1-N11) ... | 15 |
| Abbildung 8: Stadt Neuburg mit Markierungen der drei Wärmenetze .....                           | 17 |
| Abbildung 9: Benchmark Wärmeverbund Harmoniegebäude.....  | 20 |
| Abbildung 10: Benchmark Strom Harmoniegebäude .....   | 21 |
| Abbildung 11: Optimierte Planung Ried Straßäcker .....  | 22 |
| Abbildung 12: Übersichtskarte Stadt Neuburg an der Donau.....                                   | 26 |
| Abbildung 13: Einwohnerzahl Neuburg a. d. Donau mit Prognose bis 2029 .....                     | 27 |
| Abbildung 14: Flächennutzung in Neuburg a. d. Donau .....                                       | 28 |
| Abbildung 15: Beschäftigte nach Sektoren 2008-2011 .....  | 28 |
| Abbildung 16: Stadt Neuburg mit Markierungen der drei Wärmenetze .....                          | 29 |
| Abbildung 17: Wärmenetz A4 .....  | 30 |
| Abbildung 18: Lastverteilung im Gebiet A4.....  | 30 |
| Abbildung 19: Wärmenetz B1 .....  | 31 |
| Abbildung 20: Lastverteilung B1 .....   | 32 |
| Abbildung 21: Wärmenetz B2 und die Erweiterungen .....  | 33 |
| Abbildung 22: Wärmenetz B2 .....  | 34 |
| Abbildung 23: Wärmenetz B2 mit Erweiterung 2012 .....   | 34 |
| Abbildung 24: Wärmenetz B2 mit Erweiterung Goldanger .....                                      | 35 |
| Abbildung 25: Lastverteilung im Gebiet B2.....  | 35 |
| Abbildung 26: Erdgasnetz der Stadt Neuburg.....   | 36 |
| Abbildung 27: Erdgasverbrauch im Stadtgebiet Neuburg; Verbrauchsjahre 2001 - 2012.....          | 37 |
| Abbildung 28: Erdgasverbrauch nach Sektoren in 2012 .....                                       | 37 |
| Abbildung 29: Lastgang des gesamten Gasverbrauches in Neuburg in den Jahren 2009 bis 2014 ..... | 38 |
| Abbildung 30: Gaslastgang der privaten Haushalte in Neuburg in den Jahren 2009 - 2014 .....     | 39 |
| Abbildung 31: Siedlungsstruktur Neuburg - Nord.....   | 40 |
| Abbildung 32: Siedlungsstruktur Neuburg - nördlich Bahnlinie.....                               | 41 |
| Abbildung 33: Siedlungsstruktur Neuburg - südlich Bahnlinie.....                                | 41 |
| Abbildung 34: Siedlungsstruktur Neuburg - Heinrichsheim.....                                    | 42 |
| Abbildung 35: Baualtersklassen Neuburg - Nord .....   | 43 |
| Abbildung 36: Baualtersklassen Neuburg - nördlich Bahnlinie .....                               | 44 |
| Abbildung 37: Baualtersklassen Neuburg - südlich Bahnlinie .....                                | 45 |
| Abbildung 38: Baualtersklassen Neuburg - Heinrichsheim .....                                    | 46 |
| Abbildung 39: Wärmekataster Bestand Neuburg - Nord (NN1-NN5) .....                              | 47 |
| Abbildung 40: Wärmekataster Bestand Neuburg - nördlich Bahnlinie (N1-N11) .....                 | 48 |
| Abbildung 41: Wärmekataster Bestand Neuburg - südlich Bahnlinie (S1-S12).....                   | 49 |
| Abbildung 42: Wärmekataster Bestand Neuburg - Heinrichsheim (H1-H2) .....                       | 50 |

|  |    |
|--|----|
| Abbildung 43: Stromverbrauch in Neuburg in den Jahren 1996 – 2012 .....  | 51 |
| Abbildung 44: Stromverbrauch nach Sektoren in 2012 .....   | 51 |
| Abbildung 45: Beispielhafter Kältelastgang der St. Elisabeth Kliniken Neuburg im Jahr 2010 .....   | 52 |
| Abbildung 46: Beispielhafter Kältelastgang der Fa. Donaumalz KG im Jahr 2010 .....   | 52 |
| Abbildung 47: Entwicklung des Bestandes an Photovoltaikfläche in Neuburg.....  | 53 |
| Abbildung 48: Aufsummierung der Solarthermieflächen in Neuburg .....   | 54 |
| Abbildung 49: Anzahl geförderter Biomasseheizkessel in Neuburg seit 2004.....  | 55 |
| Abbildung 50: Anzahl geförderter Wärmepumpen in Neuburg seit 2004 (Umweltamt BBK) .....  | 56 |
| Abbildung 51: Übersicht der KWK- und sonstigen Anlagen in Neuburg .....  | 57 |
| Abbildung 52: Altersstruktur des Wohnraums in Neuburg a. d. Donau .....  | 58 |
| Abbildung 53: Basisszenario Endenergiebilanz 2006 .....  | 60 |
| Abbildung 54: Best-Practice-Szenario Endenergiebilanz 2006 .....   | 60 |
| Abbildung 55: Entwicklung Endenergiebedarf Referenzszenario .....  | 61 |
| Abbildung 56: Entwicklung Endenergiebedarf Klimaschutzszenario .....   | 62 |
| Abbildung 57: Entwicklung Endenergiebedarf Best-Practice-Szenario.....   | 63 |
| Abbildung 58: Sanierte Wohnfläche der Szenarien .....  | 63 |
| Abbildung 59: Variantenvergleich Sanierungsszenarien Energienutzungsplan .....   | 64 |
| Abbildung 60: Wärmekataster Referenzszenario Neuburg Nord (NN1-NN5) .....  | 65 |
| Abbildung 61: Wärmekataster Referenzszenario Neuburg nördlich Bahnlinie (N1-N11) .....   | 66 |
| Abbildung 62: Wärmekataster Referenzszenario Neuburg südlich Bahnlinie (S1-S12).....   | 67 |
| Abbildung 63: Wärmekataster Referenzszenario Neuburg Heinrichsheim (H1-H2).....  | 68 |
| Abbildung 64: Wärmekataster Klimaschutzszenario Neuburg Nord (NN1-NN5).....  | 69 |
| Abbildung 65: Wärmekataster Klimaschutzszenario Neuburg nördlich Bahnlinie (N1-N11).....   | 70 |
| Abbildung 66: Wärmekataster Klimaschutzszenario Neuburg südlich Bahnlinie (S1-S12).....  | 71 |
| Abbildung 67: Wärmekataster Klimaschutzszenario Neuburg Heinrichsheim (H1-H2).....   | 72 |
| Abbildung 68: Wärmekataster Best-Practice-Szenario Neuburg Nord (NN1-NN5) .....  | 73 |
| Abbildung 69: Wärmekataster Best-Practice-Szenario Neuburg nördlich Bahnlinie (N1-N11) .....   | 74 |
| Abbildung 70: Wärmekataster Best-Practice-Szenario Neuburg südlich Bahnlinie (S1-S12).....   | 75 |
| Abbildung 71: Wärmekataster Best-Practice-Szenario Neuburg Heinrichsheim (H1-H2) .....   | 76 |
| Abbildung 72: Schätzung der Einsparpotenziale bei der Beleuchtung in Deutschland pro Jahr .....  | 78 |
| Abbildung 73: Entwicklung des Stromverbrauchs für Straßenbeleuchtung in Neuburg von 2006 bis<br>2008 durch Austausch von Leuchtmitteln und Einsatz von Lichtregelgeräten ..... | 79 |
| Abbildung 74: Einsparungen durch Einsatz von LED-Beleuchtung.....  | 80 |
| Abbildung 75: Einfache Umrüstung einer konventionellen Straßenlampe auf LED .....  | 80 |
| Abbildung 76: Vergleich der Komponenten einer LED Leuchte mit denen einer konventionellen<br>Straßenleuchte .....  | 81 |
| Abbildung 77: Entwicklung der Lichtausbeute der verschiedenen Leuchtmittel .....   | 82 |
| Abbildung 78: Beispiele für gute (links u. rechts) und schlechte (Mitte) Beleuchtungssituation .....   | 83 |
| Abbildung 79: Bereits umgesetzte Umrüstung der städtischen Beleuchtung .....   | 84 |
| Abbildung 80: Baudenkmäler; Bauensembles, Graben,- und Schanzanlagen .....   | 85 |
| Abbildung 81: Potenzielle Zubauf Flächen für Freiflächen-Photovoltaikanlagen in Neuburg .....  | 86 |
| Abbildung 82: Nutzung der Ackerflächen in Neuburg 2007.....  | 88 |
| Abbildung 83: Standortanalyse zur möglichen Nutzung der Windkraft im Gebiet der Stadt Neuburg .....  | 89 |
| Abbildung 84: Windgeschwindigkeiten in 130m Höhe und mögliche Windkraftstandorte .....   | 90 |
| Abbildung 85: Projektierte Windenergieanlagen am Standort Hainberg, Flurnummer 2 .....   | 91 |
| Abbildung 86: Bestockung der Bayerischen Forsteinteilung nach Baumartengruppen .....   | 93 |

|   |     |
|---|-----|
| Abbildung 87: Nutzbare Erdwärmequellen für Oberflächennahe Geothermie im Stadtgebiet Neuburg .....                          | 96  |
| Abbildung 88: Geordnete Jahresdauerlinie der Wärmeabgabe und Netzverluste .....   | 98  |
| Abbildung 89: Prozentuale Aufteilung des Stromerzeugungspotenzials .....  | 100 |
| Abbildung 90: Prozentuale Aufteilung des Wärmeerzeugungspotenzials .....  | 101 |
| Abbildung 91: Referenzszenario: Photovoltaikfläche in Neuburg .....   | 102 |
| Abbildung 92: Klimaschutzszenario: Entwicklung Photovoltaikflächen in Neuburg .....   | 103 |
| Abbildung 93: Klimaschutzszenario: Stromerzeugung aus Biogas in Neuburg .....   | 104 |
| Abbildung 94: Best-Practice-Szenario: Photovoltaik - Dachflächen .....  | 106 |
| Abbildung 95: Best-Practice-Szenario: Stromerzeugungspotenzial aus Photovoltaik - Dachflächen .                             | 106 |
| Abbildung 96: Best-Practice-Szenario: Photovoltaik - Freiflächen in Neuburg .....   | 107 |
| Abbildung 97: Best-Practice-Szenario: Strompotenzial aus Photovoltaik auf Freiflächen .....                                 | 107 |
| Abbildung 98: Best-Practice-Szenario: Summe der Stromerzeugung aus Dachflächen- und Freiflächen - Photovoltaikanlagen ..... | 108 |
| Abbildung 99: Best-Practice-Szenario: Stromerzeugung aus Biogas (BHKW in KWK) in Neuburg .....                              | 109 |
| Abbildung 100: Referenzszenario: Solarthermieflächen in Neuburg .....   | 110 |
| Abbildung 101: Biomassenutzung zur Wärmeerzeugung in Neuburg .....  | 111 |
| Abbildung 102: Referenzszenario: Wärmepumpen zur Nutzung der oberflächennahen Geothermie in Neuburg .....                   | 112 |
| Abbildung 103: Klimaschutzszenario: Regenerative Wärme aus Solarthermie in Neuburg .....                                    | 113 |
| Abbildung 104: Klimaschutzszenario: regenerative Wärme aus der Verwertung von Biogas .....                                  | 114 |
| Abbildung 105: Best-Practice-Szenario: Solarthermiefläche in Neuburg .....  | 116 |
| Abbildung 106: Best-Practice-Szenario: Solarwärmepotenzial .....  | 116 |
| Abbildung 107: Best-Practice-Szenario: Wärmepotenzial aus Biogas in Neuburg .....   | 117 |
| Abbildung 108: Referenz-Szenario: Endenergieverbrauch in Neuburg bis 2030 .....   | 118 |
| Abbildung 109: Klimaschutz-Szenario: Endenergieverbrauch in Neuburg bis 2030 .....  | 119 |
| Abbildung 110: Best-Practice-Szenario: Endenergieverbrauch in Neuburg bis 2030 .....  | 121 |
| Abbildung 111: Referenz-Szenario: CO <sub>2</sub> -Emissionen in Neuburg bis 2030 .....                                     | 122 |
| Abbildung 112: Referenz-Szenario: CO <sub>2</sub> -Einsparung in Neuburg bis 2030 .....                                     | 123 |
| Abbildung 113: Klimaschutzszenario: CO <sub>2</sub> -Emissionen in Neuburg bis 2030 .....                                   | 124 |
| Abbildung 114: Klimaschutzszenario: CO <sub>2</sub> -Einsparung in Neuburg bis 2030 .....                                   | 124 |
| Abbildung 115: Best-Practice-Szenario: CO <sub>2</sub> -Emissionen in Neuburg bis 2030 .....                                | 125 |
| Abbildung 116: Best-Practice-Szenario: CO <sub>2</sub> -Einsparung in Neuburg bis 2030 .....                                | 126 |
| Abbildung 117: Jahresdauerlinie Basisvariante Parkbad .....   | 133 |
| Abbildung 118: Jahresdauerlinie Wärmelast inklusive der Hochhäuser .....  | 134 |
| Abbildung 119: Jahresdauerlinie Erweiterungsvariante inkl. KWK-Anlagen .....  | 135 |
| Abbildung 120: Lastgang BHKW-Krautgasse im Jahr 2013 .....  | 140 |
| Abbildung 121: Benchmark Wärmeverbund Harmoniegebäude .....   | 150 |
| Abbildung 122: Benchmark Strom Harmoniegebäude .....  | 150 |
| Abbildung 123: Benchmark Strom Stadttheater .....   | 151 |
| Abbildung 124: Benchmark Burgwehr .....   | 151 |
| Abbildung 125: Benchmark Rathaus .....  | 152 |
| Abbildung 126: Benchmark Grundschule im Engl. Garten, Parkschule (Mittelschule) .....                                       | 152 |
| Abbildung 127: Benchmark Amalienschule .....  | 153 |
| Abbildung 128: Benchmark Heimatmuseum .....   | 153 |
| Abbildung 129: Benchmark Wohngebäude, In der Münz A36 .....   | 154 |

|   |     |
|---|-----|
| Abbildung 130: Benchmark Büro,- Geschäftsgebäude, Amalienstr. A 47 .....                      | 154 |
| Abbildung 131: Benchmark Marstallhalle, Gästeinfo, Wohn- Geschäftsgebäude Ottheinrich-Platz . | 155 |
| Abbildung 132: Benchmark Verwaltungsgebäude Donauwörther Str. B 78.....                       | 155 |
| Abbildung 133: Benchmark Krippe/Tanzschule Bahnhofstr. B 142 .....                            | 156 |
| Abbildung 134: Benchmark Friedhofsverwaltung Franziskanerstr. B 219 .....                     | 156 |
| Abbildung 135: Benchmark Aussegnungshalle mit Nebengebäuden Franziskanerstr. B 220.....       | 157 |
| Abbildung 136: Benchmark Kindergarten/Hort Untere Schanze C 278 .....                         | 157 |
| Abbildung 137: Benchmark Schwalbangerschule mit Turnhalle.....                                | 158 |
| Abbildung 138: Benchmark Ostendschule mit Neubau .....  | 158 |
| Abbildung 139: Benchmark Mehrfachturnhalle Berliner Str. 162.....                             | 159 |
| Abbildung 140: Benchmark Bürgerhaus Ostend .....  | 159 |
| Abbildung 141: Benchmark Kindergarten Ostend .....  | 160 |
| Abbildung 142: Benchmark Turnhalle Fünfzehnerstr. 18 .....                                    | 160 |
| Abbildung 143: Benchmark Bauhof Grünauerstr. 57 .....   | 161 |
| Abbildung 144: Benchmark Leichenhalle mit Nebengebäude .....                                  | 161 |
| Abbildung 145: Benchmark Stadtgärtnerei.....  | 162 |
| Abbildung 146: Benchmark Parkhalle .....  | 162 |
| Abbildung 147: Benchmark Stadtbücherei .....  | 163 |
| Abbildung 148: Benchmark Kindergarten Seestr. 7 .....   | 163 |
| Abbildung 149: Benchmark Kindergarten Schulstr. 29 .....                                      | 164 |
| Abbildung 150: Benchmark Kindergarten + Wohngebäude Hesselloher Str. 15+17 .....              | 164 |
| Abbildung 151: Benchmark Eybhaus (Wohn- und Geschäftsgebäude) .....                           | 165 |
| Abbildung 152: Benchmark Leichenhaus, Am Zeller Kanal 2 .....                                 | 165 |
| Abbildung 153: Benchmark Feuerwehr Hauptstelle mit Fahrzeughalle .....                        | 166 |
| Abbildung 154: Benchmark Feuerwehrgerätehaus Bergen .....                                     | 166 |
| Abbildung 155: Benchmark Feuerwehrgerätehaus Bittenbrunn .....                                | 167 |
| Abbildung 156: Benchmark Feuerwehrgerätehaus Bruck .....                                      | 167 |
| Abbildung 157: Benchmark Feuerwehrgerätehaus Feldkirchen.....                                 | 168 |
| Abbildung 158: Benchmark Feuerwehrgerätehaus Gietlhausen .....                                | 168 |
| Abbildung 159: Benchmark Feuerwehrgerätehaus Heinrichsheim .....                              | 168 |
| Abbildung 160: Benchmark Feuerwehrgerätehaus Joshofen .....                                   | 169 |
| Abbildung 161: Benchmark Feuerwehrgerätehaus Ried .....                                       | 169 |
| Abbildung 162: Benchmark Feuerwehrgerätehaus Zell.....  | 169 |
| Abbildung 163: Benchmark Feuerwehr und Vereinsheim, Tobias-Kroll-Str. ....                    | 170 |
| Abbildung 164: Informationsschild Harmoniegebäude .....                                       | 171 |
| Abbildung 165: Flucht und Rettungsplan Harmoniegebäude .....                                  | 171 |
| Abbildung 166: Ansicht Nord von der Amalienstraße.....  | 172 |
| Abbildung 167: Ansicht Nord mit Haupteingang.....   | 172 |
| Abbildung 168: Ansicht West Innenhof.....   | 173 |
| Abbildung 169: Innenansicht Dachgeschoss .....  | 173 |
| Abbildung 170: Detail Dachgeschoss .....  | 173 |
| Abbildung 171: Holzfenster .....  | 174 |
| Abbildung 172: Tiefgarage .....   | 174 |
| Abbildung 173: Kessel 1 .....   | 175 |
| Abbildung 174: Kessel 2 .....   | 176 |
| Abbildung 175: Gaszähler.....   | 176 |

|   |     |
|---|-----|
| Abbildung 176: Haupt-Wärmemengenzähler .....  | 176 |
| Abbildung 177: Druckhaltestation .....  | 177 |
| Abbildung 178: Typenschild Ausdehnungsgefäß .....   | 177 |
| Abbildung 179: Drücke in einer Heizungsanlage.....  | 178 |
| Abbildung 180: Anlagenschema mit Wärmeerzeugung und Wärmeverteilung .....                               | 178 |
| Abbildung 181: Regelung .....   | 179 |
| Abbildung 182: Aufstellung der eingebauten Regler und deren Regelkreise .....                           | 179 |
| Abbildung 183: Heizkreisverteiler Kesselhaus .....  | 180 |
| Abbildung 184: Auslesung Umwälzpumpen.....  | 180 |
| Abbildung 185: Hydraulischer Abgleich .....   | 181 |
| Abbildung 186: Heizkörperventil, nicht voreinstellbar .....   | 181 |
| Abbildung 187: Heizkörperregelung ohne Thermostatventil.....  | 181 |
| Abbildung 188: Ungeregelte Heizungspumpe ohne Frequenzumrichter .....                                   | 182 |
| Abbildung 189: Manometer Unterverteilung Theater .....  | 182 |
| Abbildung 190: Kellergeschweißter Öltank.....   | 182 |
| Abbildung 191: Hauptanschluss Trinkwasser mit Filter .....  | 183 |
| Abbildung 192: Wasseraufbereitung Exados Grün .....   | 183 |
| Abbildung 193: Prüfhahn Trinkwasserversorgung.....  | 183 |
| Abbildung 194: Eckdaten Trinkwasserverordnung 2011/2012.....  | 184 |
| Abbildung 195: Untersuchungspflicht Trinkwasser .....   | 184 |
| Abbildung 196: Ausgussbecken Heizraum .....   | 185 |
| Abbildung 197: Sprinkleranlage .....  | 185 |
| Abbildung 198: Beleuchtung Tiefgarage .....   | 186 |
| Abbildung 199: Durchgangsleuchten Harmoniegebäude .....   | 186 |
| Abbildung 200: Energiesparleuchte 9 Watt .....  | 186 |
| Abbildung 201: Vergleich Lumen - Watt .....   | 187 |
| Abbildung 202: Lichtstrom, Lichtstärke, Beleuchtungsstärke.....   | 187 |
| Abbildung 203: Kelvin: Der Wert für die Lichtfarbe .....  | 188 |
| Abbildung 204: Bürobeleuchtung mit Langfeldleuchten .....   | 188 |
| Abbildung 205: Lichtmessung Büroarbeitsplatz.....   | 189 |
| Abbildung 206: Verbrauchsmessung Standby Arbeitsplatz .....   | 189 |
| Abbildung 207: Kosten Standby je Arbeitsplatz .....   | 189 |
| Abbildung 208: Steckdosenleiste Arbeitsplatz.....   | 190 |
| Abbildung 209: Abluftventilatoren WC's .....  | 190 |
| Abbildung 210: Außenansicht Burgwehr .....  | 191 |
| Abbildung 211: Abplatzungen im Terrassenbereich der Burgwehr .....                                      | 192 |
| Abbildung 212: Risse im Putz .....  | 192 |
| Abbildung 213: Verschmutzte Regenrinne .....  | 193 |
| Abbildung 214: Eingang Burgwehr .....   | 194 |
| Abbildung 215: Historische Seiteneingangstür EG mit starker Spaltundichtigkeit im oberen Türbogen ..... | 195 |
| Abbildung 216: Gas-Heizkessel Burgwehr.....   | 196 |
| Abbildung 217: Umwälzpumpe .....  | 196 |
| Abbildung 218: Ungedämmte Wärmeverteilungsleitung .....   | 197 |
| Abbildung 219: Verteilstation der Fußbodenheizung .....   | 197 |
| Abbildung 220: Eng verbauter Heizkörper .....   | 198 |

|  |     |
|--|-----|
| Abbildung 221: Pavillon der Mittelschule am Parkbad .....  | 201 |
| Abbildung 222: Konstruktive Wärmebrücke - Betonständer .....   | 201 |
| Abbildung 223: Materialbedingte Wärmebrücke - Glasbausteine .....  | 202 |
| Abbildung 224: Dach mit Verwitterungserscheinungen .....   | 202 |
| Abbildung 225: Verwitterungserscheinungen.....   | 203 |
| Abbildung 226: Lichtkuppel (Außenansicht) .....  | 204 |
| Abbildung 227: Lichtkuppel (Innenansicht) mit Schäden durch Kondensatausfall.....  | 204 |
| Abbildung 228: Warmwasserbereiter Stiebel Eltron SHD 30 S .....  | 205 |
| Abbildung 229: Vergleichswerte Mehrfamilienhaus.....   | 208 |
| Abbildung 230: Benchmark Fischergasse C 238 .....  | 208 |
| Abbildung 231: Benchmark Residenzstr. A 65 .....   | 209 |
| Abbildung 232: Benchmark Amalienstr. A 20 .....  | 209 |
| Abbildung 233: Benchmark Amalienstr. A 35 .....  | 210 |
| Abbildung 234: Benchmark Eybstr. 242 .....   | 210 |
| Abbildung 235: Benchmark Hilpholtsteinrstr. 2 .....  | 210 |
| Abbildung 236: Benchmark Am Schwalbanger 19, 21 .....  | 211 |
| Abbildung 237: Benchmark Am Schwalbanger 23, 25 .....  | 211 |
| Abbildung 238: Benchmark Am Schwalbanger 27, 29 .....  | 211 |
| Abbildung 239: Benchmark Münchener Str. 128 a .....  | 212 |
| Abbildung 240: Benchmark Joseph-Hayden Str. / Anton-Bruckner Str.....  | 212 |
| Abbildung 241: Benchmark Ostendstr. 52 .....   | 212 |
| Abbildung 242: Benchmark Ostendstr. 54/56, Stettiner Str. 8 .....  | 213 |
| Abbildung 243: Benchmark Ostendstr. 64 .....   | 213 |
| Abbildung 244: Benchmark Ostendstr. 66/68.....   | 214 |
| Abbildung 245: Benchmark Stettiner Str. 3, 5, 7 .....  | 214 |
| Abbildung 246: Benchmark Danziger Str. 1.....  | 214 |
| Abbildung 247: Benchmark Danziger Str. 3, 3a.....  | 215 |
| Abbildung 248: Benchmark Danziger Str. 6, 9 + 10, 12 .....   | 215 |
| Abbildung 249: Wohngebiet mit typischen Einfamilienhäusern.....  | 229 |
| Abbildung 250: Typische Konstruktion/Heiztechnik Einfamilienhaus vor 1977 .....  | 230 |
| Abbildung 251: Entwicklung des Heizwärmebedarfs im Wohngebiet südlich Am Schwalbanger bei<br>verschiedenen Sanierungsszenarien ..... | 236 |
| Abbildung 252: Gebiet mit typischen Mehrfamilienhäusern.....   | 237 |
| Abbildung 253: Typische Konstruktion/Heizungstechnik - Mehrfamilienhaus vor 1977.....  | 238 |
| Abbildung 254: Entwicklung des Heizwärmebedarfs bei verschiedenen Sanierungsszenarien .....  | 244 |
| Abbildung 255: Ausgangssituation Bebauungsplan Ried Straßäcker .....   | 245 |
| Abbildung 256: Optimierte Planung Ried Straßäcker .....  | 246 |
| Abbildung 257: Gegenüberstellung Anzahl Wohneinheiten / Wohnfläche / Endenergiebedarf .....  | 247 |
| Abbildung 258: Verschattungssimulation .....   | 248 |
| Abbildung 259: Gebäudetypologie.....   | 249 |
| Abbildung 260: Gebäudemodell Mehrgenerationenhaus/ Reihenhaus .....  | 250 |
| Abbildung 261: Gebäudemodell Einfamilienhaus / Doppelhaus .....  | 250 |
| Abbildung 262: Anforderung Einfamilienhaus mit Satteldach (Ausgangssituation) .....  | 252 |
| Abbildung 263: Anforderung Einfamilienhaus optimiert mit Pultdach.....   | 252 |
| Abbildung 264: Anforderung Reihenendhaus .....   | 253 |
| Abbildung 265: Anforderung Reihenmittelhaus .....  | 253 |

|   |     |
|---|-----|
| Abbildung 266: Anforderung Doppelhaushälfte .....   | 254 |
| Abbildung 267: Anforderung Mehrgenerationenhaus.....  | 254 |
| Abbildung 268: Wärmenetz optimierte Planung Ried Straßäcker .....   | 255 |
| Abbildung 269: Vollkostenvergleich gesamt.....  | 261 |
| Abbildung 270: Variantenvergleich Sanierungsszenarien Energienutzungsplan .....   | 267 |
| Abbildung 271: Lage der Ortsteile Laisacker und Bittenbrunn (rot umrandet) .....  | 269 |
| Abbildung 272: Ungeordnete Lastgänge der Wärmeabgabe und Außentemperatur für<br>Laisacker/Bittenbrunn.....  | 271 |
| Tabelle 273: Trassenmeter der verwendeten Rohrdimensionierung für das Fernwärmenetz<br>Laisacker/Bittenbrunn.....   | 272 |
| Tabelle 274: Ausgabeparameter der drei gewählten Fälle für das Fernwärmenetz<br>Laisacker/Bittenbrunn.....  | 273 |
| Abbildung 275: Geordnete Jahresdauerlinie der Wärmeabgabe und der Netzverluste im geplanten<br>Fernwärmenetz Laisacker/Bittenbrunn .....                  | 274 |
| Abbildung 276: Geordnete Jahresdauerlinien des Verbraucher- und Erzeugerlastganges im geplanten<br>Fernwärmenetz Laisacker/Bittenbrunn .....              | 275 |
| Abbildung 277: Wärmegestehungskosten durch das BHKW 1 ohne Kapitaldienst im Fernwärmenetz<br>Laisacker/Bittenbrunn über eine Laufzeit von 15 Jahren ..... | 277 |
| Abbildung 278: Wärmegestehungskosten durch das BHKW 2 ohne Kapitaldienst im Fernwärmenetz<br>Laisacker/Bittenbrunn über eine Laufzeit von 15 Jahren ..... | 279 |
| Abbildung 279: Wärmegestehungskosten durch die BHKWs ohne Kapitaldienst im Fernwärmenetz<br>Laisacker/Bittenbrunn über eine Laufzeit von 15 Jahren .....  | 279 |
| Abbildung 280: Ergebnisdarstellung für das Fernwärmenetz Laisacker/Bittenbrunn .....  | 281 |
| Abbildung 281: Ortsteil Neuburg Nord (rot umrandet) .....   | 282 |
| Abbildung 282: Ungeordnete Lastgänge der Wärmeabgabe und der Außentemperatur für Neuburg<br>Nord.....   | 284 |
| Abbildung 283: Geordnete Jahresdauerlinie der Wärmeabgabe und Netzverluste in Neuburg Nord  | 287 |
| Abbildung 284: Geordnete Jahresdauerlinien des Verbraucher- und Erzeugerlastganges in Neuburg<br>Nord.....  | 288 |
| Abbildung 285: Wärmegestehungskosten durch das BHKW 1 ohne Kapitaldienst in Neuburg Nord  | 290 |
| Abbildung 286: Wärmegestehungskosten durch das BHKW 2 ohne Kapitaldienst .....  | 292 |
| Abbildung 287: Wärmegestehungskosten durch die BHKWs ohne Kapitaldienst.....  | 292 |
| Abbildung 288: Ergebnisdarstellung für das Heizwerk Neuburg Nord .....  | 294 |
| Abbildung 289: Lage der Ortsteile Hesselohe und Ried (rot umrandet).....  | 295 |
| Abbildung 290: Ungeordnete Lastgänge der Wärmeabgabe und Außentemperatur in Hesselohe /<br>Ried.....  | 297 |
| Abbildung 291: Geordnete Jahresdauerlinie der Wärmeabgabe und der Netzverluste im geplanten<br>Fernwärmenetz Hesselohe/Ried .....                         | 300 |
| Abbildung 292: Geordnete Jahresdauerlinien des Verbraucher- und Erzeugerlastganges im geplanten<br>Fernwärmenetz Hesselohe/Ried .....                     | 301 |
| Abbildung 293: Wärmegestehungskosten durch das BHKW ohne Kapitaldienst im Fernwärmenetz<br>Hesselohe / Ried über eine Laufzeit von 15 Jahren .....        | 303 |
| Abbildung 294: Ergebnisdarstellung für das Fernwärmenetz Hesselohe / Ried.....  | 305 |

## 8.2 Tabellenverzeichnis

|  |     |
|--|-----|
| Tabelle 1: Tabellarische Darstellung der Summen der Endenergien und CO <sub>2</sub> -Emissionen .....                                | 12  |
| Tabelle 2: Endenergiebilanz 2006 Reduktion Endenergiebedarf Wärme durch Gebäudesanierung ...   | 13  |
| Tabelle 3: Potenziale der Wärmeerzeugung und deren Aufteilung durch KWK in Neuburg .....   | 19  |
| Tabelle 4: Netzlängen und Dimensionen A4 .....   | 31  |
| Tabelle 5: Netzlängen und Dimensionen B1 .....   | 32  |
| Tabelle 6: Netzlängen und Dimensionen B2 .....   | 36  |
| Tabelle 7: Basisszenario Endenergiebilanz 2006 .....   | 59  |
| Tabelle 8: Best-Practice-Szenario Endenergiebilanz 2006 .....  | 60  |
| Tabelle 9: Endenergiebilanz 2006 Reduktion Endenergiebedarf Wärme durch Gebäudesanierung ...   | 64  |
| Tabelle 10: Einsparpotenziale in der Wärmeerzeugung .....  | 77  |
| Tabelle 11: Grundflächen und Photovoltaik Strompotenzial in Neuburg .....  | 86  |
| Tabelle 12: Theoretisches Potenzial für Freiflächen-Photovoltaikanlagen im Randbereich der<br>Bahntrasse .....                       | 87  |
| Tabelle 13: Anzahl und Windgeschwindigkeiten an den potentiellen Standorten für die Nutzung der<br>Windenergie in Neuburg .....      | 91  |
| Tabelle 14: Potenzial an Grundflächen für Solarthermie in Neuburg und daraus resultierendes<br>Wärmepotenzial .....                  | 92  |
| Tabelle 15: Energetisches Potenzial des jährlichen Brennholz Aufkommens aus Neuburgs Wäldern .                                       | 94  |
| Tabelle 16: Potenziale der Wärmeerzeugung und deren Aufteilung durch KWK in Neuburg .....  | 97  |
| Tabelle 17: Netzparameter KWK .....  | 97  |
| Tabelle 18: Fossile Stromerzeugung KWK .....   | 98  |
| Tabelle 19: Gesamtes maximales Stromerzeugungspotenzial in Neuburg .....   | 99  |
| Tabelle 20: Gesamtes maximale Wärmeerzeugungspotenzial in Neuburg .....  | 100 |
| Tabelle 21: Maximale Solarstromerzeugung Photovoltaik auf 100% der Dachflächen .....   | 105 |
| Tabelle 22: Best-Practice-Szenario: Nutzung der Solareinstrahlung durch Photovoltaik mit 75% und<br>durch Solarthermie mit 25% ..... | 105 |
| Tabelle 23: Referenzszenario: Wärmepotenzial aus fester Biomasse in Neuburg .....  | 111 |
| Tabelle 24: Klimaschutzszenario: regenerative Wärme aus fester Biomasse .....  | 113 |
| Tabelle 25: Best-Practice-Szenario: Solarthermie 100% der Dachflächen Neuburgs .....   | 115 |
| Tabelle 26: Best-Practice-Szenario: Photovoltaik 75%, Solarthermie 25% .....   | 115 |
| Tabelle 27: Best-Practice-Szenario: Wärmepotenzial der festen Biomasse in Neuburg .....  | 117 |
| Tabelle 28: Tabellarische Darstellung der Summen an Endenergie und CO <sub>2</sub> -Emissionen .....                                 | 127 |
| Tabelle 29: Vergütung KWK-Gesetz der hier relevanten Anlagengrößen .....   | 129 |
| Tabelle 30: Gegenüberstellung der Kennwerte der KWK Anlagen .....  | 131 |
| Tabelle 31: Ökonomische Daten Strom/Primärenergie .....  | 132 |
| Tabelle 32: Einzelaufstellung des Wärmeverbrauchs aller vorgesehenen Gebäude .....   | 134 |
| Tabelle 33: Vergütungssätze nach KWK-Gesetz Erweiterungsvariante .....   | 136 |
| Tabelle 34: Investitionen und Kosten Erweiterungsvariante .....  | 137 |
| Tabelle 35: Gegenüberstellung der ökologischen Auswirkungen .....  | 138 |
| Tabelle 36: Bestandsdaten der Betriebsjahre 2009 bis 2014 .....  | 139 |
| Tabelle 37: Gesamtwirkungsgrad der KWK-Anlage ND-Krautgasse .....  | 140 |
| Tabelle 38: Betriebsparameter des BHKWs in der Krautgasse .....  | 141 |
| Tabelle 39: Vergleich IST-Betrieb 2013 mit Optimierungsmaßnahme „Wärmegeführte Betriebsweise“<br>.....                               | 141 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabelle 40: IST-Variante im Vergleich zu Brennstoffeinsatz Biomethan.....                           | 142 |
| Tabelle 41: Variante Optimierung wärmegeführt“ im Vergleich mit Brennstoffeinsatz Biomethan..       | 143 |
| Tabelle 42: Var. "Optimierung wärmegeführt" mit Gesamtwirkungsgrad 85 %.....                        | 144 |
| Tabelle 43: Wirtschaftlichkeit KWK-Anlage.....  | 145 |
| Tabelle 44: Wirtschaftlichkeit Gas-Brennwertgerät.....  | 145 |
| Tabelle 45: Steuerentlastungen für Betreiber von KWK-Anlagen.....                                   | 146 |
| Tabelle 46: Vergleich zwischen Öl-Heizung und Mikro-KWK-Gerät.....                                  | 146 |
| Tabelle 47: Gebäudekategorien mit Verbrauchswerten.....   | 149 |
| Tabelle 48: Lebensdauer .....   | 199 |
| Tabelle 49: Anschaffungskosten.....   | 200 |
| Tabelle 50: Stromverbrauch .....  | 200 |
| Tabelle 51: Gebäudedaten Fischergasse C238.....   | 216 |
| Tabelle 52: Energetischer IST-Zustand Fischergasse C238.....  | 216 |
| Tabelle 53: Einsparpotenziale Fenster/Türen .....   | 217 |
| Tabelle 54: Einsparpotenziale Außenwanddämmung.....   | 217 |
| Tabelle 55: KfW-100-Standard .....  | 218 |
| Tabelle 56: Einsparpotenzial KfW-100-Sanierung .....  | 219 |
| Tabelle 57: Gebäudedaten Danziger Straße 1.....   | 219 |
| Tabelle 58: Energetischer IST-Zustand Danziger Str. 1.....  | 220 |
| Tabelle 59: Einsparpotenzial Außenwanddämmung .....   | 220 |
| Tabelle 60: Einsparpotenzial Fenster/Türen .....  | 221 |
| Tabelle 61: KfW-100-Standard .....  | 221 |
| Tabelle 62: Einsparpotenziale KfW-100-Sanierung.....  | 222 |
| Tabelle 63: Förderfähige Maßnahmen zur Nutzung Regenerativer Energien im Programm des BAFA<br>..... | 227 |
| Tabelle 64: Beispielhafte Sanierungsmaßnahmen.....  | 231 |
| Tabelle 65: Vergleich der Energiekosten im unsanierten und sanierten Zustand .....                  | 232 |
| Tabelle 66: Zinslast bei vollständiger Kreditfinanzierung .....                                     | 233 |
| Tabelle 67: Zinslast bei KfW-Förderung .....  | 234 |
| Tabelle 68: Zusammensetzung betriebsgebundener Kosten.....  | 235 |
| Tabelle 69: Beispielhafte Sanierungsmaßnahmen.....  | 239 |
| Tabelle 70: Vergleich der Energiekosten im unsanierten und sanierten Zustand .....                  | 240 |
| Tabelle 71: Zinslast bei vollständiger Kreditfinanzierung .....                                     | 241 |
| Tabelle 72: Zinslast bei KfW-Förderung .....  | 242 |
| Tabelle 73: Zusammensetzung betriebsgebundener Kosten.....  | 243 |
| Tabelle 74: Annahmen Referenzgebäude .....  | 257 |
| Tabelle 75: Vollkostenvergleich Fernwärme und konventionelle Systeme .....                          | 259 |
| Tabelle 76: Vollkostenvergleich Fernwärme und erneuerbare Systeme .....                             | 260 |
| Tabelle 77: Ökologischer Vergleich aller Systeme.....   | 262 |
| Tabelle 78: Auslegungsdaten des BHKW1 für das Fernwärmenetz Laisacker/Bittenbrunn .....             | 276 |
| Tabelle 79: Auslegungsdaten des zweiten BHKWs im Fernwärmenetz Laisacker/Bittenbrunn .....          | 278 |
| Tabelle 80: Investitionsprognose Heizwerk Laisacker/Bittenbrunn.....                                | 280 |
| Tabelle 81: Trassenmeter der verwendeten Rohrdimensionierung in Neuburg Nord .....                  | 285 |
| Tabelle 82: Ausgabeparameter der drei gewählten Fälle in Neuburg Nord .....                         | 286 |
| Tabelle 83: Auslegungsdaten des BHKW1 in Neuburg Nord.....  | 289 |
| Tabelle 84: Auslegungsdaten des zweiten BHKWs in Neuburg - Nord .....                               | 291 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabelle 85: Investitionsprognose Heizwerk Neuburg Nord .....   | 293 |
| Tabelle 86: Trassenmeter der verwendeten Rohrdimensionierung für das Fernwärmenetz Hessellohe / Ried ..... | 298 |
| Tabelle 87: Ausgabeparameter der drei gewählten Fälle für das Fernwärmenetz Hessellohe/Ried .              | 299 |
| Tabelle 88: Auslegungsdaten des BHKWs für das Fernwärmenetz in Hessellohe/Ried.....                        | 302 |
| Tabelle 89: Investitionsprognose Heizwerk Hessellohe / Ried .....  | 304 |

### 8.3 Literaturverzeichnis

Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und Umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. (ASUE). BHKW-Kenndaten 2011

Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung (2012). Demographie-Spiegel für Bayern. Abgerufen von: [www.statistik.bayern.de/statistik/demwa/](http://www.statistik.bayern.de/statistik/demwa/)

Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung (2012). Statistik Kommunal Neuburg a.d. Donau. Abgerufen von [www.statistik.bayern.de/statistikkommunal/index.php](http://www.statistik.bayern.de/statistikkommunal/index.php)

Bay. Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit, Bay. Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie, Oberste Baubehörde im Bay. Staatsministerium des Inneren (2011). Leitfaden Energienutzungsplan

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2006). Energieholzmarkt Bayern

Bayerisches Staatsministerium für Ernährung Landwirtschaft und Forsten, Technologie und Förderzentrum (TFZ). Durchschnittlicher Holzzuwachs in Bayern. Abgerufen von: [www.tfz.bayern.de/festbrennstoffe/17363/](http://www.tfz.bayern.de/festbrennstoffe/17363/)

Bayerisches Staatsministerium des Inneren (2011). Windenergieerlass. Abgerufen von: [www.stmi.bayern.de/imperia/md/content/stmi/bauen/rechtundtechnikundbauplanung/\\_aktuelles/windenergie\\_erlass.pdf](http://www.stmi.bayern.de/imperia/md/content/stmi/bauen/rechtundtechnikundbauplanung/_aktuelles/windenergie_erlass.pdf)

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (2005). Oberflächen-nahe Geothermie. Abgerufen von: [www.stmwivt.bayern.de/uploads/media/Geothermie.pdf](http://www.stmwivt.bayern.de/uploads/media/Geothermie.pdf)

Bayerische Staatsregierung. Energieatlas Bayern. Abgerufen von: [www.energieatlas.bayern.de](http://www.energieatlas.bayern.de)

Bayerische Staatsregierung. Bayerischer Windatlas. Abgerufen von: [www.energieatlas.bayern.de/thema\\_wind/potenzial#windatlas](http://www.energieatlas.bayern.de/thema_wind/potenzial#windatlas)

Bayerische Staatsregierung (2011). Energiekonzept "Energie Innovativ". Abgerufen von: [www.bayern.de/Energie-.1732.10345448/index.htm](http://www.bayern.de/Energie-.1732.10345448/index.htm)

Bodenhaupt, D. F. (kein Datum). *www.strassenlicht.de*. Abgerufen von: [www.strassenlicht.de/index.php?option=com\\_content&view=article&id=174:led-fuer-](http://www.strassenlicht.de/index.php?option=com_content&view=article&id=174:led-fuer-)

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA). Fördermaßnahmen für die Nutzung der Erneuerbaren Energien. Abgerufen von: [www.bafa.de/bafa/de/energie/erneuerbare\\_energien/index.html](http://www.bafa.de/bafa/de/energie/erneuerbare_energien/index.html)

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA). Förderung von Mini-KWK-Anlagen. Abgerufen von: [www.bafa.de/bafa/de/energie/kraft\\_waerme\\_kopplung/mini\\_kwk\\_anlagen/index.html](http://www.bafa.de/bafa/de/energie/kraft_waerme_kopplung/mini_kwk_anlagen/index.html)

Bundesministerium für Bildung und Forschung (01. 05 2013). Kommunen im neuen Licht. Abgerufen von [www.bmbf.de/pubRD/Kommunen-in-neuem-Licht-2013\\_mid.pdf](http://www.bmbf.de/pubRD/Kommunen-in-neuem-Licht-2013_mid.pdf)

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2010). Energiekonzept für eine umweltschonende und bezahlbare Energieversorgung

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2009). Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskennwerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2009). Benchmark für die Energieeffizienz von Nichtwohngebäuden

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (01.2014). Eckpunkte des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG). Abgerufen von: [www.bmwi.de/DE/Themen/energie,did=617196.html](http://www.bmwi.de/DE/Themen/energie,did=617196.html)

Bundesverband Solarwirtschaft e. V. (01. 01 2014). Fahrplan Solarwärme. Abgerufen von: [www.solarwirtschaft.de](http://www.solarwirtschaft.de)

Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung e. V. (01.05.2014). Beitrag von zentralen und dezentralen KWK-Anlagen zur Netzstützung (Kurzstudie). Abgerufen von: [www.bkww.de/fileadmin/users/bkww/infos/studien/bc\\_BKWK\\_Beitrag\\_von\\_zentralen\\_und\\_dezentralen\\_KWK-Anlagen\\_zur\\_Netzstuetzung\\_FINAL.pdf](http://www.bkww.de/fileadmin/users/bkww/infos/studien/bc_BKWK_Beitrag_von_zentralen_und_dezentralen_KWK-Anlagen_zur_Netzstuetzung_FINAL.pdf)

Energie effizient einsetzen (2014). Abgerufen von: [www.e-e-e.eu/energieberatung/](http://www.e-e-e.eu/energieberatung/)

Deutsche Energieagentur dena (2004). Energetische Bewertung von Bestandsgebäuden

E.on Bayern (2011). *E.on Bayern Netzgebiet Gas*. Abgerufen von: [www.eon-bayern.com/pages/eby\\_de/Netz/Erdgasnetz/Netzinformationen/Netzgebiet/Erdgasnetz.pdf](http://www.eon-bayern.com/pages/eby_de/Netz/Erdgasnetz/Netzinformationen/Netzgebiet/Erdgasnetz.pdf)

Fehrmann, A. (21. Mai 2012). Forstrevierleiter Rehau

Grosch, M. (8. Mai 2012). Forstbetriebsleiter Selb

Großmann, G. v., Behringer, L., & Behringer, A. (01. 05 2014). Stadtwerke Neuburg. (S. Müller, Interviewer)

Hornung, A. (01. 02 2014). Stiftung Studienseminar Neuburg. (S. Müller, Interviewer)

Institut für Energiewirtschaft und rationelle Energieanwendung, IER (01. 06 2014). Forschungsbericht Energieprognose Bayern 2030

Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, IER (2013). Dokumentation Heizkostenvergleich. Abgerufen von: [www.ier.uni-stuttgart.de/linksdaten/heizkostenvergleich/IER-Heizkostenvergleich\\_Dokumentation.pdf](http://www.ier.uni-stuttgart.de/linksdaten/heizkostenvergleich/IER-Heizkostenvergleich_Dokumentation.pdf)

IWU Institut Wohnen und Umwelt (2006). Gebäudetypologie Bayern. Abgerufen von: [www.iwu.de/fileadmin/user\\_upload/dateien/energie/klima\\_altbau/Bericht\\_Hausdatenblaetter\\_Bayern.pdf](http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/klima_altbau/Bericht_Hausdatenblaetter_Bayern.pdf)

KfW Bankengruppe 08/2014). Merkblätter, Abgerufen von: [www.kfw.de](http://www.kfw.de)

- Energieeffizient Sanieren (Kredit; Programmnummer 151/152)
- Energieeffizient Sanieren (Investitionszuschuss; Programmnummer 430)
- Energieeffizient Sanieren (Baubegleitung; Programmnummer 431)
- Energieeffizient Sanieren (Ergänzungskredit; Programmnummer 167)

Kronaisl, B. B. (01. 05 2014). Umweltamt Neuburg. (S. Müller, Interviewer)

Kugler. (01. 05 2014). Bavaria Windpark. (M. Sebastian, Interviewer)

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2013), Sanierungsleitfaden Baden-Württemberg. Abgerufen von: [www.sanierungsleitfaden-bw.de](http://www.sanierungsleitfaden-bw.de)

Probas (Umweltbundesamt). CO<sub>2</sub>-Faktoren. Abgerufen von: [www.probas.umweltbundesamt.de](http://www.probas.umweltbundesamt.de)

Reichstein, D. (01. 05 2014). Amtsleiter Stadtbauamt. (S. Müller, Interviewer)

Viessmann Werke GmbH & Co. KG. Datenblatt VITOTWIN 300. Abgerufen von: [www.viessmann.de](http://www.viessmann.de)

## 8.4 Abkürzungen

|                         |   |
|-------------------------|---|
| AG                      | Aktiengesellschaft  |
| BAFA                    | Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle   |
| BGF                     | Bruttogeschossfläche  |
| BHKW                    | Blockheizkraftwerk  |
| BMU                     | Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit   |
| BMWi                    | Bundesministerium für Wirtschaft  |
| BWZK                    | Bauwerkzuordnungskatalog  |
| CO <sub>2</sub>         | Kohlendioxid  |
| CO <sub>2</sub> in t /a | Kohlenstoffdioxidemissionen in Tonnen pro Jahr  |
| dena                    | Deutsche Energie-Agentur GmbH   |
| EEG                     | Erneuerbare-Energien-Gesetz   |
| EnEV                    | Energieeinsparverordnung  |
| EnEV Neubaustandard     | Festlegung des maximal zulässigen Jahresprimärenergiebedarfs $Q_p$ und der Transmissionswärmeverluste $H_t$ für einen Neubau gem. EnEV  |
| EVU                     | Energieversorgungsunternehmen   |
| fm                      | Festmeter (Scheitholz)  |
| GHD                     | Gewerbe, Handel, Dienstleistung   |
| HKW                     | Heizkraftwerk   |
| H <sub>o</sub>          | oberer Heizwert   |
| H <sub>t</sub>          | Transmissionswärmeverluste nach EnEV  |
| H <sub>u</sub>          | unterer Heizwert  |
| IWU                     | Institut für Wohnen und Umwelt  |
| KEM                     | Kommunales Energiemanagement  |
| KfW                     | Kreditanstalt für Wiederaufbau  |
| KfW 100 (Sanierung)     | Nach Förderrichtlinien der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW): Jahresprimärenergiebedarf darf max. 100% des EnEV Neubaustandards erreichen und die Transmissionswärmeverluste maximal 115%. |
| KMU                     | Kleine und Mittlere Unternehmen   |
| KWK                     | Kraft-Wärme-Kopplung  |
| KWKK                    | Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung  |
| lfm                     | laufender Meter   |
| LfU                     | Landesamt für Umwelt  |
| NF                      | Nutzfläche  |

---

|                |  |
|----------------|--|
| PEV            | Primärenergieverbrauch                     |
| PV             | Photovoltaik                               |
| Q <sub>p</sub> | Jahresprimärenergiebedarf nach EnEV        |
| RLT-Anlage     | Raumlufttechnische Anlage                  |
| TWW            | Trinkwarmwasser                            |
| UBA            | Umweltbundesamt                            |
| VDEW           | Verband der Elektrizitätswirtschaft e. V.  |
| WE             | Wohneinheiten                              |
| WRG            | Wärmerückgewinnung                         |
| WSVO           | Wärmeschutzverordnung                      |
| wb             | witterungsbereinigt, Witterungsbereinigung |
| WW             | Warmwasser                                 |

## 8.5 Einheiten

|                      |   |
|----------------------|---|
| °C                   | Grad Celsius  |
| GW                   | Gigawatt  |
| GWh                  | Gigawattstunde  |
| GWh/a                | Gigawattstunden pro Jahr  |
| ha                   | Hektar  |
| kg                   | Kilogramm   |
| kg/kWh <sub>el</sub> | Kilogramm pro Kilowattstunde elektrisch   |
| km                   | Kilometer   |
| kW                   | Kilowatt  |
| kWh                  | Kilowattstunde  |
| kWh <sub>el</sub>    | Kilowattstunde elektrisch   |
| kWh <sub>th</sub>    | Kilowattstunde thermisch  |
| kW <sub>Peak</sub>   | Kilowattpeak: Maßeinheit für die genormte Leistung (Nennleistung) einer Solarzelle. Der auf Solarmodulen angegebene Wert bezieht sich auf die Leistung bei Standard-Testbedingungen. Eine kW <sub>peak</sub> installierte Leistung entspricht einer Kollektorfläche von ca. 10 m <sup>2</sup> |
| m <sup>2</sup>       | Quadratmeter  |
| m <sup>3</sup> /h    | Volumenstrom in Kubikmeter pro Stunde   |
| mWs                  | Meter Wassersäule   |
| MW                   | Megawatt  |
| MWh                  | Megawattstunde  |
| MWh <sub>el</sub>    | Megawattstunden elektrisch  |
| MWh <sub>th</sub>    | Megawattstunden thermisch   |
| Nm <sup>3</sup>      | Normkubikmeter  |
| Pkm                  | Personenkilometer   |
| t                    | Tonne   |

## 8.6 Pläne / Berechnungstabellen

Baudenkmäler; Bauensembles, Graben,- und Schanzanlagen

Standortanalyse zur Errichtung von Windkraftanlagen

Projektierte Windenergieanlagen am Standort Hainberg

Technische Spezifikation Windenergieanlagen

Siedlungsstruktur Neuburg - Nord

Siedlungsstruktur Neuburg - nördlich Bahnlinie

Siedlungsstruktur Neuburg - südlich Bahnlinie

Siedlungsstruktur Neuburg - Heinrichsheim

Baualtersklassen Neuburg - Nord

Baualtersklassen Neuburg - nördlich Bahnlinie

Baualtersklassen Neuburg - südlich Bahnlinie

Baualtersklassen Neuburg – Heinrichsheim

Wärmebedarfsdichte Wärmekataster Werte

Wärmekataster Bestand Neuburg - Nord

Wärmekataster Bestand Neuburg - nördlich Bahnlinie

Wärmekataster Bestand Neuburg - südlich Bahnlinie

Wärmekataster Bestand Neuburg - Heinrichsheim

Wärmekataster Referenzszenario Neuburg - Nord

Wärmekataster Referenzszenario Neuburg - nördlich Bahnlinie

Wärmekataster Referenzszenario Neuburg - südlich Bahnlinie

Wärmekataster Referenzszenario Neuburg - Heinrichsheim

Wärmekataster Klimaschutzszenario Neuburg - Nord

Wärmekataster Klimaschutzszenario Neuburg - nördlich Bahnlinie

Wärmekataster Klimaschutzszenario Neuburg - südlich Bahnlinie

Wärmekataster Klimaschutzszenario Neuburg - Heinrichsheim

Wärmekataster Best-Practice-Szenario Neuburg - Nord

Wärmekataster Best-Practice-Szenario Neuburg - nördlich Bahnlinie

Wärmekataster Best-Practice-Szenario Neuburg - südlich Bahnlinie

Wärmekataster Best-Practice-Szenario Neuburg - Heinrichsheim

EDV-Inventar und Beleuchtungsliste Harmoniegebäude

Ökologische Bauleitplanung Neubaugebiet Ried Straßacker

Investition Heizwerk Laisacker

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung – Laisacker

Investition Heizwerk Neuburg Nord

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung - Neuburg Nord

Investition Heizwerk Ried

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung – Ried